2019年5月29日(水)

[J] ポスター発表 | セッション記号 U (ユニオン) : ユニオン

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

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)

[U04-P01] X線吸収分光法を利用したSPring-8における時間分解計測の現状

*新田 清文[1]、関澤 央輝[1]、加藤 和男[1]、大沢 仁志[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

[U04-P02] Ultrafast time-resolved XFEL diffraction study on shock-compressed corundum

*丹下 慶範[1] (1.高輝度光科学研究センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 U (ユニオン) : ユニオン

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

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)

[U04-P01] X線吸収分光法を利用したSPring-8における時間分解計測の現状

*新田 清文[1]、関澤 央輝[1]、加藤 和男[1]、大沢 仁志[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

[U04-P02] Ultrafast time-resolved XFEL diffraction study on shock-compressed corundum

*丹下 慶範[1] (1.高輝度光科学研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)、座長:芳野 極(岡山大学)、河野 義生(愛媛大学地球深部ダイナミクスセンター)、丹下 慶範

13:48 ~ 14:00

[U04-01] 地球惑星科学における高速過程　研究組織の構築に向けて

★招待講演

*芳野 極[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

14:00 ~ 14:15

[U04-02] 粉砕岩のフラクタル特性と岩石の動的粉砕

★招待講演

*武藤 潤[1]、西川 治[2]、長濱 裕幸[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.秋田大学工学資源学研究科)

14:15 ~ 14:30

[U04-03] 滑りの不安定化における普遍的加速過程

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

[U04-04] Semi-brittle flow in dunite and harzburgite at upper mantle pressures

★Invited Papers

*大内 智博[1]、雷 興林[2]、肥後 祐司[3]、丹下 慶範[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.産業技術総合研究所、3.高輝度光科学研究センター)

14:45 ~ 15:00

[U04-05] 微視的構造解析から迫るマグマ破砕メカニズム：爆発的火山噴火の発生原因の解明へ向けて

★招待講演

*奥村 聡[1]、上杉 健太朗[2]、坂巻 竜也[1]、後藤 章夫[3] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻地球惑星物質科学科、2. 国立研究開発法人理化学研究所高輝度光科学センター、3.東北大学東北アジア研究センター)

15:00 ~ 15:15

[U04-06] 火山噴出物の解析にもとづく噴火物理パラメータの推定 –噴火ダイナミクスの理解進展に向けて–

★招待講演

*前野 深[1] (1.東京大学地震研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)、座長:芳野 極(岡山大学)、河野 義生(愛媛大学地球深部ダイナミクスセンター)、丹下 慶範

15:30 ~ 15:45

[U04-07] 衝突蒸気雲内化学反応が結びつける小惑星リュウグウと地球初期進化

★招待講演

*杉田 精司[1,3]、桑原 秀治[2]、黒澤 耕介[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.愛媛大学、3.千葉工業大学)

15:45 ~ 16:00

[U04-08] Time-resolved synchrotron X-ray observations of mineral transformations under static pressures: applications to non-equilibrium behaviors in shocked meteorites

★Invited Papers

*久保 友明[1]、宮原 正明[2] (1.九州大学、2.広島大学)

16:00 ~ 16:15

[U04-09] Ultrafast pump-probe experiemnts for planetary materials using high-power lasers and XFEL

★Invited Papers

*尾崎 典雅[1] (1.大阪大学)

16:15 ~ 16:30

[U04-10] X線自由電子レーザーで捉える動的過程

★招待講演

*片山 哲夫[1] (1.公益財団法人　高輝度光科学研究センター)

16:30 ~ 16:45

[U04-11] 放射光Ｘ線を用いた高速度計測

★招待講演

*上杉 健太朗[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

16:45 ~ 16:58

[U04-12] 大容量プレスを活用した動的地球科学研究の開拓：特に液体の高圧放射光X線実験について

★招待講演

*河野 義生[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[U-07] 連合の環境・災害への対応―予期せぬ地質災害の衝撃に備える―

コンビーナ:奥村 晃史(広島大学大学院文学研究科)、松本 淳(首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理環境科学専攻)、川畑 大作(国立研究開発法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)、松島 政貴(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、座長:川畑 大作、奥村 晃史(広島大学)

10:45 ~ 10:55

[U07-01] 予期せぬ地質災害の衝撃を緩和する自然災害環境と景観の理解

*奥村 晃史[1] (1.広島大学大学院文学研究科)

10:55 ~ 11:10

[U07-02] 2018年1月23日草津白根山（本白根山）噴火への対応　－気象庁の取組を中心に－

*宮村 淳一[1] (1.気象庁)

11:10 ~ 11:25

[U07-03] 学会行事開催時の非常変災への対応　～日本地質学会年会における事例～

*松田 博貴[1,2] (1.熊本大学、2.日本地質学会)

11:25 ~ 11:40

[U07-04] 2018年北海道胆振東部地震のパルス状地震動解明のための震源域周辺における余震観測および微動アレイ探査

*吉見 雅行[1]、飯山 かほり[2]、盛川 仁[2]、後藤 浩之[3] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.東京工業大学、3.京都大学防災研究所)

11:40 ~ 11:55

[U07-05] 地震ハザードマップへの非線形地盤応答の影響

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

11:55 ~ 12:10

[U07-06] 中部ネパールヒマラヤにおける下刻と埋積にともなう地すべり地形発達 -カタストロフィックな斜面災害を知る-

★招待講演

*八木 浩司[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

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

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

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)

[PPS02-P01] 隕石及び鉱物粒子の摩耗実験：摩耗速度の粒子サイズ、振動速度依存性とイトカワや月レゴリス粒子への応用

*山口 裕貴[1]、土山 明[1]、中村 昭子[2] (1.国立大学法人京都大学、2.国立大学法人神戸大学)

[PPS02-P02] 遠心法を用いた隕石粉の付着力測定

*長足 友哉[1]、中村 昭子[1] (1.神戸大学)

[PPS02-P03] Laboratory impact penetration experiments conducted at simulated reduced gravity

*中村 昭子[1]、森園 佳奈[2]、長足 友哉[1] (1.神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.神戸大学理学部)

[PPS02-P04] MARAUDERS: Using instrumented nano-impactors to probe the icy properties of Lunar permanently shadowed regions

*Ronald Ballouz[1]、Sarah T Crites[2]、Naoya Ozaki[2]、Shun Arahata[3]、Nicola Baresi[2]、Ralf Bolden、Onur Celik[4,2]、Yu Himeno[3]、Lucie Riu[2]、Kevin J Walsh[5] (1.Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan、3.University of Tokyo, Tokyo, Japan、4.Sokendai Graduate University, Japan、5.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA)

[PPS02-P05] Surface size-frequency distribution of accumulating boulders using discrete element simulations of spherical particles in 3D

*菊地 紘[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

[PPS02-P06] Experimental Study to Determine the Best Compression Ratio of High-Resolution Images of Small Bodies for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission

*清水 雄太[1]、上吉原 弘明[1]、新原 隆史[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

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

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

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)

[PPS02-P01] 隕石及び鉱物粒子の摩耗実験：摩耗速度の粒子サイズ、振動速度依存性とイトカワや月レゴリス粒子への応用

*山口 裕貴[1]、土山 明[1]、中村 昭子[2] (1.国立大学法人京都大学、2.国立大学法人神戸大学)

[PPS02-P02] 遠心法を用いた隕石粉の付着力測定

*長足 友哉[1]、中村 昭子[1] (1.神戸大学)

[PPS02-P03] Laboratory impact penetration experiments conducted at simulated reduced gravity

*中村 昭子[1]、森園 佳奈[2]、長足 友哉[1] (1.神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.神戸大学理学部)

[PPS02-P04] MARAUDERS: Using instrumented nano-impactors to probe the icy properties of Lunar permanently shadowed regions

*Ronald Ballouz[1]、Sarah T Crites[2]、Naoya Ozaki[2]、Shun Arahata[3]、Nicola Baresi[2]、Ralf Bolden、Onur Celik[4,2]、Yu Himeno[3]、Lucie Riu[2]、Kevin J Walsh[5] (1.Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan、3.University of Tokyo, Tokyo, Japan、4.Sokendai Graduate University, Japan、5.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA)

[PPS02-P05] Surface size-frequency distribution of accumulating boulders using discrete element simulations of spherical particles in 3D

*菊地 紘[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

[PPS02-P06] Experimental Study to Determine the Best Compression Ratio of High-Resolution Images of Small Bodies for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission

*清水 雄太[1]、上吉原 弘明[1]、新原 隆史[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

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

13:45 ~ 15:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)、座長:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)

13:45 ~ 14:00

[PPS02-01] Moganite in a lunar meteorite as a trace of H_2O ice in the lunar regolith

★Invited Papers

*鹿山 雅裕[1] (1.東北大学)

14:00 ~ 14:15

[PPS02-02] Simulating the Lunar Soil: a Japanese Lunar Soil Simulant FJS-1 and Its Properties

★Invited Papers

*鵜山 尚大[1]、金森 洋史[1]、青木 滋[1] (1.清水建設株式会社)

14:15 ~ 14:30

[PPS02-03] Experimental estimation of regolith scattering behavior when a space lander touches on a planetary body

★Invited Papers

*馬場 満久[1]、Ronald Ballouz[2]、大槻 真嗣[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、2.アリゾナ大学)

14:30 ~ 14:45

[PPS02-04] Ray systems in granular cratering

*Tapan Sabuwala[1]、Christian Butcher[1]、Gustavo Gioia[1]、Pinaki Chakraborty[1] (1.Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University)

14:45 ~ 15:00

[PPS02-05] Scaling of oblique impact cratering onto inclined granular layer

滝澤 真太[1]、*桂木 洋光[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

15:00 ~ 15:15

[PPS02-06] Experimental study on gravitational effects on crater size formed by low-velocity impacts into granular media

*木内 真人[1]、中村 昭子[2]、和田 浩二[3] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.神戸大学大学院理学研究科、3.千葉工業大学惑星探査センター)

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

15:30 ~ 17:00 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)、座長:中村 昭子(Graduate School of Science, Kobe University)

15:30 ~ 15:45

[PPS02-07] **Impact Ejecta Environment of an Eccentric Asteroid: 3200 Phaethon**

*Jamey Szalay[1]、Peter Pokorny[2]、Mihaly Horanyi[3]、Diego Janches[2]、Menelaos Sarantos[2]、Ralf Srama[4] (1.Princeton University、2.NASA/GSFC、3.University of Colorado Boulder、4.University of Stuttgart)

15:45 ~ 16:00

[PPS02-08] On the Detection of an Ejecta Dust Cloud Around Asteroid (3200) Phaethon by the DESTINY$^+$ Dust Analyzer

*Hiroshi Kimura[1]、Masanori Kobayashi[1]、Koji Wada[1]、Tomoko Arai[1]、Hiroki Senshu[1]、Masateru Ishiguro[2]、Hidekazu Hanayama[3]、Ko Ishibashi[1]、Takayuki Hirai[1]、Fumi Yoshida[1]、Peng Hong[1] (1.Planetary Exploration Research Center、2.Seoul National University、3.Ishigakijima Astronomical Observatory)

16:00 ~ 16:15

[PPS02-09] Close-up thermal and optical observation of asteroid Ryugu

★Invited Papers

*坂谷 尚哉[1]、岡田 達明[1]、田中 智[1]、千秋 博紀[2]、嶌生 有理[1]、荒井 武彦[3]、神山 徹[5]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、関口 朋彦[4]、滝田 隼[15]、福原 哲哉[4]、田口 真[4]、Thomas Müller[7]、Axel Hargermann[8]、Jens Biele[9]、Matthias Grott[9]、Marco Delbo[10]、杉田 精司[13]、本田 理恵[12]、諸田 智克[11]、山田 学[2]、亀田 真吾[4]、巽 瑛理[13]、横田 康弘[1]、鈴木 秀彦[14]、本田 親寿[6]、小川 和律[16]、早川 雅彦[1]、松岡 萌[1]、長 勇一郎[13]、澤田 弘崇[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.千葉工業大学、3.足利大学、4.立教大学、5.産業技術総合研究所、6.会津大学、7.Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics、8.University of Stirling、9.German Aerospace Center、10.Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS、11.名古屋大学、12.高知大学、13.東京大学、14.明治大学、15.北海道教育大学、16.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[PPS02-10] **In-Situ Investigation of Asteroid (162173) Ryugu by the Hayabusa2 MASCOT Lander**

★招待講演

*矢野 創[1]、Ho Tra-Mi[2]、Jaumann Ralf[3]、Bibring Jean-Pierre[4]、 Glassmeier Karl-Heinz[5]、Grott Matthias [3]、Hercik David [5]、Biele Jens [6]、Hamm Maximilian [3]、Schmitz Nicole [3]、 Schröder Stefanus[3]、Otto Katharina[3]、Krause Christian[6]、Lorda Laurence [7]、Moussi-Soffys Aurelie [7]、Pilorget Cedric [4]、Hamm Vincent [4]、Riu Lucie [1]、Okada Tatsuaki[1]、Sakatani Naoya[1]、Reill Josef [8]、Sasaki Kaname [2]、Schlotterer Markus [2]、Tsuda Yuichi [1]、Ulamec Stephan [6]、Wolff Friederike [8]、Michel Patrick[9]、Delbo Marco [9]、Ogawa Kazunori[10]、Senshu Hiroki[11]、Yoshimitsu Tetsuo [1]、Preusker Frank [3]、Scholten Frank [3]、Elgner Stephan[3]、Mottola Stefano[3]、Kührt Ekkehard[3]、Saiki Takanao[1]、Mimasu Yuya [1] (1.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, Japan, 、2.German Aerospace Center DLR Bremen, Bremen, Germany、3.German Aerospace Center, Berlin, Germany、4.Univ. de Paris Sud-Orsay, IAS, Orsay, France、5.TU Braunschweig, Braunschweig, Germany、6.German Aerospace Center DLR Cologne, Cologne, Germany、7.National Centre for Space Studies, CNES, Toulouse, France、8.German Aerospace Center, DLR, Oberpfaffenhofen, Germany、9.Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France、10.Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, Kobe, Japan、11.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, Narashino, Japan)

16:30 ~ 16:45

[PPS02-11] Evidence of Mass Movement and Boulder Transport on Bennu from NASA's OSIRIS-REx Space Mission

★Invited Papers

*Erica R Jawin[1]、Kevin J Walsh[2]、Tim McCoy[1]、Harold C Connolly[3]、Dante S Lauretta[4]、Ron L Ballouz[4]、Jamie L Molaro[5]、Olivier S Barnouin[6]、Mike Nolan[4] (1.Smithsonian National Institute, Washington, DC, USA、2.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA、3.Dept. of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA、4.Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA 、5.Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA、6.The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA)

16:45 ~ 17:00

[PPS02-12] Resurfacing processes on small asteroids constrained by crater size distributions on Ryugu, Itokawa, and Eros

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

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

9:00 ~ 10:30 | A01 東京ベイ幕張ホール

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

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

9:00 ~ 9:15

[PPS03-19] The shape of Bennu: Implications for internal structure.

★Invited Papers

*Olivier S Barnouin[1]、Micheal G. Daly[2]、Eric E Palmer[3]、Robert W Gaskell[3]、John R. Weirich[3]、Catherine L Johnson[4]、Manar Al Asad[4]、James H Roberts[1]、Mark E. Perry[1]、Hannah C.M. Sursorney[4]、R. Terik Daly[1]、Edward B. Bierhaus[5]、Jeff A Seabrook[2]、Raymond C. Espiritu[1]、A. Hari Nair[1]、Lilian Nguyen[1]、Gregory A Neumann[6]、Carolyn M Ernst[1]、William V Boynton[7]、Micheal C. Nolan[7]、Coralie D. Adams[9]、Micheal C. Moreau[6]、Bashar Rizk[7]、Christian Drouet D'Aubigny[7]、Erica R. Jawin[8]、Kevin J Walsh[10]、Patrick Michel[11]、Stephen R. Schwartz[7]、Ronald L. Ballouz[7]、Erwan M Mazarico[6]、Daniel J. Scheeres[12]、Jay W. McMahon[12]、W Bottke[10]、Seiji Sugita[13]、Naru Hirata[14]、Noayuki Hirata[15]、Sei-ichiro Watanbe[16]、Keara N. Burke[7]、Daniella N. DellaGuistina[7]、Carinna A. Bennet[7]、Dante Lauretta[7] (1.Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory、2.The Centre for Research in Earth and Space Science, York University, Toronto, Ontario, Canada.、3.Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA、4.Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, University of British Columbia, Vancouver, Canada.、5.Lockheed Martin Space Systems Company, Denver, CO, USA.、6.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.、7.Lunar Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA.、8.Smithsonian Institution National Museum of Natural History, Washington, DC, USA.、9.KinetX Aerospace, Inc. Simi Valley, CA, USA、10.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA.、11.Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France.、12.Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA.、13.University of Tokyo, Tokyo, Japan.、14.Aizu University, Aizu-Wakamatsu, Japan.、15.Kobe University, Kobe, Japan.、16.Nagoya University, Nagoya, Japan.)

9:15 ~ 9:30

[PPS03-20] Global Geology of Bennu from NASA's OSIRIS-REx Space Mission

★Invited Papers

*Erica R Jawin[1]、Kevin J Walsh[2]、Tim McCoy[1]、Harold C Connolly[3]、Dante S Lauretta[4]、Ron L Ballouz[4]、Olivier S Barnouin[5]、C Beddingfield[6]、Carina A Bennett[4]、Edward B Bierhaus[7]、Keara N Burke[4]、Ben Clark[8]、Michael G Daly[9]、Marco Delbo[10]、Daniella DellaGiustina[4]、Jason P Dworkin[11]、Christine Hartzell[12]、John Marshall[6]、Patrick Michel[10]、Jamie L. Molaro[13]、Mike Nolan[4]、Maurizio Pajola[14]、Mark Perry[5]、Bashar Rizk[4]、Scott Sandford[15]、Dan J Scheeres[16]、Stephen R Schwartz[4]、David Trang[17] (1.Smithsonian National Institute, Washington, DC, USA、2.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA、3.Dept. of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA、4.Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA 、5.The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA、6.SETI Institute, Mountain View, CA, USA、7.Lockheed Martin Space Systems Company, USA、8.Space Science Institute, Boulder CO, USA、9.York University, Canada、10.Laboratoire Lagrange, Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France、11.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA、12.Department of Aerospace Engineering, University of Maryland, College Park MD, USA、13.Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA、14.INAF - Astronomical Observatory of Padova, Italy、15.NASA Ames Research Center, USA、16.Dept. of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA、17.HIGP/University of Hawaii at Manoa, USA)

9:30 ~ 9:45

[PPS03-21] Modeling surface mobility mechanisms on a top-shaped near-Earth asteroid

★Invited Papers

*Ronald Ballouz[1]、Nicola Baresi[2]、Olivier S Barnouin[3]、Carina A Bennet[1]、Edward B Bierhaus[4]、Keara N Burke[1]、Harold C Connolly[5]、Sarah T Crites[2]、Daniella DellaGiustitna[1]、Erica Jawin[6]、Dante S Lauretta[1]、Patrick Michel[7]、Derek C Richardson[8]、Dan J Scheeres[9]、Stephen Schwartz[1]、Seiji Sugita[10]、Eri Tatsumi[10]、Florian Thuillet[7]、Kevin Walsh[11] (1.Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan、3.The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA、4.Lockheed Martin, Boulder, CO, USA、5.Department of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA、6.Smithsonian National Museum of Natural History, Washington, DC, USA、7.UCA-OCA-CNRS, Lagrange Laboratory, Nice, France、8.Dept. of Astronomy, University of Maryland, College Park, MD, USA、9.Dept. of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA、10.University of Tokyo, Tokyo, Japan、11.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA)

9:45 ~ 10:00

[PPS03-22] **Visualization and Analysis of Solar System Small Bodies with NASA's Solar System Treks Project**

*Brian Hamilton Day[1]、Emily Law[2] (1.NASA Solar System Exploration Research Virtual Institute, NASA Ames Research Center、2.NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology)

10:00 ~ 10:15

[PPS03-23] Density Distribution within Small Solar System Bodies Based on Smooth Terrain Shape: Asteroid 25143 Itokawa and Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko

*金丸 仁明[1]、佐々木 晶[1]、Mark Wieczorek[2] (1.大阪大学、2.コートダジュール天文台)

10:15 ~ 10:30

[PPS03-24] 彗星探査計画CAESARに向けた非晶質珪酸塩の低温水質変成実験

*瀧川 晶[1,4]、木村 勇気[1]、古川 善博[2]、中村 智樹[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.北海道大学低温科学研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.京都大学白眉センター)

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

10:45 ~ 12:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

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

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

10:45 ~ 11:00

[PPS03-25] Overview and current status of DESTINY^{+} mission

★Invited Papers

*荒井 朋子[1]、小林 正規[1]、石橋 高[1]、吉田 二美[1]、木村 宏[1]、平井 隆之[1]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、千秋 博紀[1]、和田 浩二[1]、スラマ ラルフ[2]、クルーガー ハラルド[3]、渡部 潤一[4]、伊藤 孝士[4]、石黒 正晃[5]、中村 智樹[6]、薮田 ひかる[7]、橘 省吾[8]、三河内 岳[8]、阿部 新助[9]、大塚 勝仁[10]、浦川 聖太郎[11]、中村メッセンジャー 圭子[12]、小松 睦美[13]、亀田 真吾[14]、鍵谷 将人[6]、平田 成[15]、出村 裕英[15]、佐々木 晶[16]、廣井 隆弘[17]、小松 吾郎[18]、金田 英宏[19]、稲守 孝哉[19]、岡本 尚也[20]、柳沢 俊史[20]、吉川 真[20]、矢野 創[20]、岡田 達明[20]、岩田 隆浩[20]、大坪 貴文[20]、川勝 康弘[20]、豊田 裕之[20]、西山 和孝[20]、高島 健[20] (1.千葉工業大学惑星探査研究センター、2.シュツットガルト大学、3.マックスプランク研究所、4.国立天文台、5.ソウル大学、6.東北大学、7.広島大学、8.東京大学、9.日本大学、10.東京流星観測網、11.日本スペースガード協会、12.NASA、13.総合研究院大学、14.立教大学、15.会津大学、16.大阪大学、17.ブラウン大学、18.ダヌンツィオ大学、19.名古屋大学、20.宇宙航空研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[PPS03-26] Observational campaign of (3200) Phaethon and (155140) 2005UD in 2017-2018

*吉田 二美[1]、Arai Tomoko[1]、Ishibashi Ko[1]、Hong Peng[1]、Ishimaru Ryo[1]、International observation collaborators DESTINY+ (1.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology)

11:15 ~ 11:30

[PPS03-27] Rotationally-resolved spectroscopic observations of Phaethon - 2005 UD, and their fragments detected by lunar impact flashes.

*阿部 新助[1]、Moskovitz Nicholas[2]、吉田 二美[3]、大塚 勝仁[4]、伊藤 孝士[5]、布施 綾太[1]、柳澤 正久[6]、山田 竜平[7] (1.日本大学理工学部 航空宇宙工学科、2.ローウェル天文台、3.千葉工業大学 惑星探査研究センター、4.東京流星ネットワーク、5.国立天文台、6.電気通信大学 情報理工学研究科、7.会津大学 コンピュータ理工学部)

11:30 ~ 11:45

[PPS03-28] Thermal Radiation Pressure Force on Regolith Particles of Atmosphereless Bodies

*Yoonsoo P. Bach[1]、Masateru Ishiguro[1] (1.Department of Physics and Astronomy, Seoul National University)

11:45 ~ 12:00

[PPS03-29] A kilometre-sized Kuiper belt object revealed by OASES stellar occultation observations

*有松 亘[1,2]、津村 耕司[3]、臼井 文彦[4]、新中 善晴[5]、市川 幸平[3,6,7]、大坪 貴文[8]、小谷 隆行[2,9]、和田 武彦[8]、長勢 晃一[8]、渡部 潤一[2] (1.京都大学 付属天文台、2.国立天文台、3.東北大学 学際科学フロンティア研究所、4.神戸大学大学院 理学研究科 惑星科学研究センター、5.京都産業大学、6.コロンビア大学、7.テキサス大学サンアントニオ校、8.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、9.アストロバイオロジーセンター)

12:00 ~ 12:15

[PPS03-30] AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey: AcuA-spec

*臼井 文彦[1]、長谷川 直[2]、大坪 貴文[2]、尾中 敬[3,4] (1.神戸大学大学院 理学研究科 惑星科学研究センター、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.東京大学大学院理学系研究科 天文学専攻、4.明星大学理工学部 総合理工学科)

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

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

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

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

[PPS03-P01] 小惑星Ryugu表層を模擬した低強度粗粒レゴリスの衝突実験

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

[PPS03-P02] MASCOTを用いたリュウグウ反射スペクトルの推定

*石田 茉莉花[1]、天野 湖都[1]、諸井 圭市[1]、巽 瑛理[2]、Tra-Mi Ho[10]、亀田 真吾[1]、杉田 精司[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、横田 康弘[5]、神山 徹[6]、鈴木 秀彦[7]、山田 学[8]、坂谷 尚哉[5]、本田 親寿[9]、早川 雅彦[5]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[5]、長 勇一郎[2]、澤田 弘崇[5] (1.立教大学、2.東京大学、3.高知大学、4.名古屋大学、5.宇宙航空研究開発機構、6.産業技術総合研究所、7.明治大学、8.千葉工業大学、9.会津大学、10.DLR)

[PPS03-P03] Flyby observation of Asteroid (3200) Phaethon by DESTINY$^+$ onboard cameras

*石橋 高[1]、亀田 真吾[2]、鍵谷 将人[3]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、奥平 修[1]、荒井 朋子[1]、吉田 二美[1]、佐藤 峻介[4]、石丸 貴博[4]、岡本 尚也[4]、岩田 隆浩[4]、岡田 達明[4]、高島 健[4] (1.千葉工業大学、2.立教大学、3.東北大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P04] Polarimetric Study of Asteroids in Comet-Like Orbits (ACOs)

*Jooyeon Geem[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[2]、Hiroyuki Naito[3]、Hidekazu Hanayama[4]、yoonyoung kim[10]、Yuna G. Kwon[1]、Sunho Jin[1]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Ryo Okazaki[5]、Jeremie J. Vaubaillon[6]、Masataka Imai[7]、Tatsuharu Oono[8]、Yuki Futamuts[8]、Seiko Takagi[8]、Mitsuteru Sato[8]、Kiyoshi Kuramoto[8]、Makoto Watanabe[9] (1.Astronomy program, Dept of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Okayama Observatory, Kyoto University、3.Nayoro Observatory、4.Ishigakijima Astronomical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan、5.Hokkaido University of Education、6.Observatoire de Paris, I.M.C.C.E.、7.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、8.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、9.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、10.Max Planck Institute for Solar System Research)

[PPS03-P05] Dynamical lifetime of the Oort Cloud new comets under planetary perturbation

*伊藤 孝士[1]、樋口 有理可[1] (1.国立天文台)

[PPS03-P06] 熱赤外撮像でさぐるC型小惑星リュウグウの高空隙な表層

*岡田 達明[1,2]、福原 哲哉[3]、田中 智[1]、田口 真[3]、荒井 武彦[4]、坂谷 尚哉[1]、嶌生 有理[1]、千秋 博紀[5]、小川 佳子[6]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、北里 宏平[6]、神山 徹[7]、関口 朋彦[8]、滝田 隼[9]、長谷川 直[1]、松永 恒雄[10]、和田 武彦[1]、今村 剛[2]、Helbert Jorn[11]、Mueller Thomas[12]、Hagermann Axel[13]、Biele Jens[11]、Grott Matthias[11]、Hamm Maximilian[11]、Delbo Marco[14]、山本 幸生[1]、平田 成[6]、平田 直之[15]、照井 冬人[1]、佐伯 孝尚[1]、中澤 暁[1]、吉川 真[1]、渡邊 誠一郎[1,16]、津田 雄一[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.東京大学、3.立教大学、4.足利大学、5.千葉工業大学、6.会津大学、7.産業技術総合研究所、8.北海道教育大学、9.北海道北見北斗高校、10.国立環境研究所、11.ドイツ航空宇宙センター、12.マックスプランク地球外物理学研究所、13.スターリング大学、14.コートダジュール天文台、15.神戸大学、16.名古屋大学)

[PPS03-P07] はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIRの小惑星162173リュウグウ観測データの公開

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

[PPS03-P08] Multi-mission capability of HARMONICS

*角田 晋太郎[1]、出村 裕英[1]、平田 成[1] (1.公立大学法人会津大学)

[PPS03-P09] New interface of verification for calibration and conversion in HEAT : Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

* 小林 達郎[1]、須古 健太郎[1]、出村 裕英[1]、小川 佳子[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P10] **Dust particle evolution of a near-Earth object 252P/LINEAR from near-infrared polarimetric observations in 2016**

*Yuna G Kwon[1]、Masateru Ishiguro[1]、Jungmi Kwon[2]、Daisuke Kuroda[3]、Myungshin Im[1]、Changsu Choi[1]、Motohide Tamura[4]、Takahiro Nagayama[5]、Nobuyuki Kawai[6]、Jun-ichi Watanabe[7] (1.Seoul National Univ.、2.ISAS/Japan Aerospace Exploration Agency、3.Okayama Astrophysical Observatory、4.The Univ. of Tokyo、5.Kagoshima Univ.、6.Tokyo Institute of Technology、7.National Astronomical Observatory of Japan)

[PPS03-P11] **Performance Evaluation of TRIPOL on the 61-cm Telescope at Seoul National University for Polarimetric Observations of Solar System Small Bodies**

*Sunho Jin[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yuna G Kwon[1]、Jooyeon Geem[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Jinguk Seo[1]、Hiroshi Sasago[2]、Shuji Sato[3] (1.Seoul National University、2.Sasago Co.,Ltd、3.Nagoya University)

[PPS03-P12] Smart Interface of HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

*須古 健太郎[1]、 小林 達郎[1]、出村 裕英[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.公立大学法人会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P13] バルジ地形に形成される衝突クレーターに関する実験的研究

*横田 優作[1]、山本 裕也[2]、保井 みなみ[2]、荒川 政彦[2] (1.神戸大学理学部、2.神戸大学大学院理学研究科)

[PPS03-P14] 小惑星リュウグウからの「はやぶさ２」試料：有機化合物の初期分析プラン

*奈良岡 浩[1]、高野 淑識[2]、Jason P. Dworkin[3]、SOM Analysis Team (1.九州大学　大学院理学研究院地球惑星科学部門, 惑星微量有機化合物研究センター、2.海洋研究開発機構、3.Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA)

[PPS03-P15] Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen

*大澤 亮[1]、弘田 旭[2]、阿部 新助[2]、Kastinen Daniel[3]、Kero Johan[3]、藤原 康徳[4]、中村 卓司[5]、酒向 重行[1]、小島 悠人[1]、渡部 潤一[6] (1.東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター、2.日本大学理工学部 航空宇宙工学科、3.Institutet för rymdfysik、4.総合研究大学院大学、5.国立極地研究所、6.国立天文台)

[PPS03-P16] Global distribution and spectral characteristics of bright spots on asteroid Ryugu

*末満 雅徳[1]、諸田 智克[1]、本田 理恵[2]、亀田　真吾[15]、巽 瑛理[3]、山田 学[4]、坂谷 尚哉[5]、神山 徹[6]、横田 康弘[7]、長 勇一郎[8]、鈴木 秀彦[9]、早川 雅彦[10]、松岡 萌[10]、本田 親寿[11]、道上 達広[12]、吉岡 和夫[13]、小川 和律[14]、澤田 弘崇[5]、杉田 精司[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学自然科学系理工学部門、3.東京大学大学院地球惑星科学専攻、4.千葉工業大学惑星探査研究センター、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.産業技術総合研究所、7.高知大学、8.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、9.明治大学理工学部物理学科、10.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系、11.会津大学、12.近畿大学工学部、13.東京大学大学院新領域創成科学研究科、14.神戸大学、15.立教大学)

[PPS03-P17] Polarimetry of (155140) 2005 UD: the Dynamical Association with (3200) Phaethon

*Masateru Ishiguro[1]、Jooyeon Geem[1]、Hiroyuki Naito[2]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[3]、Tatsuharu Ono[4]、Seiko Takagi[4]、Mitsuteru Sato[4]、Kiyoshi Kuramoto[4]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Masataka Imai[6]、Makoto Watanabe[7]、Katsuhito Ohtsuka[8]、Sunao Hasegawa[9]、Takashi Ito[10]、Fumi Yoshida[11]、Tomoko Arai[11] (1.Department of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Nayoro Observatory、3.Okayama Observatory, Kyoto University、4.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、5.Hokkaido University of Education、6.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、7.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、8.Tokyo Meteor Network、9.Japan Aerospace Exploration Agency、10.National Astronomical Observatory of Japan、11.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology)

[PPS03-P18] **Follow-up observations for AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey (AcuA-spec)**

*長谷川 直[1]、黒田 大介[2]、柳澤 顕史[3]、臼井 文彦[4] (1.宇宙航空研究開発機構、2.京都大学、3.国立天文台、4.神戸大学)

[PPS03-P19] Amino acids on witness coupons collected from the ISAS/JAXA curation facility for the assessment and quality control of the Hayabusa2 sampling procedure

*菅原 春菜[1,2]、高野 淑識[1]、唐牛 譲[3]、熊谷 和也[4]、矢田 達[3]、大河内 直彦[1]、安部 正真[3]、Hayabusa2 プロジェクトチーム (1.（国）海洋研究開発機構、2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur、3.（国）宇宙航空研究開発機構、4.（株）マリン・ワーク・ジャパン)

[PPS03-P20] Hayabusa2 orbit determination using c5++ software

*山本 圭香[1]、大坪 俊通[2]、松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、並木 則行[1]、千秋 博紀[3]、水野 貴秀[4]、尾川 順子[4]、大野 剛[4]、三桝 裕也[4]、吉川 健人[4]、高橋 忠輝[4]、武井 悠人[4]、藤井 淳[4]、照井 冬人[4]、佐伯 孝尚[4]、中澤 暁[4]、吉川 真[4]、津田 雄一[4] (1.国立天文台、2.一橋大学、3.千葉工業大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P21] **Landing Site Selection for Hayabusa2: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu**

*薮田 ひかる[1]、渡邊 誠一郎[2]、中村 智樹[3]、平田 成[4]、杉田 精司[5]、岡田 達明[6]、北里 宏平[4]、石原 吉明[7]、諸田 智克[2]、坂谷 尚哉[6]、松本 晃治[8]、和田 浩二[9]、橘 省吾[5]、小松 睦美[10]、巽 瑛理[5]、松岡 萌[6]、本田 親寿[4]、廣井 孝弘[11]、千秋 博紀[9]、本田 理恵[12]、横田 康弘[6]、野口 里奈[6]、嶌生 有理[6]、ドミング デボラ[13]、ルコル ルシール[13]、バルッチ アントネラ[14]、パロンバ アーネスト[15]、菊地 翔太[6]、三浦 昭[6]、山口 智宏[6]、山本 幸生[6]、佐伯 孝尚[6]、田中 智[6]、吉川 真[6]、津田 雄一[6] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.名古屋大学、3.東北大学、4.会津大学、5.東京大学、6.宇宙科学研究所、7.国立環境研究所、8.国立天文台、9.千葉工業大学惑星探査研究センター、10.総合研究大学院大学、11.ブラウン大学、12.高知大学、13.米国惑星科学研究所、14.パリ天文台、15.イタリア国立宇宙物理学研究所)

[PPS03-P22] 北大1.6mピリカ望遠鏡による不活動彗星核P/2016 BA14の可視光測光・分光・偏光観測

*山形 稜[1]、関口 朋彦[1]、岡崎 良[1]、土井 和也[1]、黒田 大介[2]、石黒 正晃[3]、内藤 博之[4] (1.北海道教育大学、2.京都大学、3.ソウル大学、4.なよろ市立天文台)

[PPS03-P23] **Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite : Attempt to evaluate the thermal metamorphism degree on the parent body**

加登 大輝[1]、*薮田 ひかる[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[PPS03-P24] Disk-Resolved Photometry Analysis of the Asteroid Ryugu Images Obtained by Hayabusa2 Visible Camera ONC

*横田 康弘[1,2]、本田 理恵[1]、巽 瑛理[3]、Domingue Deborah[4]、Schroeder Stefanus[5]、松岡 萌[2]、杉田 精司[3]、諸田 智克[6]、亀田 真吾[7]、神山 徹[8]、鈴木 秀彦[9]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[11]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、澤田 弘崇[2] (1.高知大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.東京大学、4.Planetary Science Institute、5.DLR、6.名古屋大学、7.立教大学、8.産総研、9.明治大学、10.千葉工業大学、11.会津大学)

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

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

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

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

[PPS03-P01] 小惑星Ryugu表層を模擬した低強度粗粒レゴリスの衝突実験

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

[PPS03-P02] MASCOTを用いたリュウグウ反射スペクトルの推定

*石田 茉莉花[1]、天野 湖都[1]、諸井 圭市[1]、巽 瑛理[2]、Tra-Mi Ho[10]、亀田 真吾[1]、杉田 精司[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、横田 康弘[5]、神山 徹[6]、鈴木 秀彦[7]、山田 学[8]、坂谷 尚哉[5]、本田 親寿[9]、早川 雅彦[5]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[5]、長 勇一郎[2]、澤田 弘崇[5] (1.立教大学、2.東京大学、3.高知大学、4.名古屋大学、5.宇宙航空研究開発機構、6.産業技術総合研究所、7.明治大学、8.千葉工業大学、9.会津大学、10.DLR)

[PPS03-P03] Flyby observation of Asteroid (3200) Phaethon by DESTINY$^+$ onboard cameras

*石橋 高[1]、亀田 真吾[2]、鍵谷 将人[3]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、奥平 修[1]、荒井 朋子[1]、吉田 二美[1]、佐藤 峻介[4]、石丸 貴博[4]、岡本 尚也[4]、岩田 隆浩[4]、岡田 達明[4]、高島 健[4] (1.千葉工業大学、2.立教大学、3.東北大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P04] Polarimetric Study of Asteroids in Comet-Like Orbits (ACOs)

*Jooyeon Geem[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[2]、Hiroyuki Naito[3]、Hidekazu Hanayama[4]、yoonyoung kim[10]、Yuna G. Kwon[1]、Sunho Jin[1]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Ryo Okazaki[5]、Jeremie J. Vaubaillon[6]、Masataka Imai[7]、Tatsuharu Oono[8]、Yuki Futamuts[8]、Seiko Takagi[8]、Mitsuteru Sato[8]、Kiyoshi Kuramoto[8]、Makoto Watanabe[9] (1.Astronomy program, Dept of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Okayama Observatory, Kyoto University、3.Nayoro Observatory、4.Ishigakijima Astronomical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan、5.Hokkaido University of Education、6.Observatoire de Paris, I.M.C.C.E.、7.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、8.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、9.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、10.Max Planck Institute for Solar System Research)

[PPS03-P05] Dynamical lifetime of the Oort Cloud new comets under planetary perturbation

*伊藤 孝士[1]、樋口 有理可[1] (1.国立天文台)

[PPS03-P06] 熱赤外撮像でさぐるC型小惑星リュウグウの高空隙な表層

*岡田 達明[1,2]、福原 哲哉[3]、田中 智[1]、田口 真[3]、荒井 武彦[4]、坂谷 尚哉[1]、嶌生 有理[1]、千秋 博紀[5]、小川 佳子[6]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、北里 宏平[6]、神山 徹[7]、関口 朋彦[8]、滝田 隼[9]、長谷川 直[1]、松永 恒雄[10]、和田 武彦[1]、今村 剛[2]、Helbert Jorn[11]、Mueller Thomas[12]、Hagermann Axel[13]、Biele Jens[11]、Grott Matthias[11]、Hamm Maximilian[11]、Delbo Marco[14]、山本 幸生[1]、平田 成[6]、平田 直之[15]、照井 冬人[1]、佐伯 孝尚[1]、中澤 暁[1]、吉川 真[1]、渡邊 誠一郎[1,16]、津田 雄一[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.東京大学、3.立教大学、4.足利大学、5.千葉工業大学、6.会津大学、7.産業技術総合研究所、8.北海道教育大学、9.北海道北見北斗高校、10.国立環境研究所、11.ドイツ航空宇宙センター、12.マックスプランク地球外物理学研究所、13.スターリング大学、14.コートダジュール天文台、15.神戸大学、16.名古屋大学)

[PPS03-P07] はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIRの小惑星162173リュウグウ観測データの公開

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

[PPS03-P08] Multi-mission capability of HARMONICS

*角田 晋太郎[1]、出村 裕英[1]、平田 成[1] (1.公立大学法人会津大学)

[PPS03-P09] New interface of verification for calibration and conversion in HEAT : Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

* 小林 達郎[1]、須古 健太郎[1]、出村 裕英[1]、小川 佳子[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P10] **Dust particle evolution of a near-Earth object 252P/LINEAR from near-infrared polarimetric observations in 2016**

*Yuna G Kwon[1]、Masateru Ishiguro[1]、Jungmi Kwon[2]、Daisuke Kuroda[3]、Myungshin Im[1]、Changsu Choi[1]、Motohide Tamura[4]、Takahiro Nagayama[5]、Nobuyuki Kawai[6]、Jun-ichi Watanabe[7] (1.Seoul National Univ.、2.ISAS/Japan Aerospace Exploration Agency、3.Okayama Astrophysical Observatory、4.The Univ. of Tokyo、5.Kagoshima Univ.、6.Tokyo Institute of Technology、7.National Astronomical Observatory of Japan)

[PPS03-P11] **Performance Evaluation of TRIPOL on the 61-cm Telescope at Seoul National University for Polarimetric Observations of Solar System Small Bodies**

*Sunho Jin[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yuna G Kwon[1]、Jooyeon Geem[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Jinguk Seo[1]、Hiroshi Sasago[2]、Shuji Sato[3] (1.Seoul National University、2.Sasago Co.,Ltd、3.Nagoya University)

[PPS03-P12] Smart Interface of HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

*須古 健太郎[1]、 小林 達郎[1]、出村 裕英[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.公立大学法人会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P13] バルジ地形に形成される衝突クレーターに関する実験的研究

*横田 優作[1]、山本 裕也[2]、保井 みなみ[2]、荒川 政彦[2] (1.神戸大学理学部、2.神戸大学大学院理学研究科)

[PPS03-P14] 小惑星リュウグウからの「はやぶさ２」試料：有機化合物の初期分析プラン

*奈良岡 浩[1]、高野 淑識[2]、Jason P. Dworkin[3]、SOM Analysis Team (1.九州大学　大学院理学研究院地球惑星科学部門, 惑星微量有機化合物研究センター、2.海洋研究開発機構、3.Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA)

[PPS03-P15] Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen

*大澤 亮[1]、弘田 旭[2]、阿部 新助[2]、Kastinen Daniel[3]、Kero Johan[3]、藤原 康徳[4]、中村 卓司[5]、酒向 重行[1]、小島 悠人[1]、渡部 潤一[6] (1.東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター、2.日本大学理工学部 航空宇宙工学科、3.Institutet för rymdfysik、4.総合研究大学院大学、5.国立極地研究所、6.国立天文台)

[PPS03-P16] Global distribution and spectral characteristics of bright spots on asteroid Ryugu

*末満 雅徳[1]、諸田 智克[1]、本田 理恵[2]、亀田　真吾[15]、巽 瑛理[3]、山田 学[4]、坂谷 尚哉[5]、神山 徹[6]、横田 康弘[7]、長 勇一郎[8]、鈴木 秀彦[9]、早川 雅彦[10]、松岡 萌[10]、本田 親寿[11]、道上 達広[12]、吉岡 和夫[13]、小川 和律[14]、澤田 弘崇[5]、杉田 精司[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学自然科学系理工学部門、3.東京大学大学院地球惑星科学専攻、4.千葉工業大学惑星探査研究センター、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.産業技術総合研究所、7.高知大学、8.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、9.明治大学理工学部物理学科、10.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系、11.会津大学、12.近畿大学工学部、13.東京大学大学院新領域創成科学研究科、14.神戸大学、15.立教大学)

[PPS03-P17] Polarimetry of (155140) 2005 UD: the Dynamical Association with (3200) Phaethon

*Masateru Ishiguro[1]、Jooyeon Geem[1]、Hiroyuki Naito[2]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[3]、Tatsuharu Ono[4]、Seiko Takagi[4]、Mitsuteru Sato[4]、Kiyoshi Kuramoto[4]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Masataka Imai[6]、Makoto Watanabe[7]、Katsuhito Ohtsuka[8]、Sunao Hasegawa[9]、Takashi Ito[10]、Fumi Yoshida[11]、Tomoko Arai[11] (1.Department of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Nayoro Observatory、3.Okayama Observatory, Kyoto University、4.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、5.Hokkaido University of Education、6.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、7.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、8.Tokyo Meteor Network、9.Japan Aerospace Exploration Agency、10.National Astronomical Observatory of Japan、11.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology)

[PPS03-P18] **Follow-up observations for AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey (AcuA-spec)**

*長谷川 直[1]、黒田 大介[2]、柳澤 顕史[3]、臼井 文彦[4] (1.宇宙航空研究開発機構、2.京都大学、3.国立天文台、4.神戸大学)

[PPS03-P19] Amino acids on witness coupons collected from the ISAS/JAXA curation facility for the assessment and quality control of the Hayabusa2 sampling procedure

*菅原 春菜[1,2]、高野 淑識[1]、唐牛 譲[3]、熊谷 和也[4]、矢田 達[3]、大河内 直彦[1]、安部 正真[3]、Hayabusa2 プロジェクトチーム (1.（国）海洋研究開発機構、2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur、3.（国）宇宙航空研究開発機構、4.（株）マリン・ワーク・ジャパン)

[PPS03-P20] Hayabusa2 orbit determination using c5++ software

*山本 圭香[1]、大坪 俊通[2]、松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、並木 則行[1]、千秋 博紀[3]、水野 貴秀[4]、尾川 順子[4]、大野 剛[4]、三桝 裕也[4]、吉川 健人[4]、高橋 忠輝[4]、武井 悠人[4]、藤井 淳[4]、照井 冬人[4]、佐伯 孝尚[4]、中澤 暁[4]、吉川 真[4]、津田 雄一[4] (1.国立天文台、2.一橋大学、3.千葉工業大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P21] **Landing Site Selection for Hayabusa2: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu**

*薮田 ひかる[1]、渡邊 誠一郎[2]、中村 智樹[3]、平田 成[4]、杉田 精司[5]、岡田 達明[6]、北里 宏平[4]、石原 吉明[7]、諸田 智克[2]、坂谷 尚哉[6]、松本 晃治[8]、和田 浩二[9]、橘 省吾[5]、小松 睦美[10]、巽 瑛理[5]、松岡 萌[6]、本田 親寿[4]、廣井 孝弘[11]、千秋 博紀[9]、本田 理恵[12]、横田 康弘[6]、野口 里奈[6]、嶌生 有理[6]、ドミング デボラ[13]、ルコル ルシール[13]、バルッチ アントネラ[14]、パロンバ アーネスト[15]、菊地 翔太[6]、三浦 昭[6]、山口 智宏[6]、山本 幸生[6]、佐伯 孝尚[6]、田中 智[6]、吉川 真[6]、津田 雄一[6] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.名古屋大学、3.東北大学、4.会津大学、5.東京大学、6.宇宙科学研究所、7.国立環境研究所、8.国立天文台、9.千葉工業大学惑星探査研究センター、10.総合研究大学院大学、11.ブラウン大学、12.高知大学、13.米国惑星科学研究所、14.パリ天文台、15.イタリア国立宇宙物理学研究所)

[PPS03-P22] 北大1.6mピリカ望遠鏡による不活動彗星核P/2016 BA14の可視光測光・分光・偏光観測

*山形 稜[1]、関口 朋彦[1]、岡崎 良[1]、土井 和也[1]、黒田 大介[2]、石黒 正晃[3]、内藤 博之[4] (1.北海道教育大学、2.京都大学、3.ソウル大学、4.なよろ市立天文台)

[PPS03-P23] **Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite : Attempt to evaluate the thermal metamorphism degree on the parent body**

加登 大輝[1]、*薮田 ひかる[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[PPS03-P24] Disk-Resolved Photometry Analysis of the Asteroid Ryugu Images Obtained by Hayabusa2 Visible Camera ONC

*横田 康弘[1,2]、本田 理恵[1]、巽 瑛理[3]、Domingue Deborah[4]、Schroeder Stefanus[5]、松岡 萌[2]、杉田 精司[3]、諸田 智克[6]、亀田 真吾[7]、神山 徹[8]、鈴木 秀彦[9]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[11]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、澤田 弘崇[2] (1.高知大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.東京大学、4.Planetary Science Institute、5.DLR、6.名古屋大学、7.立教大学、8.産総研、9.明治大学、10.千葉工業大学、11.会津大学)

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

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM09-P01] **Local-time Variabilities of SABER CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere Region**

*Cornelius Csar Jude Salinas[1]、Loren Chang[1]、Danie Liang[2]、Jia Yue[3]、Liying Qian[4]、Quan Gan[5]、James Russel III[3]、Martin G Mlynczak[6] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Institute of Earth Science, Academia Sinica、3.Department of Atmospheric Sciences, Hampton University、4.High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research、5.Department of Physics and Astronomy, Clemson University、6.NASA Langley Research Center)

[PEM09-P02] 地震前の電離圏擾乱を引き起こす電場の成因

*小山 孝一郎[1,2,3] (1.国立成功プラズマ宇宙科学研究所　台湾、2.九州大学国際宇宙天気・教育センター、3.(株）アジア宇宙環境研究コンソーシアム)

[PEM09-P03] Morphology of E1 and E2 Kelvin waves from ECMWF reanalysis

*Chen-Jeih Pan[1]、Wei-Sheng Chen[1]、Uma Das[2] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India)

[PEM09-P04] Impact of strong ENSO on TEC activity disturbed by ultra-fast Kelvin waves

*Wei-Sheng Chen[1]、C.J. Pan[1]、Uma Das[2]、Chian-Chiau Lin[3] (1.Institute of Space Science, National Central University, Taiwan、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India、3.Environmental Research and Information Center, Chang Jung Christian University, Taiwan)

[PEM09-P05] **Observation and simulation of propagation of coseismic infrasound to the ionosphere**

*Jaroslav Chum[1] (1.Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences)

[PEM09-P06] Solar wind influence on tropical cyclones mediated by atmospheric gravity waves

*Paul Prikryl[1,2]、Iurii Cherniak[3]、Irina Zakharenkova[4,5]、James M. Weygand[6]、Bharat S. R. Kunduri[7] (1.Physics Department, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada、2.Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada, Ottawa, ON, Canada、3.COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA、4.West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia、5.University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland、6.Earth Planetary and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA, USA、7.Bradley Dept. of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA)

[PEM09-P07] VIPIR ionospheric observations in Japan

*津川 卓也[1]、前野 英生[1]、西岡 未知[1]、近藤 巧[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM09-P08] Simulation Results and Performance Analysis of Phase Velocity Spectral Analysis Software (M-Transform) for Airglow Imaging Data

*Septi Perwitasari[1]、Takuji Nakamura[2]、Masaru Kogure[2]、Yoshihiro Tomikawa[2]、Mitsumu K. Ejiri[2] (1.LAPAN、2.NIPR)

[PEM09-P09] Comparisons of Co-incident Ionospheric Plasma Observations Between FORMOSAT-5/AIP and Millstone Hill Incoherent Scatter Radar

*Yi-Wun Chen[1]、Chi-Kuang Chao[1] (1.Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan)

[PEM09-P10] Sub-ionospheric effects of volcano eruptions using VLF/LF standard radio waves

*丸山 慶[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、野崎 憲朗[5]、山下 幸三[3]、高橋 幸弘[4]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1] (1.千葉大学、2.東北大学、3.足利大学、4.北海道大学、5.情報通信研究機構)

[PEM09-P11] Observations of ionospheric and mesospheric wave structures by a low-cost airglow imaging system

*細川 敬祐[1]、楠山 ななみ[1]、穂積 裕太[1]、高見 晃平[1]、斎藤 享[2]、小川 泰信[3]、石井 守[4]、大塚 雄一[5]、津川 卓也[4] (1.電気通信大学、2.国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所、3.国立極地研究所、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM09-P12] Analysis of characteristics of ionospheric parameters, Sq index and neutral winds over Taiwan

*Yu-Jung Chuo[1] (1.Department of Information Technology, Ling Tung University)

[PEM09-P13] Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde and RO-COSMIC in magnetic Equator region in 2010

*Zheng Wang [1,2]、Huixin Liu[1] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, Japan. 、2.National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, China.)

[PEM09-P14] The statistical study of the growth rates of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances observed with GPS-TEC

*池田 孝文[1]、齊藤 昭則[1]、津川 卓也[2]、品川 裕之[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、2.情報通信研究機構)

[PEM09-P15] Comparison of Gravity Wave Activity in the Mesosphere Observed by OH Airglow Imagers and MF Radars over the Antarctic (Syowa & Davis).

*木暮 優[1]、中村 卓司[1,2]、冨川 喜弘[1,2]、江尻 省[1,2]、西山 尚典[2,1]、堤 雅基[1,2]、Michael Taylor[3]、Yucheng Zhao[3]、P.-Dominique Pautet[3]、Damian Murphy[4] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院複合科学研究科極域科学専攻、3.ユタ州立大学、4.オーストラリア南極局)

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

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

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM09-P01] **Local-time Variabilities of SABER CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere Region**

*Cornelius Csar Jude Salinas[1]、Loren Chang[1]、Danie Liang[2]、Jia Yue[3]、Liying Qian[4]、Quan Gan[5]、James Russel III[3]、Martin G Mlynczak[6] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Institute of Earth Science, Academia Sinica、3.Department of Atmospheric Sciences, Hampton University、4.High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research、5.Department of Physics and Astronomy, Clemson University、6.NASA Langley Research Center)

[PEM09-P02] 地震前の電離圏擾乱を引き起こす電場の成因

*小山 孝一郎[1,2,3] (1.国立成功プラズマ宇宙科学研究所　台湾、2.九州大学国際宇宙天気・教育センター、3.(株）アジア宇宙環境研究コンソーシアム)

[PEM09-P03] Morphology of E1 and E2 Kelvin waves from ECMWF reanalysis

*Chen-Jeih Pan[1]、Wei-Sheng Chen[1]、Uma Das[2] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India)

[PEM09-P04] Impact of strong ENSO on TEC activity disturbed by ultra-fast Kelvin waves

*Wei-Sheng Chen[1]、C.J. Pan[1]、Uma Das[2]、Chian-Chiau Lin[3] (1.Institute of Space Science, National Central University, Taiwan、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India、3.Environmental Research and Information Center, Chang Jung Christian University, Taiwan)

[PEM09-P05] **Observation and simulation of propagation of coseismic infrasound to the ionosphere**

*Jaroslav Chum[1] (1.Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences)

[PEM09-P06] Solar wind influence on tropical cyclones mediated by atmospheric gravity waves

*Paul Prikryl[1,2]、Iurii Cherniak[3]、Irina Zakharenkova[4,5]、James M. Weygand[6]、Bharat S. R. Kunduri[7] (1.Physics Department, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada、2.Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada, Ottawa, ON, Canada、3.COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA、4.West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia、5.University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland、6.Earth Planetary and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA, USA、7.Bradley Dept. of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA)

[PEM09-P07] VIPIR ionospheric observations in Japan

*津川 卓也[1]、前野 英生[1]、西岡 未知[1]、近藤 巧[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM09-P08] Simulation Results and Performance Analysis of Phase Velocity Spectral Analysis Software (M-Transform) for Airglow Imaging Data

*Septi Perwitasari[1]、Takuji Nakamura[2]、Masaru Kogure[2]、Yoshihiro Tomikawa[2]、Mitsumu K. Ejiri[2] (1.LAPAN、2.NIPR)

[PEM09-P09] Comparisons of Co-incident Ionospheric Plasma Observations Between FORMOSAT-5/AIP and Millstone Hill Incoherent Scatter Radar

*Yi-Wun Chen[1]、Chi-Kuang Chao[1] (1.Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan)

[PEM09-P10] Sub-ionospheric effects of volcano eruptions using VLF/LF standard radio waves

*丸山 慶[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、野崎 憲朗[5]、山下 幸三[3]、高橋 幸弘[4]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1] (1.千葉大学、2.東北大学、3.足利大学、4.北海道大学、5.情報通信研究機構)

[PEM09-P11] Observations of ionospheric and mesospheric wave structures by a low-cost airglow imaging system

*細川 敬祐[1]、楠山 ななみ[1]、穂積 裕太[1]、高見 晃平[1]、斎藤 享[2]、小川 泰信[3]、石井 守[4]、大塚 雄一[5]、津川 卓也[4] (1.電気通信大学、2.国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所、3.国立極地研究所、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM09-P12] Analysis of characteristics of ionospheric parameters, Sq index and neutral winds over Taiwan

*Yu-Jung Chuo[1] (1.Department of Information Technology, Ling Tung University)

[PEM09-P13] Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde and RO-COSMIC in magnetic Equator region in 2010

*Zheng Wang [1,2]、Huixin Liu[1] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, Japan. 、2.National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, China.)

[PEM09-P14] The statistical study of the growth rates of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances observed with GPS-TEC

*池田 孝文[1]、齊藤 昭則[1]、津川 卓也[2]、品川 裕之[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、2.情報通信研究機構)

[PEM09-P15] Comparison of Gravity Wave Activity in the Mesosphere Observed by OH Airglow Imagers and MF Radars over the Antarctic (Syowa & Davis).

*木暮 優[1]、中村 卓司[1,2]、冨川 喜弘[1,2]、江尻 省[1,2]、西山 尚典[2,1]、堤 雅基[1,2]、Michael Taylor[3]、Yucheng Zhao[3]、P-Dominique Pautet[3]、Damian Murphy[4] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院複合科学研究科極域科学専攻、3.ユタ州立大学、4.オーストラリア南極局)

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

13:45 ~ 15:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:Patrick Espy(Norwegian University of Science and Technology)、Astrid Maute(National Center for Atmospheric Research, US)

13:45 ~ 14:05

[PEM09-01] **Vertical Coupling from the Atmosphere to Geospace at Arrival Heights in Antarctica**

★Invited Papers

*Xinzhao Chu[1] (1.University of Colorado Boulder)

14:05 ~ 14:20

[PEM09-02] Vertical structure of terdiurnal tides in the Antarctic MLT region: 15 years observation over Syowa

*Liu Huixin[1]、堤 雅基[2]、Liu Hanli[3] (1.九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 、2.National Institute for Polar Research、3.National Center for Atmospheric Research)

14:20 ~ 14:35

[PEM09-03] **3D Investigation of gravity waves propagation by Continuous Doppler sounding**

*Jaroslav Chum[1]、Katerina Podolska[1] (1.Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences)

14:35 ~ 14:55

[PEM09-04] **Observations of MLT dynamics using meteor radars and meteor radar networks**

★Invited Papers

*Gunter Stober[1]、Vivien Matthias[2]、Sven Wilhelm[1]、Dimitry Pokhotelov[1]、Alexander Kozlovsky[3]、Evgenia Belova[4]、Johan Kero[4]、Chris Hall[5]、Masaki Tsutsumi[6] (1.Leibniz Institute of Atmospheric Physics、2.Potsdam Institute for Climate Impact Research, Earth System Analysis - Research Domain 1, Potsdam, Germany、3.Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, FIN-99600, Finland、4.Swedish Institute of Space Physics, Box 812, 98128 Kiruna, Sweden、5.Tromsø Geophysical Observatory UiT-the Arctic University of Norway, Tromsø, Norway、6.National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan)

14:55 ~ 15:15

[PEM09-05] Ionospheric Variability Associated with the Quasi-6-day Planetary Wave

★Invited Papers

*山崎 洋介[1] (1.ドイツ地球科学研究センター)

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

15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:大塚 雄一、Yosuke Yosuke Yamazaki(GFZ Potsdam, Germany)

15:30 ~ 15:50

[PEM09-06] Results of FORMOSAT-3/COSMIC to the most recent developments on FORMOSAT-7/COSMIC-2

★Invited Papers

*JANN-YENQ Liu[1] (1.Center for Astronautical Physics and Engineering; Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan)

15:50 ~ 16:05

[PEM09-07] A morphological study on the relationship between electron density fluctuations and magnetic fluctuations observed by low altitude satellites in low and middle latitudes

*家森 俊彦[1]、青山 忠司[1]、横山 佳弘[1] (1.京都大学)

16:05 ~ 16:25

[PEM09-08] Observations of the Thermosphere and Ionosphere by the NASA GOLD Mission

★Invited Papers

*Stanley C Solomon[1]、Alan G. Burns[1]、Richard W. Eastes[2]、William E. McClintock[2] (1.National Center for Atmospheric Research、2.University of Colorado)

16:25 ~ 16:40

[PEM09-09] 全球TECに見られる磁気嵐時の中低緯度域における電子密度増大の時間・空間発展

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

16:40 ~ 16:55

[PEM09-10] Tidal Forcing Effects on the Zonal Variation of Solstice Equatorial Plasma Bubbles

*Loren Chang[1]、Jude Salinas[1]、Yi-Chung Chiu[1]、Pei-yun Chiu[1]、Charles Lin[2] (1.Institute of Space Science and Engineering, Center for Astronautical Physics and Engineering, National Central University, Taiwan、2.Department of Earth Science, National Cheng Kung University, Taiwan)

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

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

[P-EM11] Dynamics of Magnetosphere and Ionosphere

コンビーナ:中溝 葵(情報通信研究機構　電磁波研究所)、尾崎 光紀(金沢大学理工研究域電子情報学系)、藤本 晶子(九州工業大学)、堀 智昭(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P01] Effects of Inclination/Rotation of Earth's Magnetic Axis on Magnetosphere Simulated by Global MHD Model

*中溝 葵[1] (1.情報通信研究機構　電磁波研究所)

[PEM11-P02] Asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind

*Masaki N Nishino[1,2]、Yoshifumi Saito[2]、Kazuo Shiokawa[1]、Masaki Fujimoto[2] (1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、2.JAXA/ISAS)

[PEM11-P03] New perspectives on coupling processes in solar-terrestrial system obtained by comprehensive data analysis

*田中 良昌[1]、梅村 宜生[2]、阿部 修司[3]、上野 悟[4]、能勢 正仁[2]、中川 裕美[5] (1.国立極地研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター、4.京都大学大学院理学研究科附属天文台、5.茨城大学大学院理工学研究科宇宙地球システム科学専攻)

[PEM11-P04] 磁気圏電離圏対流と磁場構造の相互作用

*藤田 茂[1]、田中 高史[2]、渡辺 正和[2] (1.気象庁気象大学校/国立極地研究所、2.九州大学)

[PEM11-P05] Effects of the dipole tilt and the interplanetary magnetic field Bx component on the dawn-dusk and interhemispheric asymmetries of the interchange convection cycle

*渡辺 正和[1,2]、田中 高史[2]、藤田 茂[3,4] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.気象大学校、4.国立極地研究所)

[PEM11-P06] Transient polar ionospheric convection response to negative dynamic pressure pulse

*Jianjun Liu[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P07] アクティブ電離圏：磁力線双極子化の別の視点

*坂 翁介[1] (1.オフィス　ジオフィジク)

[PEM11-P08] Toward the automatic identification of FLR signals in the SuperDARN data by using the gradient method

*河野 英昭[1,2]、行松 彰[3,4]、西谷 望[5]、田中 良昌[3,4]、才田 聡子[6]、堀 智昭[5] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所、6.北九州工業高等専門学校)

[PEM11-P09] A statistical study of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere using Swarm magnetic field data

*Park Jaehee[1]、Khan-Hyuk Kim[1]、Junga Hwang[2] (1.School of Space Research, Kyung Hee University, Gyeonggi, South Korea、2.Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon,South Korea)

[PEM11-P10] MAGDAS9システムの10Hzデータによる，Pc1-2脈動の全球分布特性解明

*樺澤 大生[1]、吉川 顕正[1]、魚住 禎司[1]、藤本 晶子[1]、阿部 修司[1] (1.九州大学)

[PEM11-P11] 地球磁気圏尾部における磁気リコネクション境界領域の直接観測

*荒木 瑞穂[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.宇宙科学研究所)

[PEM11-P12] Flow speed dependence of ion temperature, electron temperature, and their ratio in the near-Earth magnetotail reconnection region

*渡邊 香里[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]、北村 成寿[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P13] **Examining Minimum Cyclotron Resonant Electron Energy of EMIC Waves with MMS**

*Si Liu[1] (1.Changsha University of Science and Technology)

[PEM11-P14] 磁気圏シース領域のミラー構造内の磁場極小付近での小スケールのホイッスラーモード波動

*北村 成寿[1]、天野 孝伸[1]、大村 善治[2]、中村 紗都子[2]、梅垣 千賀[1]、Boardsen Scott[3,4]、Ahmadi Narges[5]、Ergun Robert[5]、Le Contel Olivier[6]、Lindqvist Per-Arne[7]、斎藤 義文[8]、横田 勝一郎[9]、Gershman Daniel[3]、Giles Barbara[3]、Moore Thomas[3]、Paterson William[3]、Pollock Craig[10]、Russell Christopher[11]、Strangeway Robert[11]、Burch James[12] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学 生存圏研究所、3.NASAゴダード宇宙飛行センター、4.メリーランド大学、5.コロラド大学 大気宇宙物理研究所、6.フランス国立科学研究センター プラズマ物理学研究所、7.スウェーデン王立工科大学、8.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、9.大阪大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、10.デナリサイエンティフィック、11.カリフォルニア大学ロサンゼルス校 地球惑星物理学専攻、12.サウスウェスト研究所)

[PEM11-P15] Spatial characteristics of the internal modulation of pulsating aurora: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*川村 勇貴[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、江袋 叡[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院 情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報・システム研究機構)

[PEM11-P16] **Large-scale characteristics of pulsating aurora periodicities:multi-point high-speed optical observations in Scandinavia**

*江袋 叡[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3,5]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、川村 勇貴[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報•システム研究機構、5.オウル大学)

[PEM11-P17] Variations of cosmic noise absorption (CNA) by energetic electron precipitation (EEP) and changes of the auroral morphology

*宮本 太志朗[1]、大山 伸一郎[1,4,5]、小川 泰信[2]、細川 敬祐[3]、栗田 怜[1]、三好 由純[1]、片岡 龍峰[2]、宮岡 宏[2]、Raita Tero[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu、5.Ionosphere Research Unit, University of Oulu)

[PEM11-P18] Spatiotemporal characteristics on the source region of flash aurora using ray tracing analysis

*井上 智寛[1]、尾崎 光紀[1]、後藤 由貴[1]、八木谷 聡[1]、笠原 禎也[1]、塩川 和夫[2]、三好 由純[2]、片岡 龍峰[3]、海老原 祐輔[4] (1.金沢大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.京都大学)

[PEM11-P19] Molecular ion supply mechanisms from the low-altitude ionosphere to magnetosphere observed by EISCAT and Arase(ERG)

*高田 雅康[1]、関 華奈子[1]、小川 泰信[2]、桂華 邦裕[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、堀 智昭[7]、浅村 和史[6]、三好 由純[7] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立極地研究所、3.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4.東京大学、5.大阪大学・理学研究科、6.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、7.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P20] Optical and radar observation of the dynamic auroral forms

*長房 勇之介[1]、Tima Sergienko[2]、田口 聡[1]、Urban Braendstroem[2]、山内 正敏[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.スウェーデン国立宇宙物理研究所)

[PEM11-P21] Observations of MF/HF auroral radio emissions at three ground-based stations

*佐藤 由佳[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、門倉 昭[3,4]、小川 泰信[3,4]、新堀 淳樹[5] (1.日本工業大学、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P22] **Ionospheric F-region Drift Measurements Derived from DPS-4D at Zhongshan Station, Antarctic**

*Xiangcai Chen[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P23] 観測機器パッケージPARM-HEPによる脈動オーロラ現象に伴う高エネルギー降り込み電子の観測

*滑川 拓[1]、三谷 烈史[2]、浅村 和史[2]、斎藤 義文[2] (1.東京大学・理学系研究科・地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P24] 半球視野の中間エネルギー電子検出器の開発と PARM（Pulsating AuRora and Microburst）ミッションにおける飛行試験

*菅生 真[1]、川島 桜也[1]、浅村 和史[2]、野村 麗子[3]、小川 泰信[4]、細川 敬祐[5]、三好 由純[6]、三谷 烈史[2]、滑川 拓[1,2]、坂野井 健[7]、吹澤 瑞貴[7]、八木 直志[7]、笠原 慧[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台、4.国立極地研究所、5.電気通信大学大学院情報理工学研究科、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東北大学)

[PEM11-P25] オーロラ爆発の衛星画像と地上画像における相違

*家田 章正[1]、Kirsti Kauristie[2]、西村 幸敏[3]、宮下 幸長[4]、Frey Harald[5]、Juusola Liisa[2]、Whiter Daniel[6]、能勢 正仁[7]、Fillingim Matthew[5]、Honary Farideh[8]、Rogers Neil[8]、三好 由純[1]、町田 忍[1] (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所、

2.Finnish Meteorological Institute、3.Boston University、4.韓国天文研究院、5.University of California Berkeley、6.University of Southampton、7.京都大学理学研究科、8.Lancaster University)

[PEM11-P26] Automatic Classification of Auroral images using optical flow feature

*柏木 直人[1]、藤本 晶子[1]、Tokunaga Terumasa[1]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、細川 敬祐[4] (1.九州工業大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.電気通信大学)

[PEM11-P27] Fine-scale visualization of aurora in a wide area using color digital camera images from the International Space Station

*南條 壮汰[1]、穂積 裕太[1]、細川 敬祐[1] (1.電気通信大学)

[PEM11-P28] X線衛星によるジオスペース撮像計画：GEO-X

*三好 由純[1]、江副 祐一郎[2]、笠原 慧[3]、松本 洋介[4]、石川 久美[5]、片岡 龍峰[6]、伊藤 大輝[1]、伊師 大貴[2]、沼澤 正樹[2]、山崎 敦[5]、長谷川 洋[5]、藤本 正樹[5]、満田 和久[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.首都大学東京、3.東京大学、4.千葉大学、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.国立極地研究所)

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

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

[P-EM11] Dynamics of Magnetosphere and Ionosphere

コンビーナ:中溝 葵(情報通信研究機構　電磁波研究所)、尾崎 光紀(金沢大学理工研究域電子情報学系)、藤本 晶子(九州工業大学)、堀 智昭(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P01] Effects of Inclination/Rotation of Earth's Magnetic Axis on Magnetosphere Simulated by Global MHD Model

*中溝 葵[1] (1.情報通信研究機構　電磁波研究所)

[PEM11-P02] Asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind

*Masaki N Nishino[1,2]、Yoshifumi Saito[2]、Kazuo Shiokawa[1]、Masaki Fujimoto[2] (1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、2.JAXA/ISAS)

[PEM11-P03] New perspectives on coupling processes in solar-terrestrial system obtained by comprehensive data analysis

*田中 良昌[1]、梅村 宜生[2]、阿部 修司[3]、上野 悟[4]、能勢 正仁[2]、中川 裕美[5] (1.国立極地研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター、4.京都大学大学院理学研究科附属天文台、5.茨城大学大学院理工学研究科宇宙地球システム科学専攻)

[PEM11-P04] 磁気圏電離圏対流と磁場構造の相互作用

*藤田 茂[1]、田中 高史[2]、渡辺 正和[2] (1.気象庁気象大学校/国立極地研究所、2.九州大学)

[PEM11-P05] Effects of the dipole tilt and the interplanetary magnetic field Bx component on the dawn-dusk and interhemispheric asymmetries of the interchange convection cycle

*渡辺 正和[1,2]、田中 高史[2]、藤田 茂[3,4] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.気象大学校、4.国立極地研究所)

[PEM11-P06] Transient polar ionospheric convection response to negative dynamic pressure pulse

*Jianjun Liu[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P07] アクティブ電離圏：磁力線双極子化の別の視点

*坂 翁介[1] (1.オフィス　ジオフィジク)

[PEM11-P08] Toward the automatic identification of FLR signals in the SuperDARN data by using the gradient method

*河野 英昭[1,2]、行松 彰[3,4]、西谷 望[5]、田中 良昌[3,4]、才田 聡子[6]、堀 智昭[5] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所、6.北九州工業高等専門学校)

[PEM11-P09] A statistical study of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere using Swarm magnetic field data

*Park Jaehee[1]、Khan-Hyuk Kim[1]、Junga Hwang[2] (1.School of Space Research, Kyung Hee University, Gyeonggi, South Korea、2.Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon,South Korea)

[PEM11-P10] MAGDAS9システムの10Hzデータによる，Pc1-2脈動の全球分布特性解明

*樺澤 大生[1]、吉川 顕正[1]、魚住 禎司[1]、藤本 晶子[1]、阿部 修司[1] (1.九州大学)

[PEM11-P11] 地球磁気圏尾部における磁気リコネクション境界領域の直接観測

*荒木 瑞穂[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.宇宙科学研究所)

[PEM11-P12] Flow speed dependence of ion temperature, electron temperature, and their ratio in the near-Earth magnetotail reconnection region

*渡邊 香里[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]、北村 成寿[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P13] **Examining Minimum Cyclotron Resonant Electron Energy of EMIC Waves with MMS**

*Si Liu[1] (1.Changsha University of Science and Technology)

[PEM11-P14] 磁気圏シース領域のミラー構造内の磁場極小付近での小スケールのホイッスラーモード波動

*北村 成寿[1]、天野 孝伸[1]、大村 善治[2]、中村 紗都子[2]、梅垣 千賀[1]、Boardsen Scott[3,4]、Ahmadi Narges[5]、Ergun Robert[5]、Le Contel Olivier[6]、Lindqvist Per-Arne[7]、斎藤 義文[8]、横田 勝一郎[9]、Gershman Daniel[3]、Giles Barbara[3]、Moore Thomas[3]、Paterson William[3]、Pollock Craig[10]、Russell Christopher[11]、Strangeway Robert[11]、Burch James[12] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学 生存圏研究所、3.NASAゴダード宇宙飛行センター、4.メリーランド大学、5.コロラド大学 大気宇宙物理研究所、6.フランス国立科学研究センター プラズマ物理学研究所、7.スウェーデン王立工科大学、8.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、9.大阪大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、10.デナリサイエンティフィック、11.カリフォルニア大学ロサンゼルス校 地球惑星物理学専攻、12.サウスウェスト研究所)

[PEM11-P15] Spatial characteristics of the internal modulation of pulsating aurora: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*川村 勇貴[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、江袋 叡[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院 情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報・システム研究機構)

[PEM11-P16] **Large-scale characteristics of pulsating aurora periodicities:multi-point high-speed optical observations in Scandinavia**

*江袋 叡[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3,5]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、川村 勇貴[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報•システム研究機構、5.オウル大学)

[PEM11-P17] Variations of cosmic noise absorption (CNA) by energetic electron precipitation (EEP) and changes of the auroral morphology

*宮本 太志朗[1]、大山 伸一郎[1,4,5]、小川 泰信[2]、細川 敬祐[3]、栗田 怜[1]、三好 由純[1]、片岡 龍峰[2]、宮岡 宏[2]、Raita Tero[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu、5.Ionosphere Research Unit, University of Oulu)

[PEM11-P18] Spatiotemporal characteristics on the source region of flash aurora using ray tracing analysis

*井上 智寛[1]、尾崎 光紀[1]、後藤 由貴[1]、八木谷 聡[1]、笠原 禎也[1]、塩川 和夫[2]、三好 由純[2]、片岡 龍峰[3]、海老原 祐輔[4] (1.金沢大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.京都大学)

[PEM11-P19] Molecular ion supply mechanisms from the low-altitude ionosphere to magnetosphere observed by EISCAT and Arase(ERG)

*高田 雅康[1]、関 華奈子[1]、小川 泰信[2]、桂華 邦裕[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、堀 智昭[7]、浅村 和史[6]、三好 由純[7] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立極地研究所、3.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4.東京大学、5.大阪大学・理学研究科、6.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、7.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P20] Optical and radar observation of the dynamic auroral forms

*長房 勇之介[1]、Tima Sergienko[2]、田口 聡[1]、Urban Braendstroem[2]、山内 正敏[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.スウェーデン国立宇宙物理研究所)

[PEM11-P21] Observations of MF/HF auroral radio emissions at three ground-based stations

*佐藤 由佳[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、門倉 昭[3,4]、小川 泰信[3,4]、新堀 淳樹[5] (1.日本工業大学、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P22] **Ionospheric F-region Drift Measurements Derived from DPS-4D at Zhongshan Station, Antarctic**

*Xiangcai Chen[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P23] 観測機器パッケージPARM-HEPによる脈動オーロラ現象に伴う高エネルギー降り込み電子の観測

*滑川 拓[1]、三谷 烈史[2]、浅村 和史[2]、斎藤 義文[2] (1.東京大学・理学系研究科・地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P24] 半球視野の中間エネルギー電子検出器の開発と PARM（Pulsating AuRora and Microburst）ミッションにおける飛行試験

*菅生 真[1]、川島 桜也[1]、浅村 和史[2]、野村 麗子[3]、小川 泰信[4]、細川 敬祐[5]、三好 由純[6]、三谷 烈史[2]、滑川 拓[1,2]、坂野井 健[7]、吹澤 瑞貴[7]、八木 直志[7]、笠原 慧[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台、4.国立極地研究所、5.電気通信大学大学院情報理工学研究科、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東北大学)

[PEM11-P25] オーロラ爆発の衛星画像と地上画像における相違

*家田 章正[1]、Kirsti Kauristie[2]、西村 幸敏[3]、宮下 幸長[4]、Frey Harald[5]、Juusola Liisa[2]、Whiter Daniel[6]、能勢 正仁[7]、Fillingim Matthew[5]、Honary Farideh[8]、Rogers Neil[8]、三好 由純[1]、町田 忍[1] (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所、

2.Finnish Meteorological Institute、3.Boston University、4.韓国天文研究院、5.University of California Berkeley、6.University of Southampton、7.京都大学理学研究科、8.Lancaster University)

[PEM11-P26] Automatic Classification of Auroral images using optical flow feature

*柏木 直人[1]、藤本 晶子[1]、Tokunaga Terumasa[1]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、細川 敬祐[4] (1.九州工業大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.電気通信大学)

[PEM11-P27] Fine-scale visualization of aurora in a wide area using color digital camera images from the International Space Station

*南條 壮汰[1]、穂積 裕太[1]、細川 敬祐[1] (1.電気通信大学)

[PEM11-P28] X線衛星によるジオスペース撮像計画：GEO-X

*三好 由純[1]、江副 祐一郎[2]、笠原 慧[3]、松本 洋介[4]、石川 久美[5]、片岡 龍峰[6]、伊藤 大輝[1]、伊師 大貴[2]、沼澤 正樹[2]、山崎 敦[5]、長谷川 洋[5]、藤本 正樹[5]、満田 和久[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.首都大学東京、3.東京大学、4.千葉大学、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.国立極地研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM11] Dynamics of Magnetosphere and Ionosphere

コンビーナ:中溝 葵(情報通信研究機構　電磁波研究所)、尾崎 光紀(金沢大学理工研究域電子情報学系)、藤本 晶子(九州工業大学)、堀 智昭(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:長谷川 洋(宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

15:30 ~ 15:45

[PEM11-01] **A Case Study Based on Ground Observations of the Conjugate Ionospheric Response to Interplanetary Shock in Polar Regions**

*He Fang[1]、Zejun HU[1]、Hongqiao HU[1] (1.Polar Research Institute of China)

15:45 ~ 16:00

[PEM11-02] **Effects of Solar Illumination on the Auroral Electrojet Intensity**

*Shinichi Ohtani[1]、Jesper W Gjerloev[1] (1.The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

16:00 ~ 16:15

[PEM11-03] Quasi-persistent multiple mesoscale field-aligned currents in the duskside auroral oval

*横山 佳弘[1]、田口 聡[1]、家森 俊彦[2]、細川 敬祐[3] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.京都大学、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科)

16:15 ~ 16:30

[PEM11-04] Generation of dispersive Alfvenic turbulence in magnetosphere-ionosphere feedback coupling

*渡邉 智彦[1]、兼山 将寿[1]、前山 伸也[1] (1.名古屋大学大学院理学研究科)

16:30 ~ 16:45

[PEM11-05] Aspects of simulating magnetosphere-ionosphere coupling via field-aligned current

*Astrid I Maute[1]、Arthur D Richmond[1]、Gang Lu[1] (1.High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research, Boulder CO, 80301, USA)

16:45 ~ 17:00

[PEM11-06] **Revisiting the energy conversion process of Birkeland current generation**

*吉川 顕正[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

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

9:00 ~ 10:30 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

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

9:00 ~ 9:15

[PEM13-11] Nonlinear Damping of Oblique Whistler Mode Waves Via Landau Resonance

*謝 怡凱[1]、大村 善治[1] (1.京都大学生存圏研究所)

9:15 ~ 9:30

[PEM13-12] Instantaneous Frequency Analysis on Nonlinear EMIC Emissions: Arase Observation

*小路 真史[1]、三好 由純[1]、大村 善治[2]、Kistler Lynn[1,3]、笠羽 康正[4]、松田 昇也[5]、笠原 禎也[6]、松岡 彩子[5]、野村 麗子[7]、石坂 圭吾[8]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、八木谷 聡[6]、寺本 万里子[1]、浅村 和史[5]、高島 健[5]、篠原 育[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.京都大学生存圏研究所、3.Institute for the Study of Earth Oceans and Space, University of New Hampshire、4.東北大学、5.宇宙科学研究所、6.金沢大学、7.国立天文台、8.富山県立大学)

9:30 ~ 9:45

[PEM13-13] Rapid Precipitation by EMIC Rising-tone Emissions of Relativistic Electrons Observed by the Van Allen Probes Mission

*中村 紗都子[1]、大村 善治[1]、Craig Kletzing[2]、Daniel Baker[3] (1.京都大学生存圏研究所、2.Department of Physics and Astronomy University of Iowa 、3.The Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LASP) at the University of Colorado)

9:45 ~ 10:00

[PEM13-14] Plasmaspheric EMIC waves excited through mode conversion from equatorial noise under existence of M/Q=2 ions

*三好 由純[1]、松田 昇也[2]、栗田 怜[1]、野村 浩司[1]、桂華 邦裕[3]、小路 真史[1]、北村 成寿[3]、笠原 禎也[4]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2]、塩川 和夫[1]、町田 忍[1]、Santolik Ondrej[5]、Boardsen Scott[6]、Horne Richard[7]、John Wygant[8] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.東京大学、4.金沢大学、5.チェコ科学アカデミー、6.NASA、7.British Antarctic Survey、8.ミネソタ大学)

10:00 ~ 10:15

[PEM13-15] Generation Mechanism of Non-thermal Continuum Radiation

*大村 善治[1]、Horky Miroslav[1,2] (1.京都大学生存圏研究所、2.Department of Space Physics, Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences)

10:15 ~ 10:30

[PEM13-16] Influence of kappa distributions on the sweep rate of whistler mode chorus waves

*Danny Summers[1] (1.Memorial University of Newfoundland)

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

10:45 ~ 12:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

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

10:45 ~ 11:05

[PEM13-17] The Impacts of Substorms on the Ring Current

★Invited Papers

*Jasmine Kaur Sandhu[1]、I. J. Rae[1]、M. Gkioulidou[2]、C. Forsyth[1]、G. D. Reeves[3]、M. P. Freeman[4]、K. R. Murphy[5]、M.-T. Walach[6]、H. E. Spence[7] (1.Mullard Space Science Laboratory, University College London, UK.、2.Applied Physics Laboratory, John Hopkins University, USA.、3.Los Alamos National Laboratory, USA.、4.British Antarctic Survey, UK.、5.University of Maryland, USA.、6.Lancaster University, UK.、7.University of New Hampshire, USA.)

11:05 ~ 11:25

[PEM13-18] Dipolarization in the Inner Magnetosphere: Comparison between Geosynchronous Orbit and Further Inside

★Invited Papers

*Shinichi Ohtani[1]、Tetsuo Motoba[1]、Matina Gkioulidou[1]、Kazue Takahashi[1] (1.The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

11:25 ~ 11:40

[PEM13-19] **Substorm-associated particle injection near/at geosynchronous orbit: Observations from ERG and GOES**

*Tzu-Fang Chang[1,2]、Chio-Zong Cheng[2]、Sunny Wing-Yee Tam[2]、Chih-Yu Chiang[2]、Yoshizumi Miyoshi[1]、Tomoaki Hori[1]、Takefumi Mitani[3]、Takeshi Takashima[3]、Ayako Matsuoka[3]、Mariko Teramoto[1]、Iku Shinohara[3] (1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan、2.Institute of Space and Plasma Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan、3.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Japan)

11:40 ~ 11:55

[PEM13-20] Substorm -like energetic electron injection observed at the plasma sheet boundary in the inner magnetosphere

*篠原 育[1]、長井 嗣信[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、笠原 慧[3]、風間 洋一[4]、Wang Shiang-Yu[4]、Tam Sunny[5]、松岡 彩子[1]、浅村 和史[1]、横田 勝一郎[6]、高島 健[1]、三好 由純[7] (1.宇宙航空研究開発機構／宇宙科学研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.東京大学、4.ASIAA、5.国立成功大学、6.大阪大学、7.名古屋大学／宇宙地球環境研究所)

11:55 ~ 12:10

[PEM13-21] Magnetic field disturbances associated with the magnetic dipolarization observed by Arase (ERG) in the inner magnetosphere

*松岡 彩子[1]、能勢 正仁[2]、三好 由純[2]、篠原 育[1]、寺本 万里子[2]、野村 麗子[3]、藤本 晶子[4]、田中 良昌[5]、篠原 学[6]、笠原 禎也[7]、笠羽 康正[8]、石坂 圭吾[9]、松田 昇也[1]、小路 真史[2]、中川 朋子[10]、Kazama Yoichi[11]、Wang Shiang-Yu[11]、笠原 慧[12]、横田 勝一郎[13]、三谷 烈史[1] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.国立天文台　RISE月惑星探査検討室、4.九州工業大学　情報工学部、5.国立極地研究所、6.鹿児島工業高等専門学校、7.金沢大学　総合メディア基盤センター、8.東北大学　惑星プラズマ・大気研究センター、9.富山県立大学 工学部、10.東北工業大学　工学部、11.台湾中央研究院、12.東京大学　大学院理学系研究科、13.大阪大学　大学院理学研究科)

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

13:45 ~ 15:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

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

13:45 ~ 14:05

[PEM13-22] Statistical Property of Long Lasting Poloidal Pc 4-5 Waves and Relation with Particle Dynamics in the Inner Magnetosphere: Van Allen Probes Observations

★Invited Papers

*山本 和弘[1]、能勢 正仁[2]、桂華 邦裕[3]、Charles Smith[4]、Robert MacDowall[5]、Donald Mitchell[6]、Hyomin Kim[7]、John Wygant[8] (1.京都大学大学院理学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.東京大学理学系研究科、4.Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire、5.Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center、6.The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory、7.Center for Solar‐Terrestrial Research, New Jersey Institute of Technology、8.School of Physics and Astronomy, University of Minnesota)

14:05 ~ 14:25

[PEM13-23] Subauroral Polarization Streams: Indication of Magnetosphere–Ionosphere Coupling

★Invited Papers

*Fei He[1,2,3]、Xiao-Xin Zhang[4]、Wenbin Wang[5]、Zhonghua Yao[1,2,3]、Yong Wei[1,2,3]、Zhi-Peng Ren[1,2,3]、Xinan Yue[1,2,3]、Weixing Wan[1,2,3] (1.Institute of Geology & Geophysics, CAS、2.Institutions of Earth Science, CAS、3.College of Earth and Planetary Sciences, UCAS、4.National Center for Space Weather, CMA、5.High Altitude Observatory, NCAR)

14:25 ~ 14:40

[PEM13-24] Simultaneous Arase-ground observations of a purple and green auroral arc

*塩川 和夫[1]、能勢 正仁[1]、土屋 智[1]、高木 佑基[1]、今城 峻[1]、田中 良昌[2]、三好 由純[1]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、Shiang-Yu Wang[4]、Sunny W. Y. Tam[4]、浅村 和史[5]、笠原 慧[6]、横田 勝一郎[7]、堀 智昭[1]、桂華 邦裕[6]、松岡 彩子[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所、3.電気通信大学、4.国立成功大学、5.JAXA宇宙科学研究所、6.東京大学、7.大阪大学)

14:40 ~ 14:55

[PEM13-25] Multiple Satellite Observations of Oxygen Torus in the Inner Magnetosphere

*能勢 正仁[1]、松岡 彩子[2]、熊本 篤志[3]、笠原 禎也[4]、Goldstein J[5,6]、寺本 万里子[1]、土屋 史紀[3]、松田 昇也[2]、小路 真史[1]、今城 峻[1]、生松 聡[7]、山本 和弘[7]、尾花 由紀[8]、野村 麗子[9]、藤本 晶子[10]、篠原 育[2]、三好 由純[1]、Kurth S[11]、Kletzing C[11]、Smith C[12]、MacDowall R[13] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.金沢大学総合メディア基盤センター、5.Space Science and Engineering Division, Southwest Research Institute、6.University of Texas at San Antonio、7.京都大学大学院理学研究科、8.大阪電気通信大学工学部、9.国立天文台、10.九州工業大学、11.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、12.Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire、13.Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center)

14:55 ~ 15:10

[PEM13-26] Study of characteristics of storm-time Pc5 ULF waves excited by the drift-bounce resonance with ring current ions based on the global drift-kinetic simulation

*山川 智嗣[1]、関 華奈子[1]、天野 孝伸[1]、三好 由純[2]、高橋 直子[1] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

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

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

[P-EM13] 内部磁気圏

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

[PEM13-P01] **Evaluation of wave normal and Poynting vector analyses for whistler mode waves observed by the waveform capture (WFC) on board the Arase**

*笠原 禎也[1]、五十嵐 智[1]、西澤 宏幸[1]、松田 昇也[2]、土屋 史紀[3]、熊本 篤志[3]、笠羽 康正[3]、尾崎 光紀[1]、松岡 彩子[2] (1.金沢大学、2.宇宙科学研究所、3.東北大学)

[PEM13-P02] Arase衛星S-WPIA解析におけるプラズマ波動電界較正に関する評価

*三木 淳平[1]、小嶋 浩嗣[2]、加藤 雄人[3]、松田 昇也[4]、笠原 禎也[5]、疋島 充[4]、栗田 怜[6]、北原 理弘[3]、笠原 慧[7]、三好 由純[6]、熊本 篤志[3]、松岡 彩子[4]、横田 勝一郎[8]、堀 智昭[6]、桂華 邦裕[7] (1.京都大学大学院工学研究科電気工学専攻宇宙工学分野、2.京都大学生存圏研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.JAXA・宇宙科学研究所、5.金沢大学・総合メディア基盤センター、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東京大学大学院理学研究科、8.大阪大学理学研究科)

[PEM13-P03] Pc4-5帯ULF波動と同期したホイッスラーモード・コーラス放射の発生と高エネルギー電子との対応について

*大野 敦裕[1]、加藤 雄人[1]、熊本 篤志[1]、土屋 史紀[1]、寺本 万里子[2]、笠原 禎也[3]、松田 昇也[4]、松岡 彩子[4]、三谷 烈史[4]、堀 智昭[2]、笠原 慧[5]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[5]、三好 由純[2]、篠原 育[4] (1.東北大学、2.名古屋大学、3.金沢大学、4.宇宙科学研究所、5.東京大学、6.大阪大学)

[PEM13-P04] Sudden enhancements of electron cyclotron harmonic waves observed by the Arase satellite

*新城 藍里[1]、小嶋 浩嗣[1]、笠原 禎也[2]、風間 洋一[3]、臼井 英之[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[6]、松田 昇也[7]、堀 智昭[5]、S. Wang[8]、Sunny Tam[9]、熊本 篤志[10]、松岡 彩子[11] (1.京都大学生存圏研究所、2.金沢大学総合メディア基盤センター 、3.ASIAA、4.神戸大学 大学院 システム情報学研究科 、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所 、6.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター 、7.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 、8.台湾・中央研究院、9.台湾・成大・宇宙プラズマ、10.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、11.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系)

[PEM13-P05] Correlation between pulsating aurora and electrostatic electron cyclotron harmonic waves obtained from coordinated Arase and ground data

*吹澤 瑞貴[1]、坂野井 健[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、笠原 禎也[5]、松田 昇也[6]、松岡 彩子[7]、Wang Shiang-Yu[4]、Sunny Tam[8]、片岡 龍峰[9] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.中央研究院天文及天文物理研究所、5.金沢大学総合メディア基盤センター、6.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、7.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、8.國立成功大學 太空與電漿科學研究所、9.国立極地研究所)

[PEM13-P06] Automatic determination of Upper Hybrid Resonance Frequencies by Convolutional Neural Network.

*松田 昇也[1]、長谷川 達人[2]、熊本 篤志[3]、土屋 史紀[3]、笠原 禎也[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[3]、松岡 彩子[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.福井大学、3.東北大学、4.金沢大学、5.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P07] Amplitude dependence of whistler wave motion on electron scattering process

*伊藤 義起[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P08] Two-dimensional simulation of whistler mode wave packets interacting with energetic electrons

*野儀 武志[1]、大村 善治[1] (1.京都大学 生存圏研究所)

[PEM13-P09] Relativistic electron acceleration by whistler-mode chorus waves in 1D, 2D, and 3D magnetic field models.

*高橋 渓太[1]、大村 善治[1]、謝 怡凱[1]、Summers Danny[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランド記念大学数理統計学科)

[PEM13-P10] Study of global spatio-temporal development of magnetospheric ELF/VLF waves for the 26-30 March 2017 storm based on ground and satellite observations and the RAM simulations

*竹下 祐平[1]、塩川 和夫[1]、三好 由純[1]、尾崎 光紀[2]、笠原 禎也[2]、Martine Connors[3]、Jyrki Manninen[4]、Craig Kletzing[5]、Vania Jordanova[6] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.金沢大学、3.アサバスカ大学、4.ソダンキュラ地球物理観測所、5.アイオワ大学、6.ロスアラモス国立研究所)

[PEM13-P11] Flux decrease of outer radiation belt electrons associated with solar wind pressure pulse: A Code coupling simulation of GEMSIS-RB and GEMSIS-GM

*伊藤 大輝[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[2]、松本 洋介[3]、天野 孝伸[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院理学研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.東京大学 地球惑星科学専攻東京大学 地球惑星科学専攻)

[PEM13-P12] Non-diffusive response of outer belt electrons on interplanetary shock

登石 拓磨[1]、*海老原 祐輔[1]、田中 高史[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.九州大学)

[PEM13-P13] PARM：観測ロケットG-CHASER(RockSat-XN)搭載オーロラカメラの開発と観測結果およびLAMPロケット実験搭載カメラ開発状況

*八木 直志[1]、坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、浅村 和史[2]、三好 由純[3]、細川 敬祐[4]、石澤 元気[5] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.電気通信大学大学院情報理工学研究科、5.東北大学大学院理学研究科宇宙地球電磁気学分野)

[PEM13-P14] 地上全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによるサブオーロラ帯のSARアークの初めての同時観測

*稲葉 裕大[1]、塩川 和夫[1]、大山 伸一郎[1,8,9]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、風間 洋一[2]、Shiang-Yu Wang[2]、Sunny W. Y. Tam[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 慧[4]、桂華 邦裕[4]、堀 智昭[1]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、熊本 篤志[7]、笠羽 康正[7]、三好 由純[1]、篠原 育[5]、Arto Oksanen[10] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.Academia Sinica、3.大阪大、4.東京大、5.JAXA、6.金沢大、7.東北大、8.University of Oulu, Finland、9.国立極地研究所、10.Jyväskylän Sirius ry, Finland)

[PEM13-P15] Pi2 pulsations observed by the Arase satellite inside and outside the plasmapause

*寺本 万里子[1]、松岡 彩子[2]、野村 麗子[5]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、松田 昇也[2]、能勢 正仁[1]、小路 真史[1]、津川 靖基[1]、今城 峻[1]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.金沢大学、4.東北大学、5.国立天文台)

[PEM13-P16] An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

*尾花 由紀[1]、丸山 奈緒美[2,3]、新堀 淳樹[4]、橋本 久美子[5]、Fedrizzi Mariangel[2,3]、能勢 正仁[4]、大塚 雄一[4]、西谷 望[4]、堀 智昭[4]、熊本 篤志[6]、土屋 史紀[6]、松田 昇也[7]、松岡 彩子[7]、笠原 禎也[8]、吉川 顕正[9]、三好 由純[4]、篠原 育[7] (1.大阪電気通信大学、2.University of Colorado Boulder、3.NOAA Space Weather Prediction Center、4.名古屋大学、5.吉備国際大学、6.東北大学、7.宇宙航空研究開発機構、8.金沢大学、9.九州大学)

[PEM13-P17] Relative contribution of ULF and chorus waves to the radiation belt variation: Comparison between multi-point observations and BATSRUS + CRCM simulation

*高橋 直子[1]、関 華奈子[1]、Mei-Ching Fok[2]、Yihua Zheng[2]、三好 由純[3]、David Hartley[4]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、笠羽 康正[7]、東尾 奈々[8] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.NASA Goddard Space Flight Center、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.金沢大学総合メディア基盤センター、7.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、8.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P18] Modulation of the D-region ionosphere by Pc5 waves observed by VLF/LF standard radio waves

*宮下 拓也[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3] (1.千葉大学、2.東北大学、3.名古屋大学)

[PEM13-P19] Oxygen-proton differences in ion energies dominating plasma pressure: Dependence on storm phases and solar wind drivers

*桂華 邦裕[1]、笠原 慧[1]、横田 勝一郎[2]、星野 真弘[1]、関 華奈子[1]、能勢 正仁[3]、三好 由純[3]、篠原 育[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.大阪大学大学院理学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

[PEM13-P20] Mass dependence of penetration depth of multi-energy ions in the inner magnetosphere during magnetic storms: Arase observations

*藤井 亮佑[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、浅村 和史[2]、Lynn Kistler[1,8]、Vania Jordanova[9]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、津川 靖基[1]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[4]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[7]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.金沢大学総合メディア基盤センター、4.東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、6.大阪大学・理学研究科、7.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、8.University of New Hampshire、9.Los Alamos National Laboratory)

[PEM13-P21] Relativistic Acceleration of Energetic Protons by Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Jovian Magnetosphere

*関根 友博[1]、大村 善治[1]、Danny Summers[2]、謝 怡凱[1]、中村 紗都子[1] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランドメモリアル大学)

[PEM13-P22] Statistical study of IPDP type EMIC wave-related electron precipitation at subauroral latitude

*平井 あすか[1]、土屋 史紀[1]、小原 隆博[1]、笠羽 康正[1]、加藤 雄人[2]、三澤 浩昭[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]、栗田 怜[3]、Martin Connors[4] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.アサバスカ大学)

[PEM13-P23] Meridional distributions of proton plasma and pressure-driven currents in the nightside inner magnetosphere: Arase observations

*今城 峻[1]、能勢 正仁[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、松岡 彩子[4]、桂華 邦裕[2]、堀 智昭[1]、寺本 万里子[1]、山本 和弘[5]、生松 聡[5]、野村 麗子[6]、藤本 晶子[7]、篠原 育[4]、三好 由純[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.東京大学理学系研究科、3.大阪大学理学研究科、4.宇宙科学研究所、5.京都大学理学研究科、6.国立天文台、7.九州工業大学)

[PEM13-P24] Space Weather Effects on Energetic Proton Flux Response in South Atlantic Anomaly

*Kirolosse Mina GIRGIS[1,2]、Tohru Hada[1]、Shuichi Matsukiyo[1] (1.Earth System Science and Technology (ESST) Department, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences (IGSES), Kyushu University, Japan、2.Aerospace Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt)

[PEM13-P25] Solar-cycle variations of >30 keV electron flux enhancements under the inner radiation belt

*ALLA SUVOROVA[1] (1.National Central University)

[PEM13-P26] Energy spectra variations of high energy electrons in the inner magnetosphere observed by HEP/XEP on ARASE and SEDA-e on HIMAWARI

*高島 健[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、長妻 努[3] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[PEM13-P27] Inter-channel calibration of the high-energy electron experiments (HEP) instrument onboard the Arase satellite

*堀 智昭[1]、三谷 烈史[2]、高島 健[2]、Park Inchun[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、東尾 奈々[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東京大学大学院理学系研究科、5.大阪大学大学院理学研究科)

[PEM13-P28] Particle simulation for calibrating the HEP data onboard the ARASE satellite

*PARK INCHUN[1]、三好 由純[1]、三谷 烈史[2]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、高島 健[2]、東尾 奈々[3]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境科学研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P29] あらせ搭載HEPのGeant4モデル計算と放射線内帯粒子観測

*戸田 穂乃香[1]、三宅 亙[1]、三谷 烈史[3]、高島 健[3]、三好 由純[2]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2] (1.東海大学、2.名古屋大学/ISEE、3.JAXA/ISAS)

[PEM13-P30] Validation of High-energy electron detector simulator for the HEP instruments onboard Arase

*三谷 烈史[1]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]、滑川 拓[1,3]、浅村 和史[1]、高島 健[1]、笠原 慧[3]、栗田 怜[2]、寺本 万里子[2]、東尾 奈々[1]、三好 由純[2]、篠原 育[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.東京大学)

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

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

[P-EM13] 内部磁気圏

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

[PEM13-P01] **Evaluation of wave normal and Poynting vector analyses for whistler mode waves observed by the waveform capture (WFC) on board the Arase**

*笠原 禎也[1]、五十嵐 智[1]、西澤 宏幸[1]、松田 昇也[2]、土屋 史紀[3]、熊本 篤志[3]、笠羽 康正[3]、尾崎 光紀[1]、松岡 彩子[2] (1.金沢大学、2.宇宙科学研究所、3.東北大学)

[PEM13-P02] Arase衛星S-WPIA解析におけるプラズマ波動電界較正に関する評価

*三木 淳平[1]、小嶋 浩嗣[2]、加藤 雄人[3]、松田 昇也[4]、笠原 禎也[5]、疋島 充[4]、栗田 怜[6]、北原 理弘[3]、笠原 慧[7]、三好 由純[6]、熊本 篤志[3]、松岡 彩子[4]、横田 勝一郎[8]、堀 智昭[6]、桂華 邦裕[7] (1.京都大学大学院工学研究科電気工学専攻宇宙工学分野、2.京都大学生存圏研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.JAXA・宇宙科学研究所、5.金沢大学・総合メディア基盤センター、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東京大学大学院理学研究科、8.大阪大学理学研究科)

[PEM13-P03] Pc4-5帯ULF波動と同期したホイッスラーモード・コーラス放射の発生と高エネルギー電子との対応について

*大野 敦裕[1]、加藤 雄人[1]、熊本 篤志[1]、土屋 史紀[1]、寺本 万里子[2]、笠原 禎也[3]、松田 昇也[4]、松岡 彩子[4]、三谷 烈史[4]、堀 智昭[2]、笠原 慧[5]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[5]、三好 由純[2]、篠原 育[4] (1.東北大学、2.名古屋大学、3.金沢大学、4.宇宙科学研究所、5.東京大学、6.大阪大学)

[PEM13-P04] Sudden enhancements of electron cyclotron harmonic waves observed by the Arase satellite

*新城 藍里[1]、小嶋 浩嗣[1]、笠原 禎也[2]、風間 洋一[3]、臼井 英之[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[6]、松田 昇也[7]、堀 智昭[5]、S. Wang[8]、Sunny Tam[9]、熊本 篤志[10]、松岡 彩子[11] (1.京都大学生存圏研究所、2.金沢大学総合メディア基盤センター 、3.ASIAA、4.神戸大学 大学院 システム情報学研究科 、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所 、6.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター 、7.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 、8.台湾・中央研究院、9.台湾・成大・宇宙プラズマ、10.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、11.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系)

[PEM13-P05] Correlation between pulsating aurora and electrostatic electron cyclotron harmonic waves obtained from coordinated Arase and ground data

*吹澤 瑞貴[1]、坂野井 健[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、笠原 禎也[5]、松田 昇也[6]、松岡 彩子[7]、Wang Shiang-Yu[4]、Sunny Tam[8]、片岡 龍峰[9] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.中央研究院天文及天文物理研究所、5.金沢大学総合メディア基盤センター、6.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、7.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、8.國立成功大學 太空與電漿科學研究所、9.国立極地研究所)

[PEM13-P06] Automatic determination of Upper Hybrid Resonance Frequencies by Convolutional Neural Network.

*松田 昇也[1]、長谷川 達人[2]、熊本 篤志[3]、土屋 史紀[3]、笠原 禎也[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[3]、松岡 彩子[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.福井大学、3.東北大学、4.金沢大学、5.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P07] Amplitude dependence of whistler wave motion on electron scattering process

*伊藤 義起[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P08] Two-dimensional simulation of whistler mode wave packets interacting with energetic electrons

*野儀 武志[1]、大村 善治[1] (1.京都大学 生存圏研究所)

[PEM13-P09] Relativistic electron acceleration by whistler-mode chorus waves in 1D, 2D, and 3D magnetic field models.

*高橋 渓太[1]、大村 善治[1]、謝 怡凱[1]、Summers Danny[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランド記念大学数理統計学科)

[PEM13-P10] Study of global spatio-temporal development of magnetospheric ELF/VLF waves for the 26-30 March 2017 storm based on ground and satellite observations and the RAM simulations

*竹下 祐平[1]、塩川 和夫[1]、三好 由純[1]、尾崎 光紀[2]、笠原 禎也[2]、Martine Connors[3]、Jyrki Manninen[4]、Craig Kletzing[5]、Vania Jordanova[6] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.金沢大学、3.アサバスカ大学、4.ソダンキュラ地球物理観測所、5.アイオワ大学、6.ロスアラモス国立研究所)

[PEM13-P11] Flux decrease of outer radiation belt electrons associated with solar wind pressure pulse: A Code coupling simulation of GEMSIS-RB and GEMSIS-GM

*伊藤 大輝[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[2]、松本 洋介[3]、天野 孝伸[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院理学研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.東京大学 地球惑星科学専攻東京大学 地球惑星科学専攻)

[PEM13-P12] Non-diffusive response of outer belt electrons on interplanetary shock

登石 拓磨[1]、*海老原 祐輔[1]、田中 高史[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.九州大学)

[PEM13-P13] PARM：観測ロケットG-CHASER(RockSat-XN)搭載オーロラカメラの開発と観測結果およびLAMPロケット実験搭載カメラ開発状況

*八木 直志[1]、坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、浅村 和史[2]、三好 由純[3]、細川 敬祐[4]、石澤 元気[5] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.電気通信大学大学院情報理工学研究科、5.東北大学大学院理学研究科宇宙地球電磁気学分野)

[PEM13-P14] 地上全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによるサブオーロラ帯のSARアークの初めての同時観測

*稲葉 裕大[1]、塩川 和夫[1]、大山 伸一郎[1,8,9]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、風間 洋一[2]、Shiang-Yu Wang[2]、Sunny W. Y. Tam[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 慧[4]、桂華 邦裕[4]、堀 智昭[1]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、熊本 篤志[7]、笠羽 康正[7]、三好 由純[1]、篠原 育[5]、Arto Oksanen[10] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.Academia Sinica、3.大阪大、4.東京大、5.JAXA、6.金沢大、7.東北大、8.University of Oulu, Finland、9.国立極地研究所、10.Jyväskylän Sirius ry, Finland)

[PEM13-P15] Pi2 pulsations observed by the Arase satellite inside and outside the plasmapause

*寺本 万里子[1]、松岡 彩子[2]、野村 麗子[5]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、松田 昇也[2]、能勢 正仁[1]、小路 真史[1]、津川 靖基[1]、今城 峻[1]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.金沢大学、4.東北大学、5.国立天文台)

[PEM13-P16] An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

*尾花 由紀[1]、丸山 奈緒美[2,3]、新堀 淳樹[4]、橋本 久美子[5]、Fedrizzi Mariangel[2,3]、能勢 正仁[4]、大塚 雄一[4]、西谷 望[4]、堀 智昭[4]、熊本 篤志[6]、土屋 史紀[6]、松田 昇也[7]、松岡 彩子[7]、笠原 禎也[8]、吉川 顕正[9]、三好 由純[4]、篠原 育[7] (1.大阪電気通信大学、2.University of Colorado Boulder、3.NOAA Space Weather Prediction Center、4.名古屋大学、5.吉備国際大学、6.東北大学、7.宇宙航空研究開発機構、8.金沢大学、9.九州大学)

[PEM13-P17] Relative contribution of ULF and chorus waves to the radiation belt variation: Comparison between multi-point observations and BATSRUS + CRCM simulation

*高橋 直子[1]、関 華奈子[1]、Mei-Ching Fok[2]、Yihua Zheng[2]、三好 由純[3]、David Hartley[4]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、笠羽 康正[7]、東尾 奈々[8] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.NASA Goddard Space Flight Center、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.金沢大学総合メディア基盤センター、7.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、8.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P18] Modulation of the D-region ionosphere by Pc5 waves observed by VLF/LF standard radio waves

*宮下 拓也[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3] (1.千葉大学、2.東北大学、3.名古屋大学)

[PEM13-P19] Oxygen-proton differences in ion energies dominating plasma pressure: Dependence on storm phases and solar wind drivers

*桂華 邦裕[1]、笠原 慧[1]、横田 勝一郎[2]、星野 真弘[1]、関 華奈子[1]、能勢 正仁[3]、三好 由純[3]、篠原 育[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.大阪大学大学院理学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

[PEM13-P20] Mass dependence of penetration depth of multi-energy ions in the inner magnetosphere during magnetic storms: Arase observations

*藤井 亮佑[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、浅村 和史[2]、Lynn Kistler[1,8]、Vania Jordanova[9]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、津川 靖基[1]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[4]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[7]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.金沢大学総合メディア基盤センター、4.東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、6.大阪大学・理学研究科、7.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、8.University of New Hampshire、9.Los Alamos National Laboratory)

[PEM13-P21] Relativistic Acceleration of Energetic Protons by Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Jovian Magnetosphere

*関根 友博[1]、大村 善治[1]、Danny Summers[2]、謝 怡凱[1]、中村 紗都子[1] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランドメモリアル大学)

[PEM13-P22] Statistical study of IPDP type EMIC wave-related electron precipitation at subauroral latitude

*平井 あすか[1]、土屋 史紀[1]、小原 隆博[1]、笠羽 康正[1]、加藤 雄人[2]、三澤 浩昭[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]、栗田 怜[3]、Martin Connors[4] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.アサバスカ大学)

[PEM13-P23] Meridional distributions of proton plasma and pressure-driven currents in the nightside inner magnetosphere: Arase observations

*今城 峻[1]、能勢 正仁[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、松岡 彩子[4]、桂華 邦裕[2]、堀 智昭[1]、寺本 万里子[1]、山本 和弘[5]、生松 聡[5]、野村 麗子[6]、藤本 晶子[7]、篠原 育[4]、三好 由純[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.東京大学理学系研究科、3.大阪大学理学研究科、4.宇宙科学研究所、5.京都大学理学研究科、6.国立天文台、7.九州工業大学)

[PEM13-P24] Space Weather Effects on Energetic Proton Flux Response in South Atlantic Anomaly

*Kirolosse Mina GIRGIS[1,2]、Tohru Hada[1]、Shuichi Matsukiyo[1] (1.Earth System Science and Technology (ESST) Department, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences (IGSES), Kyushu University, Japan、2.Aerospace Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt)

[PEM13-P25] Solar-cycle variations of >30 keV electron flux enhancements under the inner radiation belt

*ALLA SUVOROVA[1] (1.National Central University)

[PEM13-P26] Energy spectra variations of high energy electrons in the inner magnetosphere observed by HEP/XEP on ARASE and SEDA-e on HIMAWARI

*高島 健[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、長妻 努[3] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[PEM13-P27] Inter-channel calibration of the high-energy electron experiments (HEP) instrument onboard the Arase satellite

*堀 智昭[1]、三谷 烈史[2]、高島 健[2]、Park Inchun[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、東尾 奈々[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東京大学大学院理学系研究科、5.大阪大学大学院理学研究科)

[PEM13-P28] Particle simulation for calibrating the HEP data onboard the ARASE satellite

*PARK INCHUN[1]、三好 由純[1]、三谷 烈史[2]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、高島 健[2]、東尾 奈々[3]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境科学研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P29] あらせ搭載HEPのGeant4モデル計算と放射線内帯粒子観測

*戸田 穂乃香[1]、三宅 亙[1]、三谷 烈史[3]、高島 健[3]、三好 由純[2]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2] (1.東海大学、2.名古屋大学/ISEE、3.JAXA/ISAS)

[PEM13-P30] Validation of High-energy electron detector simulator for the HEP instruments onboard Arase

*三谷 烈史[1]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]、滑川 拓[1,3]、浅村 和史[1]、高島 健[1]、笠原 慧[3]、栗田 怜[2]、寺本 万里子[2]、東尾 奈々[1]、三好 由純[2]、篠原 育[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.東京大学)

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

9:00 ~ 10:30 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

コンビーナ:大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、津川 卓也(情報通信研究機構)、川村 誠治(国立研究開発法人 情報通信研究機構)、座長:江尻 省(国立極地研究所)、大塚 雄一

9:00 ~ 9:15

[PEM16-01] The model study of ionospheric variations during the solar eclipse event by assimulating the GNSS TEC observations

*陳 佳宏[1]、Lin Charles[1]、Matsuo Tomoko[2] (1.台湾国立成功大学地球科学学科、2.コロラド大学航空宇宙工学)

9:15 ~ 9:30

[PEM16-02] オーロラ領域の加熱に伴う熱圏・電離圏メソスケールダイナミクスの特性

*大井川 智一[1]、品川 裕之[2]、田口 聡[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.国立研究開発法人情報通信研究機構)

9:30 ~ 9:45

[PEM16-03] 極域熱圏風の加速領域の空間分布と二次元観測の重要性

*大山 伸一郎[1,2,3]、Aikio Anita[2]、Conde Mark[4]、Vanhamaki Heikki[2]、Virtanen Ilkka[2]、Ulich Thomas[5]、Brandstrom Urban[6]、Verronen Pekka[7]、Andersson Monika[7]、Kalakoski Niilo[7]、Roininen Lassi[8]、Lasanen Sari[8]、Workayehu Abiyot[2]、塩川 和夫[1]、徐 何秋岑[1]、石井 守[9]、平原 聖文[1]、坂野井 健[10]、鍵谷 将人[10]、Sorri Juha[5]、Teppo Tomi[5]、田中 良昌[3]、Fallen Christopher[4]、Watkins Brenton[4]、Orispaa Mikko[5]、小川 泰信[3]、Cai Lei[11]、Turunen Esa[5]、Kauristie Kirsti[7]、津田 卓雄[12]、栗原 純一[13] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.University of Oulu、3.国立極地研究所、4.Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks、5.Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu、6.The Swedish Institute of Space Physics (IRF)、7.Finnish Meteorological Institute、8.Lappeenranta-Lahti University of Technology、9.情報通信研究機構、10.東北大学、11.KTH Royal Institute of Technology、12.電気通信大学、13.北海道大学)

9:45 ~ 10:00

[PEM16-04] 観測ロケットより超高層大気中に放出したTMAの観測画像を用いた電離圏中性風の解析

*大塚 祐樹[1]、山本 真行[1]、齊藤 大晶[1] (1.高知工科大学)

10:00 ~ 10:15

[PEM16-05] 新HRO干渉計システムにおけるリアルタイム解析手法の確立と流星総合観測の運用試験

*佐藤 匠[1]、武田 誠也[2]、山本 真行[1] (1.高知県公立大学法人高知工科大学、2.株式会社バスキュール)

10:15 ~ 10:30

[PEM16-06] Solar flare effects of the D-region ionosphere using daytime tweek atmospherics

*山野辺 晃大[1]、大矢 浩代[2]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2]、塩川 和夫[3] (1.千葉大学 大学院融合理工学府 基幹工学専攻 電気電子工学コース、2.千葉大学大学院工学研究院、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

コンビーナ:大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、津川 卓也(情報通信研究機構)、川村 誠治(国立研究開発法人 情報通信研究機構)、座長:大塚 雄一、江尻 省(国立極地研究所)

10:45 ~ 11:00

[PEM16-07] ALOS2 ScanSAR InSARによるSporadic-Eイベントの検出へ向けて

*古屋 正人[1]、前田 隼[2]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.北海道大学附属図書館)

11:00 ~ 11:15

[PEM16-08] 高分解能Ca^+ライダーによって観測されたスポラディックE層の微細構造

*江尻 省[1,2]、中村 卓司[1,2]、津田 卓雄[3]、西山 尚典[1,2]、阿保 真[4]、高橋 透[1]、津野 克彦[5]、川原 琢也[6]、小川 貴代[5]、和田 智之[5] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.電気通信大学、4.首都大学東京、5.理化学研究所光量子工学研究センター、6.信州大学工学部)

11:15 ~ 11:30

[PEM16-09] GPS受信機網データを用いた成層圏突然昇温の中規模伝搬性電離圏擾乱への影響の研究

*大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、Abadi Prayitno[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.インドネシア航空宇宙庁、3.情報通信研究機構)

11:30 ~ 11:45

[PEM16-10] 地上磁場観測に見られる津波起因電離層電流の効果：2011年東北地方太平洋沖地震の場合について

*南 拓人[1]、鴨川 仁[2]、小河 勉[1]、上嶋 誠[1]、茂木 透[3]、市原 寛[4] (1.東京大学地震研究所、2.東京学芸大学教育学部物理学科、3.北海道大学大学院工学研究科、4.名古屋大学大学院環境学研究科)

11:45 ~ 12:00

[PEM16-11] 桜島噴火の規模とGPS-TEC変動との相関

*庄子 聖人[1]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、大矢 浩代[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.情報通信研究機構)

12:00 ~ 12:15

[PEM16-12] 地デジ放送波を用いた水蒸気量推定手法の研究開発 -マイクロ波放射計との同時観測-

*花土 弘[1]、川村 誠治[1]、岩井 宏徳[1]、佐藤 晋介[1]、中川 勝広[1]、田尻 拓也[2]、折笠 成宏[2]、小司 禎教[2]、荒木 健太郎[2]、瀬古 弘[2] (1.国立研究開発法人　情報通信研究機構、2.気象庁気象研究所)

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

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

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

コンビーナ:坪内 健(電気通信大学)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、岩井 一正(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)、座長:成行 泰裕、岩井 一正

13:45 ~ 14:00

[PEM18-01] 太陽風磁気ロープ構造解析の問題点：フォースフリーモデル対GS法

*丸橋 克英[1]、久保 勇樹[1]、西村 信彦[2]、徳丸 宗利[2]、Nada Al-Haddad[3] (1.情報通信研究機構、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.アメリカカソリック大学)

14:00 ~ 14:15

[PEM18-02] Validation of estimated interplanetary flux rope axial direction using internal plasma motions: benchmark test

*西村 信彦[1]、徳丸 宗利[1]、丸橋 克英[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.情報通信研究機構)

14:15 ~ 14:30

[PEM18-03] 惑星間空間シンチレーション観測の天空投影図中のCMEの位置に対する視線積分の効果

*徳丸 宗利[1]、藤木 謙一[1]、岩井 一正[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[PEM18-04] 複数衛星解析による地球bow shockにおけるホイッスラーモード波動の波束の空間構造の推定

*梅垣 千賀[1]、天野 孝伸[1]、北村 成寿[1] (1.東京大学)

14:45 ~ 15:00

[PEM18-05] 統計的衝撃波ドリフト加速理論の観測的検証

*天野 孝伸[1]、加藤 拓馬[1]、北村 成寿[1]、岡 光夫[2]、松本 洋介[3]、星野 真弘[1] (1.東京大学 理学系研究科、2.Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley、3.千葉大学 理学研究科)

15:00 ~ 15:15

[PEM18-06] 太陽圏境界領域の動径方向構造

*松清 修一[1]、Gary Zank[2]、鷲見 治一[3]、羽田 亨[1] (1.九州大学大学院総合理工学研究院、2.The Center for Space Plasma and Aeronomic Research, University of Alabama in Huntsville、3.九州大学宇宙天気科学・教育センター)

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

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

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

コンビーナ:坪内 健(電気通信大学)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、岩井 一正(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

[PEM18-P01] チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺における彗星起源イオンの加速過程に対する電場の寄与について

*山岸 和樹[1]、加藤 雄人[1]、木村 智樹[1]、熊本 篤志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[PEM18-P02] 月ウェイク境界における太陽風エネルギーの電磁エネルギーへの変換について

*中川 朋子[1]、綱川 秀夫[2]、斎藤 義文[3] (1.東北工業大学工学部情報通信工学科、2.東京工業大学理学院地球惑星科学系、3.宇宙科学研究所)

[PEM18-P03] 準垂直衝撃波における電子加速の１次元PICシミュレーション

*大塚 史子[1]、松清 修一[2]、岡 光夫[3] (1.久留米高専、2.九大総理工、3.UCバークレー)

[PEM18-P04] 4期にわたる「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布光学観測

*山崎 敦[1]、村上 豪[1]、吉岡 和夫[2]、木村 智樹[3]、土屋 史紀[4]、鍵谷 将人[4]、坂野井 健[4]、寺田 直樹[5]、笠羽 康正[4]、吉川 一朗[6]、ひさき（SPRINT-A） プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.東北大学、4.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科、6.東京大学)

[PEM18-P05] Structural variations in the pickup ion density associated with magnetic reconnection at the heliopause

*坪内 健[1] (1.電気通信大学)

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

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

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

コンビーナ:坪内 健(電気通信大学)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、岩井 一正(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

[PEM18-P01] チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺における彗星起源イオンの加速過程に対する電場の寄与について

*山岸 和樹[1]、加藤 雄人[1]、木村 智樹[1]、熊本 篤志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[PEM18-P02] 月ウェイク境界における太陽風エネルギーの電磁エネルギーへの変換について

*中川 朋子[1]、綱川 秀夫[2]、斎藤 義文[3] (1.東北工業大学工学部情報通信工学科、2.東京工業大学理学院地球惑星科学系、3.宇宙科学研究所)

[PEM18-P03] 準垂直衝撃波における電子加速の１次元PICシミュレーション

*大塚 史子[1]、松清 修一[2]、岡 光夫[3] (1.久留米高専、2.九大総理工、3.UCバークレー)

[PEM18-P04] 4期にわたる「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布光学観測

*山崎 敦[1]、村上 豪[1]、吉岡 和夫[2]、木村 智樹[3]、土屋 史紀[4]、鍵谷 将人[4]、坂野井 健[4]、寺田 直樹[5]、笠羽 康正[4]、吉川 一朗[6]、ひさき（SPRINT-A） プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.東北大学、4.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科、6.東京大学)

[PEM18-P05] Structural variations in the pickup ion density associated with magnetic reconnection at the heliopause

*坪内 健[1] (1.電気通信大学)

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

9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)、座長:武藤 恭之

9:00 ~ 9:15

[PCG24-01] ALMA観測による太陽大気構造の理解

★招待講演

*川手 朋子[1]、岡本 丈典[2]、岩井 一正[3]、増田 智[3]、下条 圭美[2] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.国立天文台、3.名古屋大学)

9:15 ~ 9:30

[PCG24-02] **Multi-thermal structures in a spicule observed with ALMA, IRIS, and AIA/SDO**

*下条 圭美[1]、川手 朋子[2]、岡本 丈典[1]、横山 央明[3] (1.国立天文台、2.宇宙科学研究所、3. 東京大学)

9:30 ~ 9:45

[PCG24-03] ALMA望遠鏡を利用した2018年火星全球ダストストームの観測

青木 翔平[2]、*佐川 英夫[1]、Kazi Rigl[3]、Geronimo L. Villanueva[4]、Bill Dent[5]、前澤 裕之[6]、Severine Robert[2]、中川 広務[7]、Frank Daerden[2]、黒田 剛史[8]、Marco Giuranna[10]、西合 一矢[9]、Michael J. Mumma[4]、笠羽 康正[7]、Ann Carine Vandaele[2] (1.京都産業大学、2.ベルギー宇宙航空研究所、3.イタリア国立電波天文学研究所、4.ゴダード宇宙飛行センター、5.欧州南天天文台アルマ チリ、6.大阪府立大学、7.東北大学、8.情報通信研究機構 統合ビッグデータ研究センター、9.国立天文台チリ観測所、10.イタリア国立宇宙物理学惑星学研究所)

9:45 ~ 10:00

[PCG24-04] 巨大氷惑星のサブミリ波による大気組成制約と熱進化への影響

★招待講演

*黒崎 健二[1]、生駒 大洋[2] (1.名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻、2.東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

10:00 ~ 10:30

[PCG24-05] アルマによる惑星系形成研究

★招待講演

*深川 美里[1] (1.国立天文台)

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

10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)、座長:百瀬 宗武(茨城大学)

10:45 ~ 11:00

[PCG24-06] Probing dust aggregate structure in protoplanetary disks by millimeter-wave polarization

*田崎 亮[1]、田中 秀和[1]、武藤 恭之[2]、片岡 章雅[3]、奥住 聡[4] (1.東北大学、2.工学院大学、3.国立天文台、4.東京工業大学)

11:00 ~ 11:15

[PCG24-07] デブリ円盤のガス観測から、円盤散逸へ制約を与える理論的研究

*小林 浩[1]、岩崎 一成[2,4]、樋口 あや[3] (1.名古屋大学理学研究科、2.国立天文台、3.理研、4.大阪大学)

11:15 ~ 11:30

[PCG24-08] ダスト連続波分布とSEDが示唆する原始星V1094 Sco の原始惑星系円盤の構造

*高橋 実道[1,2]、武藤 恭之[1]、塚越 崇[2]、橋本 淳[2] (1.工学院大学、2.国立天文台)

11:30 ~ 11:45

[PCG24-09] The Synthetic ALMA Multiband Analysis of the Dust Properties of the TW Hya Protoplanetary Disk

*Seongjoong Kim[1]、Hideko Nomura[1]、Takashi Tsukagoshi[2]、Ryohei Kawabe[2,3,4]、Takayuki Muto[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology、2.National Astronomical Observatory of Japan、3.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)、4.Department of Astronomy, School of Science, University of Tokyo、5.Division of Liberal Arts, Kogakuin University)

11:45 ~ 12:00

[PCG24-10] うみへび座TW星周囲のギャップを持つ原始惑星系円盤でのダスト進化

*松浦 孝之[1]、奥住 聡[1] (1.東京工業大学)

12:00 ~ 12:15

[PCG24-11] TW Hyaの原始惑星系円盤に付随する局所的なサブミリ波超過の検出

*塚越 崇[1]、武藤 恭之[2]、野村 英子[3]、川邊 良平[1,4,5]、金川 和弘[9]、奥住 聡[3]、井田 茂[10]、Walsh Catherine[6]、Millar Tom[7]、高橋 実道[2,1]、橋本 淳[8]、鵜山 大智[5]、田村 元秀[5,8] (1.国立天文台電波研究部、2.工学院大学教育推進機構、3.東京工業大学地球惑星科学系、4.総合研究大学院大学、5.東京大学理学系研究科、6.School of Physics and Astronomy, University of Leeds、7.Astrophysics Research Centre, Queen's University Belfast、8.自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、9.東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター、10.東京工業大学地球生命研究所)

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

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

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)

[PCG24-P01] タイタン大気における窒素同位体分別：ALMAアーカイブデータの解析

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

[PCG24-P02] Investigating the gas-to-dust ratio in the protoplanetary disk of HD 142527

*Soon Kang-Lou[1]、百瀬 宗武[1]、武藤 恭之[2]、塚越 崇[3]、片岡 章雅[3]、花輪 知幸[4]、深川 美里[3]、西合 一矢[3]、芝井 広[5] (1.茨城大学、2.工学院大学、3.国立天文台、4.千葉大学、5.大阪大学)

[PCG24-P03] スパースモデリングによる原始惑星系円盤 HD142527の超解像イメージング

*山口 正行[1,2]、秋山 和徳[3,2]、片岡 章雅[2,6]、塚越 崇[2]、武藤 恭之[4]、池田 思朗[5]、深川 美里[2]、本間 希樹[2,6]、川邊 良平[2,1,6] (1.東京大学、2.国立天文台、3.マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所、4.工学院大学、5.統計数理研究所、6.総合研究大学大学院)

[PCG24-P04] ALMA高空間分解観測で探るTタウリ型星RY Tauに付随する円盤の詳細構造

*小西 美穂子[1,2]、橋本 淳[1,2]、Hauyu Liu[3]、Ruobing Dong[4]、武藤 恭之[5] (1.自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター、2.国立天文台、3.中央研究院天文及天文物理研究所、4.ビクトリア大学、5.工学院大学)

[PCG24-P05] Possible inclined inner protoplanetary disk

*橋本 淳[1]、小西 美穂子[1]、鵜山 太智[2]、Ginski Christian[3]、Samland Matthias[4] (1.自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、2.東京大学、3.アムステルダム大学、4.マックス・プランク研究所)

[PCG24-P06] Search for the Inner Disk Structures in "Transitional" Disks

*武藤 恭之[1]、橋本 淳[2]、塚越 崇[3]、小西 美穂子[3]、工藤 智幸[3] (1.工学院大学　教育推進機構、2.アストロバイオロジーセンター、3.国立天文台)

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

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

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)

[PCG24-P01] タイタン大気における窒素同位体分別：ALMAアーカイブデータの解析

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

[PCG24-P02] Investigating the gas-to-dust ratio in the protoplanetary disk of HD 142527

*Soon Kang-Lou[1]、百瀬 宗武[1]、武藤 恭之[2]、塚越 崇[3]、片岡 章雅[3]、花輪 知幸[4]、深川 美里[3]、西合 一矢[3]、芝井 広[5] (1.茨城大学、2.工学院大学、3.国立天文台、4.千葉大学、5.大阪大学)

[PCG24-P03] スパースモデリングによる原始惑星系円盤 HD142527の超解像イメージング

*山口 正行[1,2]、秋山 和徳[3,2]、片岡 章雅[2,6]、塚越 崇[2]、武藤 恭之[4]、池田 思朗[5]、深川 美里[2]、本間 希樹[2,6]、川邊 良平[2,1,6] (1.東京大学、2.国立天文台、3.マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所、4.工学院大学、5.統計数理研究所、6.総合研究大学大学院)

[PCG24-P04] ALMA高空間分解観測で探るTタウリ型星RY Tauに付随する円盤の詳細構造

*小西 美穂子[1,2]、橋本 淳[1,2]、Hauyu Liu[3]、Ruobing Dong[4]、武藤 恭之[5] (1.自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター、2.国立天文台、3.中央研究院天文及天文物理研究所、4.ビクトリア大学、5.工学院大学)

[PCG24-P05] Possible inclined inner protoplanetary disk

*橋本 淳[1]、小西 美穂子[1]、鵜山 太智[2]、Ginski Christian[3]、Samland Matthias[4] (1.自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、2.東京大学、3.アムステルダム大学、4.マックス・プランク研究所)

[PCG24-P06] Search for the Inner Disk Structures in "Transitional" Disks

*武藤 恭之[1]、橋本 淳[2]、塚越 崇[3]、小西 美穂子[3]、工藤 智幸[3] (1.工学院大学　教育推進機構、2.アストロバイオロジーセンター、3.国立天文台)

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

9:00 ~ 10:30 | 104 1F

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)、座長:瀬古 弘(気象研究所)、小玉 知央 (国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

9:00 ~ 9:15

[AAS01-01] Data Assimilation Studies using Big Observation Data in the Projects of Post K and BDA

*瀬古 弘[1]、國井 勝[2]、澤田 洋平[1]、岡本 幸三[1]、横田 祥[1]、伊藤 耕介[3]、下地 和希[2] (1.気象研究所、2.気象庁、3.琉球大学)

9:15 ~ 9:30

[AAS01-02] **High-resolution Numerical Weather Simulation with a Large Domain for Extreme Heavy Rainfall Events**

*大泉 伝[1,2]、斉藤 和雄[4,3]、le duc[1]、伊藤 純至[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.気象研究所、3.東京大学大気海洋研究所、4.気象業務支援センター)

9:30 ~ 9:45

[AAS01-03] Quasi-liner convective systemによって生じた竜巻の数値シミュレーション

★招待講演

*栃本 英伍[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

9:45 ~ 10:00

[AAS01-04] Improving the observation operator for Phased Array Weather Radar in the SCALE-LETKF system

*雨宮 新[1]、本田 匠[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所　計算科学研究センター)

10:00 ~ 10:15

[AAS01-05] Data assimilation and forecast experiments for the record-breaking rainfall event in Japan in July 2018 with NICAM-LETKF at 112-km and 28-km resolution

*寺崎 康児[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[AAS01-06] Model Parameter Estimation with Data Assimilation Using NICAM-LETKF

★Invited Papers

*小槻 峻司[1]、佐藤 陽祐[2]、寺崎 康児[1]、八代 尚[1]、富田 浩文[1]、佐藤 正樹[3]、三好 建正[1] (1.国立研究開発法人　理化学研究所　計算科学研究センター、2.名古屋大学大学院　工学研究科、3.東京大学　大気海洋研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | 104 1F

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)、座長:滝川 雅之(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、三好 建正(理化学研究所計算科学研究機構)

10:45 ~ 11:00

[AAS01-07] 3D debris flow simulations by using smoothed particle hydrodynamics (SPH) method

*上田 翔士[1]、細野 七月[2]、山敷 庸亮[1] (1.京都大学、2.JAMSTEC)

11:00 ~ 11:15

[AAS01-08] **Regional atmospheric data assimilation coupled with an ocean mixed layer model: a case of typhoon Soudelor (2015)**

*高玉 孝平[1]、本田 匠[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所)

11:15 ~ 11:30

[AAS01-09] Effective Radiative Forcing and Climate Response to Short-Lived Climate Pollutants Under Different Scenarios

Hua Zhang[1]、*Bing Xie[1]、Zhili Wang[1] (1.China Meteorological Administration)

11:30 ~ 11:45

[AAS01-10] **The NICAM–SPRINTARS simulation of the long-range transport of black carbon using the K computer**

★Invited Papers

*山下 陽介[1]、滝川 雅之[1]、五藤 大輔[2]、八代 尚[3]、佐藤 正樹[4,1]、金谷 有剛[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1] (1.海洋研究開発機構、2.国立環境研究所、3.理研計算科学、4.東京大学大気海洋研究所)

11:45 ~ 12:00

[AAS01-11] High-resolution, ensemble simulations of intense tropical cyclones and their stochasticity during the El Niños of 1997 and 2015

*山田 洋平[1]、小玉 知央[1]、佐藤 正樹[1,2]、中野 満寿男[1]、那須野 智江[1]、杉 正人[3] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象庁気象研究所)

12:00 ~ 12:15

[AAS01-12] **NICAM results of the project DYAMOND for global storm-resolving model intercomparison**

★Invited Papers

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

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

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

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P01] **Categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability (OPPF) in medium-extended-range forecast time**

*Ruoyun Niu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P02] **Characteristics of temporal and spatial distribution of regional rainstorm processes to the east of 95ºE in China during 1981-2015**

*Ruoyun Niu[1]、Couhua Liu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P03] Near-real-time SCALE-LETKF forecasts of the record breaking rainfall in Japan in July 2018

*本田 匠[1]、Lien Guo-Yuan[2,1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.中央気象局)

[AAS01-P04] An objective Frontal Analysis Techniques and Application in Model Verification

*couhua liu[1] (1.National Meteorology Centre of China Meteorological Administration)

[AAS01-P05] Assimilating every 30-second phased array weather radar data in a torrential rainfall event on July 6, 2018 around Kobe city

*前島 康光[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1,2] (1.理化学研究所　計算科学研究センター、2.メリーランド大学　カレッジパーク)

[AAS01-P06] The impact of range sidelobes from phased array weather radar observations to short-range convective forecasts

*James David Taylor[1]、Guo-Yuan Lien[1]、Shinsuke Satoh[2]、Takemasa Miyoshi[1] (1.RIKEN Research center for computational science、2.NICT National Institute of Information and Communications Technology)

[AAS01-P07] 水文土石流モデルの広域予報および精度向上のために

*山敷 庸亮[1]、大泉 伝[2]、ブルノ リベイロ[1]、黒木 龍介[1] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.海洋研究開発機構)

[AAS01-P08] **Research on the application of an improved terrain-following vertical coordinates on GRAPES model**

*chao li[1] (1.NWPC.CMA)

[AAS01-P09] Development of a parallel spherical harmonic transform library: design and performance

*齋藤 冬樹[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P10] Global data assimilation of multi-species satellite measurements for atmospheric chemistry analysis

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASA ジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学 、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS01-P11] The sensitivity to WRF shortwave radiation parameterizations in prediction of global horizontal irradiance for investigating interactions of atmosphere with croplands

*Ankur Srivastava[1]、Sarita Kumari[1]、Rajkumar Dhakar[2] (1.Indian Institute of Technology Delhi、2.Indian Agriculture Research Institute)

[AAS01-P12] The development of an atmospheric aerosol/chemistry–climate model, BCC_AGCM_CUACE2.0, and simulated effective radiative forcing of nitrate aerosols

*QI AN[1,2,4]、Hua Zhang[2]、Zhili Wang[2]、Yi Liu[1,4]、Bing Xie[3]、Qianxia Liu[3]、Zaizhi Wang[3]、Sunling Gong[2] (1.LAGEO, IAP, CAS、2.LaSW, CAMS、3.NCC,CMA、4.UCAS)

[AAS01-P13] **Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China**

*Xiaochao Yu[1,2]、Zhili Wang[2,1]、Hua Zhang[2]、Shuyun Zhao[3] (1.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 210044, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather and Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081, China.、3.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, 100081, China)

[AAS01-P14] High Cloud Annual Variation and Its Responses to Global Warming in the NICAM AMIP Experiment

*Chen Ying-Wen[1]、佐藤 正樹[1,2]、小玉　知央[2]、野田 暁[2]、山田 洋平[2] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P15] Improvements in Simulating the Relationship between ENSO and East Asian Summer Rainfall in the CMIP5 Models

*Yuanhai FU[1]、Riyu Lu[1] (1.IAP, CAS)

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

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

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P01] **Categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability (OPPF) in medium-extended-range forecast time**

*Ruoyun Niu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P02] **Characteristics of temporal and spatial distribution of regional rainstorm processes to the east of 95ºE in China during 1981-2015**

*Ruoyun Niu[1]、Couhua Liu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P03] Near-real-time SCALE-LETKF forecasts of the record breaking rainfall in Japan in July 2018

*本田 匠[1]、Lien Guo-Yuan[2,1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.中央気象局)

[AAS01-P04] An objective Frontal Analysis Techniques and Application in Model Verification

*couhua liu[1] (1.National Meteorology Centre of China Meteorological Administration)

[AAS01-P05] Assimilating every 30-second phased array weather radar data in a torrential rainfall event on July 6, 2018 around Kobe city

*前島 康光[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1,2] (1.理化学研究所　計算科学研究センター、2.メリーランド大学　カレッジパーク)

[AAS01-P06] The impact of range sidelobes from phased array weather radar observations to short-range convective forecasts

*James David Taylor[1]、Guo-Yuan Lien[1]、Shinsuke Satoh[2]、Takemasa Miyoshi[1] (1.RIKEN Research center for computational science、2.NICT National Institute of Information and Communications Technology)

[AAS01-P07] 水文土石流モデルの広域予報および精度向上のために

*山敷 庸亮[1]、大泉 伝[2]、ブルノ リベイロ[1]、黒木 龍介[1] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.海洋研究開発機構)

[AAS01-P08] **Research on the application of an improved terrain-following vertical coordinates on GRAPES model**

*chao li[1] (1.NWPC.CMA)

[AAS01-P09] Development of a parallel spherical harmonic transform library: design and performance

*齋藤 冬樹[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P10] Global data assimilation of multi-species satellite measurements for atmospheric chemistry analysis

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASA ジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学 、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS01-P11] The sensitivity to WRF shortwave radiation parameterizations in prediction of global horizontal irradiance for investigating interactions of atmosphere with croplands

*Ankur Srivastava[1]、Sarita Kumari[1]、Rajkumar Dhakar[2] (1.Indian Institute of Technology Delhi、2.Indian Agriculture Research Institute)

[AAS01-P12] The development of an atmospheric aerosol/chemistry–climate model, BCC_AGCM_CUACE2.0, and simulated effective radiative forcing of nitrate aerosols

*QI AN[1,2,4]、Hua Zhang[2]、Zhili Wang[2]、Yi Liu[1,4]、Bing Xie[3]、Qianxia Liu[3]、Zaizhi Wang[3]、Sunling Gong[2] (1.LAGEO, IAP, CAS、2.LaSW, CAMS、3.NCC,CMA、4.UCAS)

[AAS01-P13] **Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China**

*Xiaochao Yu[1,2]、Zhili Wang[2,1]、Hua Zhang[2]、Shuyun Zhao[3] (1.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 210044, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather and Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081, China.、3.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, 100081, China)

[AAS01-P14] High Cloud Annual Variation and Its Responses to Global Warming in the NICAM AMIP Experiment

*Chen Ying-Wen[1]、佐藤 正樹[1,2]、小玉　知央[2]、野田 暁[2]、山田 洋平[2] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P15] Improvements in Simulating the Relationship between ENSO and East Asian Summer Rainfall in the CMIP5 Models

*Yuanhai FU[1]、Riyu Lu[1] (1.IAP, CAS)

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

9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:中川 書子(名古屋大学)

9:00 ~ 9:30

[AAS04-01] アイスコアによる過去の大気エアロゾルの復元とその変動要因

★招待講演

*飯塚 芳徳[1]、植村 立[2]、藤田 耕史[3]、服部 祥平[4]、関 宰[1]、大島 長[5]、大野 浩[6]、的場 澄人[1] (1.北海道大学低温科学研究所、2.琉球大学理学部、3.名古屋大学環境学研究科、4.東京工業大学、5.気象研究所、6.北見工業大学)

9:30 ~ 9:45

[AAS04-02] SE-Domeアイスコアの硫酸三酸素同位体組成から復元される過去60年における大気硫酸生成反応の変遷

*服部 祥平[1]、飯塚 芳徳[2]、藤田 耕史[3]、植村 立[4]、石野 咲子[1]、大島 長[5]、鈴木 希実[1]、的場 澄人[2]、鶴田 明日香[1]、Savarino Joel[6]、吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2.北海道大学 低温科学研究所、3.名古屋大学、4.琉球大学、5.気象研究所、6.Institut des Geoscience de l’Environnement, Universite Grenoble Alpes/CNRS)

9:45 ~ 10:00

[AAS04-03] 沖縄県辺戸岬において2012年春季に見られた高濃度硫酸塩の発生源寄与評価

*板橋 秀一[1]、畠山 史郎[2]、島田 幸治郎[3]、高見 昭憲[4] (1.電力中央研究所、2.埼玉県環境科学国際センター、3.早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科、4.国立環境研究所)

10:00 ~ 10:15

[AAS04-04] Isotopic constrains on sources and formation pathways of atmospheric nitrate in Mt. Everest

*Kun Wang[1,2,4]、Shohei Hattori[2]、Shichang Kang[1,3,4]、Mang Lin[2]、Naohiro Yoshida[2,5] (1.Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences 、2.Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology、3.CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences、4.University of Chinese Academy of Sciences、5. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology)

10:15 ~ 10:30

[AAS04-05] Development of a large volume sampling system for measuring stable isotope analysis of carbonyl sulfide and field observation

*亀崎 和輝[1]、服部 祥平[1]、吉田 尚弘[1,2] (1.東京工業大学物質理工学院応用化学系、2.東京工業大学地球生命研究所)

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

13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:眞木 貴史(気象研究所)

13:45 ~ 14:00

[AAS04-06] Observations of aerosol optical properties by sky radiometers at SKYNET Southeast and South Asian sites

*Al Fatmi[1]、入江 仁士[1]、Hossain Mohammed Syedul Hoque[1]、Damiani Alessandro[1]、Khatri Pradeep[2]、高村 民雄[1]、Jurupongsaku Thanawat[3]、Pandithurai Govindan[4] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2.東北大学、3.チュラロンコン大学、4.インド熱帯気象研究所)

14:00 ~ 14:15

[AAS04-07] スカイラジオメーターを用いた日本におけるエアロゾルの光吸収オングストローム指数の変動要因の解析

*山口 航大[1]、入江 仁士[1]、Khatri Pradeep[2]、竹村 俊彦[3]、山本 浩万[4] (1.千葉大学、2.東北大学、3.九州大学、4.産業技術総合研究所)

14:15 ~ 14:30

[AAS04-08] Sources of atmospheric black carbon and related carbonaceous components at Rishiri Island, Japan

*朱 春茂[1]、金谷 有剛[1]、吉川 久幸[2]、入野 智久[2]、関 宰[2]、遠嶋 康徳[3] (1.海洋研究開発機構、2.北海道大学、3.国立環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[AAS04-09] Black Carbon and Inorganic Aerosols in Snowpack over the Arctic

*森 樹大[1]、東 久美子[2,3]、近藤 豊[2]、塚川 佳美[2]、三浦 和彦[1]、平林 幹啓[2]、大島 長[4]、小池 真[5]、Kaarle Kupiainen[6]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[7]、Sinha Ram[8]、杉浦 幸之助[9]、青木 輝夫[10]、Martin Schneebeli[11]、Konrad Steffen[11]、佐藤 篤司[12]、對馬 あかね[13]、Vladimir Makarov[14]、大宮 哲[15,16]、杉本 敦子[17]、鷹野 真也[17] (1.東京理科大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.気象研究所、5.東京大学大学院、6.Environmental Protection Department Ministry of the Environment、7.名古屋大学、8.Department of Space Indian Space Research Organization、9.富山大学、10.岡山大学、11.WSL Institute for Snow and Avalanche Research、12.防災科学技術研究所、13.総合地球環境学研究所、14.Melnikov’s Permafrost Institute、15.北海道大学低温科学研究所、16.寒地土木研究所、17.北海道大学)

14:45 ~ 15:00

[AAS04-10] 前方散乱波の干渉計測にもとづくサブミクロン粒子の実時間測定法：原理とエアロゾル研究への応用

*茂木 信宏[1] (1.国立大学法人東京大学)

15:00 ~ 15:15

[AAS04-11] High spatial resolution vehicular emissions inventory for China using VEIN model

*Sergio Ibarra Espinosa[1]、Xuelei Zhang[1]、Aijun Xiu[1]、Edmilson Dias de Freitas[2] (1.Research Group of Regional Atmospheric Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, P. R. China、2.Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, Brazil.)

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

15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:石島 健太郎(気象研究所)

15:30 ~ 16:00

[AAS04-12] Effect of land use change on GHG fluxes of tropical peat forests in Borneo island

★Invited Papers

*平田 竜一[1]、Habura Borjigin[1]、白石 知弘[1]、平野 高司[2]、Mellling Lulie[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学、3.Sarawak Tropical Peat Research Institute)

16:00 ~ 16:30

[AAS04-13] 地球観測衛星による陸域生態系炭素固定機能のリモートセンシング

★招待講演

*野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、清野 友規[1]、宮内 達也[1]、松永 恒雄[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

16:30 ~ 16:45

[AAS04-14] GOSAT TANSO-FTS TIRより導出された二酸化炭素濃度の上部対流圏および下部成層圏の変動解析

*江口 菜穂[1]、本田 照裕[1]、齋藤 尚子[2]、丹羽 洋介[3] (1.九州大学、2.千葉大学、3.国立環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[AAS04-15] C-130H輸送機により観測された北西太平洋上空における大気ポテンシャル酸素の季節および年々変動

*石戸谷 重之[1]、坪井 一寛[2]、丹羽 洋介[3]、村山 昌平[1]、松枝 秀和[2]、澤 庸介[2]、青木 伸行[1]、石島 健太郎[2]、古積 健太郎[4]、梅澤 研太[4]、雪田 一弥[4]、西田 重晴[4]、山本 めぐみ[4] (1.産業技術総合研究所、2.気象研究所、3.国立環境研究所、4.気象庁)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:渡邉 真吾(海洋研究開発機構)

9:10 ~ 9:40

[AAS05-01] Turbulent kinetic energy dissipation rates depending on the polar vortex and on synoptic-scale disturbances in the UTLS region in the Antarctic

★Invited Papers

*高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]、西村 耕司[2]、堤 雅基[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻大気海洋科学講座、2.国立極地研究所、総合研究大学院大学)

9:40 ~ 9:55

[AAS05-02] 熱帯成層圏界面領域における半年周期振動の運動量収支解析

*冨川 喜弘[1,2]、V. Harvey[3]、John Knox[4]、藤原 正智[5] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.コロラド大学ボルダー校、4.ジョージア大学、5.北海道大学)

9:55 ~ 10:10

[AAS05-03] 高解像度ラジオゾンデデータを用いた夏の成層圏・中間圏に到達する重力波の発生源に関する研究

*奥井 晴香[1]、高麗 正史[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

10:10 ~ 10:25

[AAS05-04] Stratospheric initial conditions provide seasonal predictability of the North Atlantic and Arctic Oscillations

*Yu Nie[1]、Adam Scaife[2,3]、Hong-Li Ren[1,4]、Ruth Comer[2]、Martin Andrews[2] (1.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, China、2.Met Office Hadley Centre, Exeter, UK、3.College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, UK、4.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geoscience, Wuhan, China)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:関谷 高志

10:45 ~ 11:15

[AAS05-05] Transport of trace gases into the extratropical upper troposphere/lower stratosphere

★Invited Papers

*稲飯 洋一[1]、藤田 遼[2,1]、町田 敏暢[3]、松枝 秀和[4]、澤 庸介[4]、坪井 一寛[4]、勝又 啓一[3,5]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1] (1.東北大学、2.Imperial College London、3.環境研、4.気象研、5.高千穂化学工業)

11:15 ~ 11:30

[AAS05-06] Possible impacts of stratospheric ozone on circulation changes in the tropical tropposphere following a stratospheric sudden warming event

*出牛 真[1] (1.気象研究所環境・応用気象研究部)

11:30 ~ 11:45

[AAS05-07] **Stratosphere-troposphere exchange of ozone and carbon monoxide over the northern Pacific Ocean in northern winter using two chemical reanalysis data sets**

*席 浩森[1]、藤原 正智[1]、宮崎 和幸[2] (1.北海道大学大学院　地球環境科学院、2.NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA)

11:45 ~ 12:00

[AAS05-08] **Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasts**

*Yanjun GUO[1]、Cheng-zhi Zou[2]、Panmao Zhai[3]、Guofu Wang[1] (1.National Climate Center(NCC), China Meteorological Administration(CMA) 、2.Center for Satellite Applications and Research, NOAA/NESDIS、3.Chinese Academy of Meteorolgical Sciences (CAMS), China Meteorological Administration (CMA))

12:00 ~ 12:15

[AAS05-09] Environmental Characterization of the Atmosphere Using WACCM-X

*Rose Tseng[1]、Michelle Kanipe[1]、Brian Urbancic[1]、Robert Tournay[1]、Omar Nava[1]、Daniel Emmons[1]、Robert Loper[1]、Charlton Lewis[1] (1.Air Force Institute of Technology)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:河谷 芳雄

13:45 ~ 14:15

[AAS05-10] 新しい３次元波活動度フラックスを用いた2018年2月北半球大規模突然昇温の解析結果

★招待講演

*原田 やよい[1]、佐藤 薫[2]、木下 武也[3]、安井 良輔[2]、廣岡 俊彦[4]、直江 寛明[1] (1.気象研究所、2.東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻、3.国立研究開発法人海洋研究開発機構、4.九州大学大学院理学研究院)

14:15 ~ 14:45

[AAS05-11] 冬季から初夏における南半球大気のQBOに対する応答

★招待講演

*山下 陽介[1]、直江 寛明[2]、井上 誠[3]、高橋 正明[4] (1.海洋研究開発機構、2.気象研究所、3.秋田県立大学、4.国立環境研究所)

14:45 ~ 15:00

[AAS05-12] 成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みにおけるQBO的振動の熱帯対流系への影響

*余田 成男[1]、Hai Bui[2]、畔野 貴弘[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.Geophysical Institute, University of Bergen)

15:00 ~ 15:15

[AAS05-13] 成層圏から対流圏へのプラネタリー波束の下方伝播について

*松山 裕矢[1]、廣岡 俊彦[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

[AAS05-P01] **An advanced impact of Arctic stratospheric ozone changes on spring precipitation in China**

*Fei Xie[1] (1.Beijing Normal University)

[AAS05-P02] 海岸に設置した人工対流と人工降雨による地球冷却化システム

*村上 英世[1] (1.ｲｲｴｺｹﾝｷｭｳｼｮ)

[AAS05-P03] Stratospheric front-like temperature structure and gravity wave activity during a stratospheric sudden warming event in 2016

*角 ゆかり[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS05-P04] The effects of a well-resolved stratosphere on the simulated boreal winter circulation in a climate model

*河谷 芳雄[1]、Kevin Hamilton[2]、Lesley J. Gray[3]、Scott M. Osprey[3]、渡辺 真吾[1]、山下 陽介[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.ハワイ大学国際太平洋研究センター、3.オックスフォード大学物理部門大気海洋惑星物理学)

[AAS05-P05] 固有位相速度を用いない波の擬運動量と3次元波活動度fluxの関係について

★招待講演

*木下 武也[1] (1.海洋研究開発機構)

[AAS05-P06] Hindcasts of the 2016 Disruption of the Stratospheric Quasi-biennial Oscillation

*渡辺 真吾[1]、Kevin Hamilton[2]、Scott Osprey[3]、河谷 芳雄[1]、西本 絵梨子 (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa、3.NCAS-Climate, University of Oxford)

[AAS05-P07] Selection bias of quasi-fixed-point observations in the ExUTLS and its impact on the seasonal record

*稲飯 洋一[1]、町田 敏暢[2]、松枝 秀和[3]、澤 庸介[3]、坪井 一寛[3]、勝又 啓一[2,4]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]、藤田 遼[5,1] (1.東北大学、2.環境研、3.気象研、4.高千穂化学工業、5.Imperial College London)

[AAS05-P08] Varying Rossby Wave Trains from the Developing to Decaying Period of the Upper Atmospheric Heat Source over the Tibetan Plateau in Boreal Summer

*Chuandong Zhu[1,2]、Rongcai Ren[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences)

[AAS05-P09] **Equilibrium Climate Responses of the East Asian Summer Monsoon to Various Anthropogenic Aerosol Species**

*Qiuyan Wang[2,1]、Zhili Wang[1,2]、Hua Zhang[3,2] (1.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing、2.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing)

[AAS05-P10] Analysis of specific energy in zonal currents focusing on the analogy between jet stream and open channel flow

*北野 慈和[1]、山田 朋人[2] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.北海道大学大学院工学研究院)

[AAS05-P11] 2009年11月の南米南端におけるオゾン量低下イベントに関する解析

*秋吉 英治[1]、門脇 正尚[2]、中村 東奈[3]、杉田 考史[1]、廣岡 俊彦[4]、原田 やよい[5]、水野 亮[6] (1.国立環境研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.富士通エフ・アイ・ピー、4.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、5.気象研究所、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[AAS05-P12] **Analysis of relatively low ozone in Arctic spring during the QBO-westerly and solar-minimum years**

*山下 陽介[1,2]、秋吉 英治[2]、高橋 正明[2] (1.海洋研究開発機構、2.国立環境研究所)

[AAS05-P13] 多成分衛星データ同化から得られた上部対流圏・下部成層圏オゾンの評価

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASA ジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS05-P14] 成層圏突然昇温期における気象庁全球アンサンブル予報システムの初期摂動特性

★招待講演

*野口 峻佑[1,2] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.気象庁 気象研究所)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

[AAS05-P01] **An advanced impact of Arctic stratospheric ozone changes on spring precipitation in China**

*Fei Xie[1] (1.Beijing Normal University)

[AAS05-P02] 海岸に設置した人工対流と人工降雨による地球冷却化システム

*村上 英世[1] (1.ｲｲｴｺｹﾝｷｭｳｼｮ)

[AAS05-P03] Stratospheric front-like temperature structure and gravity wave activity during a stratospheric sudden warming event in 2016

*角 ゆかり[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS05-P04] The effects of a well-resolved stratosphere on the simulated boreal winter circulation in a climate model

*河谷 芳雄[1]、Kevin Hamilton[2]、Lesley J. Gray[3]、Scott M. Osprey[3]、渡辺 真吾[1]、山下 陽介[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.ハワイ大学国際太平洋研究センター、3.オックスフォード大学物理部門大気海洋惑星物理学)

[AAS05-P05] 固有位相速度を用いない波の擬運動量と3次元波活動度fluxの関係について
★招待講演

*木下 武也[1] (1.海洋研究開発機構)

[AAS05-P06] Hindcasts of the 2016 Disruption of the Stratospheric Quasi-biennial Oscillation

*渡辺 真吾[1]、Kevin Hamilton[2]、Scott Osprey[3]、河谷 芳雄[1]、西本 絵梨子 (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa、3.NCAS-Climate, University of Oxford)

[AAS05-P07] Selection bias of quasi-fixed-point observations in the ExUTLS and its impact on the seasonal record

*稲飯 洋一[1]、町田 敏暢[2]、松枝 秀和[3]、澤 庸介[3]、坪井 一寛[3]、勝又 啓一[2,4]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]、藤田 遼[5,1] (1.東北大学、2.環境研、3.気象研、4.高千穂化学工業、5.Imperial College London)

[AAS05-P08] Varying Rossby Wave Trains from the Developing to Decaying Period of the Upper Atmospheric Heat Source over the Tibetan Plateau in Boreal Summer

*Chuandong Zhu[1,2]、Rongcai Ren[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences)

[AAS05-P09] **Equilibrium Climate Responses of the East Asian Summer Monsoon to Various Anthropogenic Aerosol Species**

*Qiuyan Wang[2,1]、Zhili Wang[1,2]、Hua Zhang[3,2] (1.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing、2.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing)

[AAS05-P10] Analysis of specific energy in zonal currents focusing on the analogy between jet stream and open channel flow

*北野 慈和[1]、山田 朋人[2] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.北海道大学大学院工学研究院)

[AAS05-P11] 2009年11月の南米南端におけるオゾン量低下イベントに関する解析

*秋吉 英治[1]、門脇 正尚[2]、中村 東奈[3]、杉田 考史[1]、廣岡 俊彦[4]、原田 やよい[5]、水野 亮[6] (1.国立環境研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.富士通エフ・アイ・ピー、4.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、5.気象研究所、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[AAS05-P12] **Analysis of relatively low ozone in Arctic spring during the QBO-westerly and solar-minimum years**

*山下 陽介[1,2]、秋吉 英治[2]、高橋 正明[2] (1.海洋研究開発機構、2.国立環境研究所)

[AAS05-P13] 多成分衛星データ同化から得られた上部対流圏・下部成層圏オゾンの評価

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASA ジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS05-P14] 成層圏突然昇温期における気象庁全球アンサンブル予報システムの初期摂動特性

★招待講演

*野口 峻佑[1,2] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.気象庁 気象研究所)

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

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

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)

[AOS08-P01] **Impact of the mesosacle eddies on the western boundary current over the entire western North Pacific**

*加古 真一郎[1]、中村 啓彦[2] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.鹿児島大学水産学部)

[AOS08-P02] Glider observations of interleaving layers in the Kuroshio

*Sen Jan[1]、Shih-Hong Wang[1]、Kai-Chieh Yang[1]、Yiing Jang Yang[1]、Ming-Huei Chang[1] (1.Institute of Oceanography, National Taiwan Univ.)

[AOS08-P03] Bottom Pressure in the East China Sea -Observation and modeling

*Hua Zheng[1]、Xiao-Hua Zhu[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Jae-Hun Park[3]、Chanhyung Jeon[4]、Ruixiang Zhao[1]、Ayako Nishina[2]、Chuanzheng Zhang[1]、Hanna Na[5]、Ze-Nan Zhu[1]、Hong Sik Min[6] (1.Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, China、2.Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan、3.Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Kore、4.Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea、5.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea、6.Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea)

[AOS08-P04] A numerical study on the dynamics of seasonal velocity variation in the East China Sea

*張 振龍[1]、中村 啓彦[1]、Zhu Xiao-Hua[2] (1.鹿児島大学、2.中国自然資源部)

[AOS08-P05] Temporal and spatial velocity variations over the Kuroshio Extension, Kuroshio and Ryukyu Current System in 1982-2014

*喬 煜翔[1]、中村 啓彦[2]、仁科 文子[2] (1.鹿児島大学　水産学研究科、2.鹿児島大学　水産学部)

[AOS08-P06] Characteristics of water in the southern Okinawa Trough.

*仁科 文子[1]、中村 啓彦[1]、朴 在勲[2]、朱 小華[3]、閔 泓植[4]、Hanna Na[5] (1.鹿児島大学、2.Inha University、3.Second Institute of Oceanography、4.Korea Institute of Ocean Science and Technology、5.Seoul National University)

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

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

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)

[AOS08-P01] **Impact of the mesosacle eddies on the western boundary current over the entire western North Pacific**

*加古 真一郎[1]、中村 啓彦[2] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.鹿児島大学水産学部)

[AOS08-P02] Glider observations of interleaving layers in the Kuroshio

*Sen Jan[1]、Shih-Hong Wang[1]、Kai-Chieh Yang[1]、Yiing Jang Yang[1]、Ming-Huei Chang[1] (1.Institute of Oceanography, National Taiwan Univ.)

[AOS08-P03] Bottom Pressure in the East China Sea -Observation and modeling

*Hua Zheng[1]、Xiao-Hua Zhu[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Jae-Hun Park[3]、Chanhyung Jeon[4]、Ruixiang Zhao[1]、Ayako Nishina[2]、Chuanzheng Zhang[1]、Hanna Na[5]、Ze-Nan Zhu[1]、Hong Sik Min[6] (1.Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, China、2.Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan、3.Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Kore、4.Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea、5.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea、6.Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea)

[AOS08-P04] A numerical study on the dynamics of seasonal velocity variation in the East China Sea

*張 振龍[1]、中村 啓彦[1]、Zhu Xiao-Hua[2] (1.鹿児島大学、2.中国自然資源部)

[AOS08-P05] Temporal and spatial velocity variations over the Kuroshio Extension, Kuroshio and Ryukyu Current System in 1982-2014

*喬 煜翔[1]、中村 啓彦[2]、仁科 文子[2] (1.鹿児島大学　水産学研究科、2.鹿児島大学　水産学部)

[AOS08-P06] Characteristics of water in the southern Okinawa Trough.

*仁科 文子[1]、中村 啓彦[1]、朴 在勲[2]、朱 小華[3]、閔 泓植[4]、Hanna Na[5] (1.鹿児島大学、2.Inha University、3.Second Institute of Oceanography、4.Korea Institute of Ocean Science and Technology、5.Seoul National University)

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

13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)、座長:中村 啓彦(鹿児島大学)、Jae-Hun Park(Inha University)

13:50 ~ 14:10

[AOS08-01] Downstream Evolution of the Kuroshio Velocity Structure and Transport

★Invited Papers

*Magdalena Andres[1]、Sen Jan[2] (1.Woods Hole Oceanographic Institution、2.National Taiwan University)

14:10 ~ 14:25

[AOS08-02] **Non-seasonal variability of the Kuroshio shelf intrusion and its associated changes in the ocean environment over the East China Sea during 1993-2017**

*Jiwon Kang[1]、Hanna Na[1] (1.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Republic of Korea)

14:25 ~ 14:40

[AOS08-03] The temporal and spatial variability of the Kuroshio in the East China Sea and its associated mechanisms

*Yanzhou Wei[1] (1.State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou, China)

14:40 ~ 14:55

[AOS08-04] The Joint Kuroshio–Ryukyu Current System Study and a rapid report about mooring observations southeast of Miyakojima

*Xiao-Hua Zhu[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Jae-Hun Park[3]、Ruixiang Zhao[1]、Ayako Nishina[2]、Chuanzheng Zhang[1]、Chanhyung Jeon[4]、Hanna Na[5]、Ze-Nan Zhu[1]、Hong Sik Min[6] (1.State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou, China、2.Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan、3.Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Korea、4.Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea、5.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea、6.Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea)

14:55 ~ 15:10

[AOS08-05] Relationship of the Kuroshio with the current fields in the East China Sea from observations and model results

*Hong Sik Min[1]、Chorong Hwang[1]、Dong Guk Kim[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Ayako Nishina[2]、Xiao-Hua Zhu[3]、Jae-Hun Park[4]、Chanhyung Jeon[4]、Hanna Na[5]、Naoki Hirose[6] (1.Korea Institute of Ocean Science & Technology、2.Kagoshima University、3.Second Institute of Oceanography、4.Inha University、5.Seoul National University、6.Kyushu University)

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

15:30 ~ 17:00 | 105 1F

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)、座長:Jae-Hun Park(Inha University)、中村 啓彦(鹿児島大学)

15:35 ~ 15:55

[AOS08-06] Separating Small-Scale Oceanic Internal Waves and Vortical Motions

★Invited Papers

*Ren-Chieh Lien[1] (1.University of Washington, Seattle, WA, USA)

15:55 ~ 16:10

[AOS08-07] Structure and variability of the Kuroshio current in the Tokara Strait

*劉 昭君[1]、中村 啓彦[2]、朱 小華[1]、仁科 文子[2]、郭 新宇[3]、Menghong Dong[1] (1.Second Institute of Oceanography, China、2.Kagoshima University, Japan、3.Ehime University, Japan)

16:10 ~ 16:25

[AOS08-08] **Near-inertial waves advected by the Kuroshio from observation and simulation**

*CHANHYUNG JEON[1]、Jae-Hun Park[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Ayako Nishina[2]、Xiao-Hua Zhu[3]、Dong Guk Kim[4]、Hong Sik Min[4]、Sok Kuh Kang[4]、Hanna Na[5]、Naoki Hirose[6]、Youngseok Choi[1] (1.Inha University、2.Kagoshima University、3.Second Institute of Oceanography、4.Korea Institute of Ocean Science and Technology、5.Seoul National University、6.Kyushu University)

16:25 ~ 16:40

[AOS08-09] Turbulent mixing and near-inertial internal waves induced by the Kuroshio over seamounts in the Tokara Strait

*長井 健容[1]、長谷川 大介[2]、堤 英輔[3]、中村 啓彦[4]、仁科 文子[4]、千手 智晴[3]、遠藤 貴洋[3]、松野 健[3]、井上 龍一郎[5]、Amit Tandon[6] (1.東京海洋大学 海洋環境科学部門、2.東北区水産研究所・国立研究開発法人水産研究・教育機構、3.九州大学応用力学研究所、4.鹿児島大学　水産学部、5.海洋研究開発機構、6.マサチューセッツ大学ダートマス校)

16:40 ~ 16:55

[AOS08-10] Microstructure and mooring observations of enhanced mixing in the Kerama Gap

*井上 龍一郎[1]、中村 啓彦[2]、田中 雄大[3]、藤尾 伸三[4]、柳本 大吾[4]、安田 一郎[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構 、2.鹿児島大学水産学部、3.国立研究開発法人水産研究・教育機構東北区水産研究所 、4.東京大学大気海洋研究所)

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

9:00 ~ 10:30 | 301A 3F

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)、座長:升本 順夫、Swadhin Behera(海洋研究開発機構)

9:00 ~ 9:15

[AOS11-01] Explorations and current understandings for subsurface ocean of icy bodies

★Invited Papers

*木村 淳[1] (1.大阪大学)

9:15 ~ 9:30

[AOS11-02] **Climate predictability for societal applications including AI/ML**

*Swadhin Behera[1]、Manali Pal[2]、J.V. Ratnam[1]、Rajib Maity[2]、Takeshi Doi[1]、Yushi Morioka[1]、Masami Nonaka[1] (1.Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001、2.Indian Institute of Technology, Kharagpur, India)

9:30 ~ 9:45

[AOS11-03] Re-entry of giant-impact fragments and early evolution of the Earth's ocean

*佐々木 貴教[1] (1.京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)

9:45 ~ 10:00

[AOS11-04] Modeling of Extreme Freshwater Discharge and influence from Japanese First-Class Rivers to Coastal zones

*黒木 龍介、山敷 庸亮[1]、Varlamov Sergey[2]、宮澤 泰正[2]、Racault Marie[3]、Hoshin Gupta[4] (1.京都大学、2.Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Japan、3.Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom、4.University of Arizona)

10:00 ~ 10:15

[AOS11-05] Establishment of new curriculum at Biosphere 2

*三木 健司[1]、土井 隆雄[2]、山敷 庸亮[3]、寺田 昌弘[2] (1.京都大学大学院農学研究科、2.京都大学宇宙総合学研究ユニット、3.京都大学総合生存学館)

10:15 ~ 10:30

[AOS11-06] Development of the highly precise high-speed photometry technique with the photometer mounted with PIRKA telescope

*木村 なみ[1] (1.北海道大学)

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

10:45 ~ 12:15 | 301A 3F

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)、座長:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、佐々木 貴教(京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室)

10:45 ~ 11:00

[AOS11-07] **The Drivers of early Archean Earth's Hydrology: Resolving the Faint Young Sun's Paradox**

★Invited Papers

*Vladimir Airapetian[1]、Guillaume Gronoff[2]、Michael Way[3]、Meng Jin[4] (1.NASA Goddard Space Flight Center/SEEC and American University、2.NASA LaRC/SSAI、3.NASA GISS/SEEC、4.SETI)

11:00 ~ 11:15

[AOS11-08] Experimental study on elementary hydrological process of rainfall in a forested continental hinterland

*村上 茂樹[1] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所　九州支所)

11:15 ~ 11:30

[AOS11-09] Radiological Assessment of Martian and Terrestrial Surface during Young Sun

*山敷 庸亮[1]、前原 裕之[6]、野津 湧太[3]、佐藤 達彦[2]、アイラペディアン ウラジミール[7]、野津 翔太[3]、黒木 龍介[1]、村嶋 慶哉[5]、佐藤 啓明[4]、坂東 日菜[5]、行方 宏介[3]、佐々木 貴教[3]、スコット トーマス[8]、野上 大作[3]、柴田 一成[9] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.日本原子力機構、3.京都大学大学院理学研究科、4.京都大学工学部、5.京都大学理学部、6.国立天文台、7.NASAゴダード宇宙飛行センター、8.ブリストル大学、9.京都大学理学部附属花山天文台)

11:30 ~ 11:45

[AOS11-10] **Evaluation of scintillator detection materials for application within environmental radiation monitoring**

*Peter George Martin[1]、D. Connor[1]、M. Lowden[1]、T. B. Scott[1] (1.School of Physics, University of Bristol, Bristol, UK)

11:45 ~ 12:00

[AOS11-11] The important factors for future human space activity in terms of space medicine

*寺田 昌弘[1]、山敷 庸亮[1]、三木 健司[1]、辻廣 智子[1]、土井 隆雄[1] (1.京都大学　宇宙総合学研究ユニット)

12:00 ~ 12:15

[AOS11-12] Storm Surge Response to Freshwater Outflow from Typhoons on the Ibaraki Coast

*Josko Troselj[1]、Nobuhito Mori[1] (1.Coastal Engineering Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

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

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

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)

[AOS11-P01] **Remote Sensing of Chlorophyll-a and Submerged Aquatic Vegetation for a Freshwater Lake in Japan**

*Shweta Yadav[1]、Yamashiki Yosuke[1]、Junichi Susaki[1]、Kanako Ishikawa[2] (1.Kyoto University、2.Lake Biwa Environmental Research Institute)

[AOS11-P02] Hydrological and Debris-flow simulation of Martian Surface in Hesperian & early Amazonian epoch

*佐藤 啓明[2]、山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、宮本 英昭[3]、逸見 良道[3] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学工学部、3.東京大学工学系研究科)

[AOS11-P03] Global Lakes & reservoirs Repository and their application for terrestrial surface environment

*山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、高 博通[1]、坂東 日菜[2]、高木 風香[3]、ヤダヴ シュエタ[4] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学理学部、3.京都大学農学部、4.京都大学森里海連環学教育研究ユニット)

[AOS11-P04] Numerical simulation of Tidal Heating using SPH and its application to inner sea formation

*村嶋 慶哉[1]、山敷 庸亮[1]、細野 七月[2] (1.京都大学、2.海洋開発研究機構)

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

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

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)

[AOS11-P01] **Remote Sensing of Chlorophyll-a and Submerged Aquatic Vegetation for a Freshwater Lake in Japan**

*Shweta Yadav[1]、Yamashiki Yosuke[1]、Junichi Susaki[1]、Kanako Ishikawa[2] (1.Kyoto University、2.Lake Biwa Environmental Research Institute)

[AOS11-P02] Hydrological and Debris-flow simulation of Martian Surface in Hesperian & early Amazonian epoch

*佐藤 啓明[2]、山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、宮本 英昭[3]、逸見 良道[3] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学工学部、3.東京大学工学系研究科)

[AOS11-P03] Global Lakes & reservoirs Repository and their application for terrestrial surface environment

*山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、高 博通[1]、坂東 日菜[2]、高木 風香[3]、ヤダヴ シュエタ[4] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学理学部、3.京都大学農学部、4.京都大学森里海連環学教育研究ユニット)

[AOS11-P04] Numerical simulation of Tidal Heating using SPH and its application to inner sea formation

*村嶋 慶哉[1]、山敷 庸亮[1]、細野 七月[2] (1.京都大学、2.海洋開発研究機構)

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

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

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)

[AOS14-P01] **鉛直混合と観測手法・システム開発と広域観測(OMIX-A01-1)**

*安田 一郎[1]、李 根淙[1]、藤尾 伸三[1]、柳本 大吾[1]、長澤 真樹[1]、川口 悠介[1]、岡 英太郎[1]、翟 燦[1]、木村 詩乃[1]、井上 龍一郎[2]、長谷川 大介[3]、田中 雄大[3]、石井 雅男[4]、中野 俊也[4]、後藤 恭敬[4] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.水産研究教育機構、4.気象庁)

[AOS14-P02] **Observation of enhanced nonlinear interactions after the passage of typhoon in the western South China Sea**

*gui ying Chen、chang rong Liang、xiao dong Shang

[AOS14-P03] Investigating vertical mixing in estuarine pycnocline: a case study in the Ariake Sea, Japan

*Takeshi Matsuno[1]、Eisuke Tsutsumi[1] (1.Kyushu University)

[AOS14-P04] 富山トラフ周辺における対馬暖流沿岸・沖合分枝の相互作用の可能性

*Igeta Yosuke[1]、Yankovsky Alexander [2]、Kuga Mizuki [1]、Hirose Naoki[3]、Fukudome Kenichi[4] (1.Japan Sea National Fishseries Research Institute、2.University of South Carolina、3.RIAM Kyushu Univ.、4.National Institute of Technology, Toyama College)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)

[AOS14-P01] **鉛直混合と観測手法・システム開発と広域観測(OMIX-A01-1)**

*安田 一郎[1]、李 根淙[1]、藤尾 伸三[1]、柳本 大吾[1]、長澤 真樹[1]、川口 悠介[1]、岡 英太郎[1]、翟 燦[1]、木村 詩乃[1]、井上 龍一郎[2]、長谷川 大介[3]、田中 雄大[3]、石井 雅男[4]、中野 俊也[4]、後藤 恭敬[4] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.水産研究教育機構、4.気象庁)

[AOS14-P02] **Observation of enhanced nonlinear interactions after the passage of typhoon in the western South China Sea**

*gui ying Chen、chang rong Liang、xiao dong Shang

[AOS14-P03] Investigating vertical mixing in estuarine pycnocline: a case study in the Ariake Sea, Japan

*Takeshi Matsuno[1]、Eisuke Tsutsumi[1] (1.Kyushu University)

[AOS14-P04] 富山トラフ周辺における対馬暖流沿岸・沖合分枝の相互作用の可能性

*Igeta Yosuke[1]、Yankovsky Alexander [2]、Kuga Mizuki [1]、Hirose Naoki[3]、Fukudome Kenichi[4] (1.Japan Sea National Fishseries Research Institute、2.University of South Carolina、3.RIAM Kyushu Univ.、4.National Institute of Technology, Toyama College)

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

13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、堤 英輔

13:45 ~ 14:00

[AOS14-01] エクマン輸送と海峡内での潮汐混合の複合効果に伴うインドネシア多島海南部の海面水温冷却

*永井 平[1]、日比谷 紀之[1] (1.東京大学理学系研究科)

14:00 ~ 14:15

[AOS14-02] HYCOM-ROMSモデルを用いた南シナ海南部における海洋流動構造に関する研究

*高浦 育[1]、内山 雄介[1]、Nizamani Zafarullah[2]、中山 昭彦[2] (1.神戸大学、2.Tunku Abdul Rahman University)

14:15 ~ 14:30

[AOS14-03] 東シナ海陸棚縁辺部における黒潮フロント渦と栄養塩・植物プランクトン動態

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、大城 一輝[1]、堤 英輔[2]、武田 重信[3]、石坂 丞二[4]、郭 新宇[1] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.九州大学応用力学研究所、3.長崎大学水産学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[AOS14-04] Dissipation and transport due to internal tides generated by multiple submarine canyons

*Qiang Li[1]、Xianzhong Mao[1]、Ran Liao[1] (1.Tsinghua University)

14:45 ~ 15:00

[AOS14-05] 高解像度曳航式観測装置を用いた霞ヶ浦における物理構造計測

*浅岡 大輝[1]、増永 英治[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

15:00 ~ 15:15

[AOS14-06] 成層が発達する浅水湖における混合と傾圧構造に関する研究

*増永 英治[1]、浅岡 大輝[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

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

15:30 ~ 17:00 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、永井 平

15:30 ~ 15:45

[AOS14-07] 豊後水道における乱流混合と鉛直硝酸塩フラックス

*堤 英輔[1]、吉江 直樹[2]、眞野 能[3]、神田 泰成[3]、藤井 直紀[4]、郭 新宇[2] (1.九州大学　応用力学研究所、2.愛媛大学　沿岸環境科学研究センター、3.愛媛大学大学院　理工学研究科、4.佐賀大学　農学部)

15:45 ~ 16:00

[AOS14-08] Numerical Analysis of Submerged Turbulent Buoyant Jet in River Mouth

*Yen-Chen Mou[1]、Gene You[1]、Chih-Chieh Young[2] (1.National Taiwan University、2.National Taiwan Ocean University)

16:00 ~ 16:15

[AOS14-09] 多段ネスト ROMS モデルに基づいた STEAMER におけるダウンスケーリング機能の実装

*上平 雄基[1]、川村 英之[1]、小林 卓也[1]、内山 雄介[2] (1.日本原子力研究開発機構、2.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[AOS14-10] Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送・拡散の評価

*木村 和久[1]、増永 英治[1]、小硲 大地[2]、内山 雄介[3] (1.茨城大学、2.港湾空港技術研究所、3.神戸大学)

16:30 ~ 16:45

[AOS14-11] 黒潮続流ジェットから放出される切離中規模渦の挙動と力学的効果について

*内山 雄介[1]、岡田 信瑛[1]、Changming Dong[2] (1.神戸大学大学院工学研究科、2.Nanjing University of Information Science & Technology)

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

15:30 ~ 17:00 | 201B 2F

[A-HW22] 流域の物質輸送と栄養塩循環ー源流域から沿岸海域までー

コンビーナ:小林 政広(国立研究開発法人森林研究・整備機構　森林総合研究所)、吉川 省子(農業・食品産業技術総合研究機構　農業環境変動研究センター)、安元 純(琉球大学　農学部　地域農業工学科)、Adina Paytan(University of California Santa Cruz)、座長:奥田 昇(総合地球環境学研究所)

15:40 ~ 16:00

[AHW22-01] **Coral Skeleton $\delta^{15}N$ as a Tracer of Historic Nutrient Loading to a Coral Reef in Maui, Hawaii**

★Invited Papers

*Adina Paytan[1] (1.University of California Santa Cruz)

16:00 ~ 16:15

[AHW22-02] **The Use of Ammonium and Trace Metals in Identifying Low Redox Environment Zone at Indonesian Coastal Alluvial Groundwater**

*Anna Fadliah Rusydi[1,4]、Mitsuyo - Saito[2]、Seiichiro - Ioka[3]、Shin-ichi - Onodera[1] (1.Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Japan、2.Graduate School of Environmental and Life Sciences, Okayama University, Japan、3.Institute of Regional Innovation, Hirosaki University, Japan、4.Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences, Indonesia)

16:15 ~ 16:30

[AHW22-03] Spatial and temporal variation in submarine groundwater discharge (SGD) on a beach scale in a temperate coastal island: a multi-tracer approach

*齋藤 光代[1]、小野寺 真一[2]、友澤 裕介[2]、浅井 和由[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.広島大学大学院総合科学研究科、3.地球科学研究所)

16:30 ~ 16:45

[AHW22-04] **Phosphorus discharge via groundwater into the lake, based on lacustrine groundwater discharge (LGD) and alluvial plain sediment**

*小野寺 真一[1]、齋藤 光代[2]、金 広哲[3]、Anna Rusydi[1]、友澤 裕介[1]、王 昆陽[1]、伴 修平[4]、奥田 昇[5] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.岡山大学、3.Guangdong Ocean University、4.滋賀県立大学、5.総合地球環境学研究所)

16:45 ~ 17:00

[AHW22-05] **Geochemical controls and health implications of water chemistry in Benoue River Basin, North Cameroon: Insights from Major ions**

*Sharon Bih Kimbi[1,2]、Wilson Y Fantong[3]、Samuel N Ayonghe[2]、Robert Kringel[4]、Shin-ichi Onodera[1] (1.Graduate School of Integrate Arts and Sciences, Hiroshima University、2.Department of Environmental Science, Faculty of science, University of Buea、3.Institute of Mining and Geological Research (IRGM)、4.Federal Institute for Geoscience and Natural Resources Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) PRESS NO & SW)

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

9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

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

9:00 ~ 9:15

[AHW23-12] Drought Analysis based on Copulas and Poisson Process

*Pei-Yu Wu[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University, Department of Civil Engineering)

9:15 ~ 9:30

[AHW23-13] **Snow melt dynamics in snowfall dominated mountain regions in Shonai**

*Alexander Brandt[1,3]、Muhammad Fraz Ismail[2]、Larry Maximo Lopez Caceres[1]、Wolfgang Bogacki[2] (1.Yamagata University、2.Hochschule Koblenz、3.UGAS)

9:30 ~ 9:45

[AHW23-14] Study on transport of particulate organic matter in a small river with forest and paddy filed by using carbon isotopes ($\delta^{13}C$ and $\Delta^{14}C$)

*長尾 誠也[1]、田原 龍之介[2]、落合 伸也[1]、後藤 晶子[3]、長谷川 卓[3] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学大学院自然科学研究科、3.金沢大学理工学域地球社会基盤学系)

9:45 ~ 10:00

[AHW23-15] **Sources of Shallow Groundwater Salinity in the Ganges Delta of Bangladesh**

*Masudur Rahman[1,2]、Tomochika Tokunaga[1] (1.Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5, Kashiwa-no-ha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8563, Japan、2.Environmental Science Discipline, Life Science School, Khulna University, Khulna 9208, Bangladesh)

10:00 ~ 10:15

[AHW23-16] **Groundwater chemistry in the Gunii Khooloi basin, Southern Gobi Region of Mongolia using multivariate analysis**

*Batdemberel BAYANZUL[1,2]、Isao Machida[3]、Kengo Nakamura[2]、Noriaki Watanabe[2]、Takeshi Komai[2] (1.School of Geology and Mining Engineering, Mongolian University of Science and Technology、2.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、3.Groundwater research group, Advanced Industrial Science and Technology)

10:15 ~ 10:30

[AHW23-17] **Temporal observation of molybdenum concentrations in rivers from Erdenet mining area, Mongolia**

*Solongo Tsetsgee[1]、Keisuke Fukushi[1]、Altansukh Ochir[2]、 Takahashi Yoshio[3]、Ariuntungalag Yunden[2]、Enkhjin Odgerel[2]、Noriko Hasebe[1] (1.Kanazawa University、2.National University of Mongolia、3.The University of Toyko)

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

10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

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

10:45 ~ 11:05

[AHW23-18] 琵琶湖湖底近傍におけるマンガン・ヒ素の水-鉱物相互作用　―過去40年間での湖内分布の変化に対する考察ー

★招待講演

*板井 啓明[1]、名取 幸花[1] (1.東京大学大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

11:05 ~ 11:20

[AHW23-19] **Sources, pathways and treatment of contaminants in surface water: Applicability in developing countries**

*Mst. Shamsun Nahar[1] (1.Earth Consultant Co. Ltd, Toyama, Japan)

11:20 ~ 11:35

[AHW23-20] **Numerical simulations (COMSOL) of γ-Fe_2O_3 nanohybrids for transport (3D) and arsenic removal in homogeneous porous media**

*Ajay Kumar[1]、Himanshu Joshi[1]、Anil Kumar[1] (1.INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY ROORKEE, INDIA)

11:35 ~ 11:50

[AHW23-21] **Transport processes of suspended solids in the Kumaki River inferred from atmospheric radionuclides**

*落合 伸也[1]、田原 龍之介[2]、松中 哲也[1]、長尾 誠也[1] (1.金沢大学 環日本海域環境研究センター、2.金沢大学 自然科学研究科)

11:50 ~ 12:05

[AHW23-22] Using tritium in Japanese precipitation for tritium-tracer transit time studies across Asia

*Maksym Gusyev[1]、Yoshito Kikumori[1]、Terumasa Nishihara[2]、Takeshi Hayashi[3]、Kimpei Ichiyanagi[4]、Naofumi Akata[5]、Tomoki Oda[6]、Uwe Morgenstern[7]、Michael Stewart[7] (1.International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM), Public Works Research Institute (PWRI)、2.Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI、3.Akita University、4.Kumamoto University、5.National Institute for Fusion Science (NIFS)、6.University of Tokyo、7.GNS Science, New Zealand)

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

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

[A-HW23] 水循環・水環境

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

[AHW23-P01] **A multiobjective risk management model for real-time reservoir flood control operation**

*Juan Chen[1,2]、Ping-An Zhong[2]、XinYu Wan[2]、Yu Zhang[2] (1.College of Earth Sciences and Engineering, Hohai University、2.College of Hydrology and Water Resources, Hohai University)

[AHW23-P02] **Assessment of the Flow Regime of Roanoke River due to Climatic and Anthropogenic Activities**

*Rahul Kumar Singh[1]、Dr. Manoj Kumar Jain[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee, India)

[AHW23-P03] Predictive Analysis of Climate, Water, Health and the Environment Nexus

*Abhishek [1]、Deepika [2] (1.Technical University Dresden, GERMANY、2.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA)

[AHW23-P05] Severe droughts provide huge fuel for widespread wildfires in California in USA

*Linghua Qiu[1]、Ji Chen[1]、Haiyun Shi[2]、Liqun Sun[3]、Jun Niu[4] (1.the University of Hong Kong、2.Southern University of Science and Technology、3.Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences、4.China Agricultural University)

[AHW23-P06] A comprehensive evaluation of MODIS-based water use efficiency with global eddy covariance flux data and a process model

*Shanshan YANG[1,2]、Jiahua ZHANG[1]、Sha ZHANG[1,2]、Jingwen WANG[1,2]、Yun BAI[1,2]、Fengmei YAO[2]、Huadong GUO[1] (1.Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China)

[AHW23-P07] Impact of variability and anisotropy in the correlation decay distance for precipitation spatial interpolation in China

*yingxian zhang[1] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration)

[AHW23-P08] New Record-Breaking Frequency of Annual Maximum Daily Precipitation of 58 stations in the whole Japan, an increasing of extreme values.

*Chhay Ngorn SEANG[1]、Tomohito YAMADA[1] (1.Hokkaido University)

[AHW23-P09] Quantifying stemflow to better express its ecohydrological significance

*飯田 真一[1]、Carlye-Moses Darryl E.[2]、Germer Sonja[3]、Llorens Pilar[4]、Michalzik Beate[5]、南光 一樹[1]、Tischer Alexander[5]、Levia Delphis F.[6] (1.国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所森林研究部門森林防災研究領域、2.Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada、3.Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany、4.Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain、5.Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany、6.Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA)

[AHW23-P10] **Hydraulic analysis of overland flow caused by temporally varying rainfall**

*PING-CHENG HSIEH[1]、Ming-Chang Wu[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P11] A comparative Study on Water Environment of Isolated Islands - Focusing on Islands in Nagasaki Prefecture - (3)

*矢巻 剛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]、猪狩 彬寛[1]、堀内 雅生[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P12] 草津白根山周辺水環境と2018年1月噴火による影響の考察

*猪狩 彬寛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P13] 熊本市江津湖における湧水量の再考察

*一柳 錦平[1]、井手 淨[1]、嶋田 純[1]、市川 勉[2] (1.熊本大学、2.東海大学)

[AHW23-P14] **Evaluating the efficacy of hydrologically and hydrodynamically driven methods of e-flow assessment for Upper Godavari River Basin, India**

*GAURAV KALIDAS PAKHALE[1]、Jyoti Punjahari Nale[2]、Ashvin Kumar Gosain[3]、Rakesh Khosa[3] (1.PhD Research Scholar, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi、2.Project Advisor, IEWP, GIZ India, New Delhi, India、3.Professor, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi)

[AHW23-P15] Presence of pharmaceutical compounds in freshwater lakes and their impact on phytoplankton

*Nandakumar Kanavillil[1]、Cassandra Fligg[1]、Sreekumari Kurissery[1] (1.Lakehead University, Canada)

[AHW23-P16] **Novel approximate solutions for solute transport due to injections: considering the scale-dependent dispersion and non-integer flow dimension**

*Ye-Chen Lin[1]、Hund-Der Yeh[1] (1.National Chiao Tung Univ.)

[AHW23-P17] Experimemtal study on the residual saturation of Porous Media using Pore Doublets Micromodel

*彭 俊維[1] (1.台灣國立交通大學)

[AHW23-P18] Assessment of Synergy between Biomedical Waste and Shallow Groundwater Pollution

*Deepika [1]、Abhishek [2] (1.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA、2.Technical University Dresden, GERMANY)

[AHW23-P19] Erosion and transport processes of earth surface materials in a reservoir-catchment system inferred from atmospheric radionuclides ^{7}Be and ^{210}Pb

*鶴岡 幹矢[1]、落合 伸也[2]、松木 篤[2]、長尾 誠也[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター)

[AHW23-P20] Fluctuation of groundwater level in a sloping unconfined aquifer due to time varying recharge

*Ming-Chang Wu[1]、Ping-Cheng Hsieh[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P21] **Effect of cutoff wall on recharge water storage volume**

*Pei-hsun Tsai[1]、Jung-hsing Tai[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[AHW23-P22] **Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment**

*Jen Hung Chiu[1]、Wen Chin Chen[1] (1.Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment)

[AHW23-P23] **Mine-water quality at a tertiary coalfield in India: Characterisation and treatment using novel polyvinyl alcohol (PVA) gel bioreactor**

*Aparna Dutta[1]、Sudipta Sarkar[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

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

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

[A-HW23] 水循環・水環境

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

[AHW23-P01] **A multiobjective risk management model for real-time reservoir flood control operation**

*Juan Chen[1,2]、Ping-An Zhong[2]、XinYu Wan[2]、Yu Zhang[2] (1.College of Earth Sciences and Engineering, Hohai University、2.College of Hydrology and Water Resources, Hohai University)

[AHW23-P02] **Assessment of the Flow Regime of Roanoke River due to Climatic and Anthropogenic Activities**

*Rahul Kumar Singh[1]、Dr. Manoj Kumar Jain[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee, India)

[AHW23-P03] Predictive Analysis of Climate, Water, Health and the Environment Nexus

*Abhishek [1]、Deepika [2] (1.Technical University Dresden, GERMANY、2.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA)

[AHW23-P05] Severe droughts provide huge fuel for widespread wildfires in California in USA

*Linghua Qiu[1]、Ji Chen[1]、Haiyun Shi[2]、Liqun Sun[3]、Jun Niu[4] (1.the University of Hong Kong、2.Southern University of Science and Technology、3.Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences、4.China Agricultural University)

[AHW23-P06] A comprehensive evaluation of MODIS-based water use efficiency with global eddy covariance flux data and a process model

*Shanshan YANG[1,2]、Jiahua ZHANG[1]、Sha ZHANG[1,2]、Jingwen WANG[1,2]、Yun BAI[1,2]、Fengmei YAO[2]、Huadong GUO[1] (1.Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China)

[AHW23-P07] Impact of variability and anisotropy in the correlation decay distance for precipitation spatial interpolation in China

*yingxian zhang[1] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration)

[AHW23-P08] New Record-Breaking Frequency of Annual Maximum Daily Precipitation of 58 stations in the whole Japan, an increasing of extreme values.

*Chhay Ngorn SEANG[1]、Tomohito YAMADA[1] (1.Hokkaido University)

[AHW23-P09] Quantifying stemflow to better express its ecohydrological significance

*飯田 真一[1]、Carlye-Moses Darryl E.[2]、Germer Sonja[3]、Llorens Pilar[4]、Michalzik Beate[5]、南光 一樹[1]、Tischer Alexander[5]、Levia Delphis F.[6] (1.国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所森林研究部門森林防災研究領域、2.Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada、3.Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany、4.Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain、5.Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany、6.Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA)

[AHW23-P10] **Hydraulic analysis of overland flow caused by temporally varying rainfall**

*PING-CHENG HSIEH[1]、Ming-Chang Wu[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P11] A comparative Study on Water Environment of Isolated Islands - Focusing on Islands in Nagasaki Prefecture - (3)

*矢巻 剛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]、猪狩 彬寛[1]、堀内 雅生[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P12] 草津白根山周辺水環境と2018年1月噴火による影響の考察

*猪狩 彬寛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P13] 熊本市江津湖における湧水量の再考察

*一柳 錦平[1]、井手 淨[1]、嶋田 純[1]、市川 勉[2] (1.熊本大学、2.東海大学)

[AHW23-P14] **Evaluating the efficacy of hydrologically and hydrodynamically driven methods of e-flow assessment for Upper Godavari River Basin, India**

*GAURAV KALIDAS PAKHALE[1]、Jyoti Punjahari Nale[2]、Ashvin Kumar Gosain[3]、Rakesh Khosa[3] (1.PhD Research Scholar, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi、2.Project Advisor, IEWP, GIZ India, New Delhi, India、3.Professor, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi)

[AHW23-P15] Presence of pharmaceutical compounds in freshwater lakes and their impact on phytoplankton

*Nandakumar Kanavillil[1]、Cassandra Fligg[1]、Sreekumari Kurissery[1] (1.Lakehead University, Canada)

[AHW23-P16] **Novel approximate solutions for solute transport due to injections: considering the scale-dependent dispersion and non-integer flow dimension**

*Ye-Chen Lin[1]、Hund-Der Yeh[1] (1.National Chiao Tung Univ.)

[AHW23-P17] Experimemtal study on the residual saturation of Porous Media using Pore Doublets Micromodel

*彭 俊維[1] (1.台灣國立交通大學)

[AHW23-P18] Assessment of Synergy between Biomedical Waste and Shallow Groundwater Pollution

*Deepika [1]、Abhishek [2] (1.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA、2.Technical University Dresden, GERMANY)

[AHW23-P19] Erosion and transport processes of earth surface materials in a reservoir-catchment system inferred from atmospheric radionuclides ^{7}Be and ^{210}Pb

*鶴岡 幹矢[1]、落合 伸也[2]、松木 篤[2]、長尾 誠也[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター)

[AHW23-P20] Fluctuation of groundwater level in a sloping unconfined aquifer due to time varying recharge

*Ming-Chang Wu[1]、Ping-Cheng Hsieh[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P21] **Effect of cutoff wall on recharge water storage volume**

*Pei-hsun Tsai[1]、Jung-hsing Tai[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[AHW23-P22] **Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment**

*Jen Hung Chiu[1]、Wen Chin Chen[1] (1.Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment)

[AHW23-P23] **Mine-water quality at a tertiary coalfield in India: Characterisation and treatment using novel polyvinyl alcohol (PVA) gel bioreactor**

*Aparna Dutta[1]、Sudipta Sarkar[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

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

9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:永井 裕人(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

9:00 ~ 9:15

[ACC27-01] GCOM-C/SGLI雪氷圏標準プロダクトの初期検証結果

★招待講演

*島田 利元[1]、堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,3]、谷川 朋範[2]、的場 澄人[4]、庭野 匡思[2]、Stamnes Knut[5]、Li Wei[5]、Chen Nan[5] (1.宇宙航空研究開発機構、2.気象研究所、3.岡山大学、4.北海道大学低温科学研究所、5.スティーブンス工科大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC27-02] GCOM-C/SGLI観測データから抽出される雪氷プロダクト概要と1年目の観測結果

★招待講演

*堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,4]、Knut Stamnes[3]、Wei Li[3]、Nan Chen[3]、島田 利元[1]、谷川 朋範[4]、庭野 匡思[4] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.岡山大学、3.Stevens Institute of Technology、4.気象研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACC27-03] PALSAR-2後方散乱強度変化と積雪深との関係

*永井 裕人[1]、山口 悟[2]、山下 克也[2]、鹿島 真弓[3] (1.早稲田大学　教育学部、2.防災科学技術研究所、3.ESRIジャパン株式会社)

9:45 ~ 10:00

[ACC27-04] ネパール，ランタン・リルン峰における懸垂氷河の崩落の特徴

渡部 帆南[2]、*奈良間 千之[1]、森 義孝[2]、河島 克久[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然環境科学研究科、3.新潟大学災害・復興科学研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC27-05] ネパール・ヒマラヤ トラカルディン氷河における氷壁の分布特性

*佐藤 洋太[1]、藤田 耕史[1]、井上 公[2]、砂子 宗次朗[1]、坂井 亜規子[1]、對馬 あかね[1]、Podolskiy Evgeny[3,4]、Berthier Etienne[5]、Kayastha Rijan[6] (1.名古屋大学環境学研究科、2.防災科学技術研究所、3.北海道大学 北極行研究センター、4.北海道大学 国際連携研究教育局 Global Station for Arctic Research、5.フランス国立科学研究センター、6.カトマンズ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC27-06] Quantify the range of projections of future changes in glacier mass caused by differences among observed past climate datasets

*渡辺 恵[1]、柳川 亜季[2]、平林 由希子[3]、渡部 哲史[4]、鼎 信次郎[1] (1.東京工業大学情報理工学研究科、2.明星大学理工学部総合理工学科、3.芝浦工業大学 土木工学科、4.東京大学大学院工学系研究科)

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

10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:縫村 崇行(千葉科学大学)

10:45 ~ 11:00

[ACC27-07] 可搬型積分球積雪粒径測定装置（HISSGraS）の初期解析結果

*青木 輝夫[1,2,3]、庭野 匡思[2]、山口 悟[4]、的場 澄人[5]、谷川 朋範[2]、堀 雅裕[6]、島田 利元[6]、八久保 晶弘[7] (1.岡山大学　大学院自然科学研究科、2.気象庁　気象研究所、3.国立極地研究所、4.防災科学技術研究所、5.北海道大学　低温科学研究所、6.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、7.北見工業大学)

11:00 ~ 11:15

[ACC27-08] 高空隙多孔質氷の圧密過程に関する実験的研究：氷レゴリス層の密度進化過程への応用

矢部 みなみ[1]、*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1] (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

11:15 ~ 11:30

[ACC27-09] **札幌で10冬期間に観測された積雪不純物が放射収支と融雪に与える効果**

*広沢 陽一郎[1]、青木 輝夫[1,2]、庭野 匡思[2]、的場 澄人[3]、兒玉 裕二[4]、谷川 朋範[2] (1.岡山大学自然科学研究科、2.気象研究所、3.北海道大学低温科学研究所、4.国立極地研究所)

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

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

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)

[ACC27-P01] Recent surface changes of rock glaciers in Tien Shan Mountains

*高玉 秀之[1]、奈良間 千之[2]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部理学科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[ACC27-P02] **Verification of AMSR-2 sea ice concentration and utilization of ship navigation in the Arctic Ocean**

*小野 温[1] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター)

[ACC27-P03] **飛騨山脈・唐松沢雪渓の氷厚と流動**

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科　、2.新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3.立山カルデラ砂防博物館)

[ACC27-P04] **Meltwater discharge from Wilkes Basin, East Antarctica at around 4.2 ka revealed from Beryllium-10 analysis of marine sediments**

*Bethany Behrens[1,2]、Yosuke Miyairi[1]、Adam Sproson[1]、Masako Yamane[3]、Yusuke Yokoyama[1,2,4,5] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan、2.Graduate Program on Environmental Science, University of Tokyo, Komaba, Meguro, Tokyo 153-0041, Japan、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Furocho, Chikusa, Nagoya, Aichi, 464-8601, Japan、4.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Natsushimacho, Yokosuka, Kanagawa Prefecture 237-0061, Japan、5.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Hongo, Bunkyo, Tokyo 113-8654, Japan)

[ACC27-P05] **南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性**

*櫻井 尚輝[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]、エセナマノブ モハメド[4]、ザルベク ウセコブ[4] (1.新潟大学、2.新潟大学理学科 、3.国立研究開発法人防災科学技術研究所、4.中央アジア応用地球科学研究所)

[ACC27-P06] Historical development of Spillway Lake on Ngozompa Glacier, Nepal

*Mohan Bahadur Chand[1]、Teiji Watanabe[2]、Yusuki Kobayashi[1] (1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University、2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

[ACC27-P07] Feature analysis of the spectral of snow, ice, and water in Lake Suwa using MODIS data

*中澤 友宏[1]、野中 崇志[2]、岩下 圭之[2] (1.日本大学大学院　生産工学研究科　土木工学専攻、2.日本大学　生産工学部　環境安全工学科)

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

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

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)

[ACC27-P01] Recent surface changes of rock glaciers in Tien Shan Mountains

*高玉 秀之[1]、奈良間 千之[2]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部理学科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[ACC27-P02] **Verification of AMSR-2 sea ice concentration and utilization of ship navigation in the Arctic Ocean**

*小野 温[1] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター)

[ACC27-P03] **飛騨山脈・唐松沢雪渓の氷厚と流動**

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科　、2.新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3.立山カルデラ砂防博物館)

[ACC27-P04] **Meltwater discharge from Wilkes Basin, East Antarctica at around 4.2 ka revealed from Beryllium-10 analysis of marine sediments**

*Bethany Behrens[1,2]、Yosuke Miyairi[1]、Adam Sproson[1]、Masako Yamane[3]、Yusuke Yokoyama[1,2,4,5] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan、2.Graduate Program on Environmental Science, University of Tokyo, Komaba, Meguro, Tokyo 153-0041, Japan、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Furocho, Chikusa, Nagoya, Aichi, 464-8601, Japan、4.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Natsushimacho, Yokosuka, Kanagawa Prefecture 237-0061, Japan、5.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Hongo, Bunkyo, Tokyo 113-8654, Japan)

[ACC27-P05] **南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性**

*櫻井 尚輝[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]、エセナマノブ モハメド[4]、ザルベク ウセコブ[4] (1.新潟大学、2.新潟大学理学科 、3.国立研究開発法人防災科学技術研究所、4.中央アジア応用地球科学研究所)

[ACC27-P06] Historical development of Spillway Lake on Ngozompa Glacier, Nepal

*Mohan Bahadur Chand[1]、Teiji Watanabe[2]、Yusuki Kobayashi[1] (1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University、2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

[ACC27-P07] Feature analysis of the spectral of snow, ice, and water in Lake Suwa using MODIS data

*中澤 友宏[1]、野中 崇志[2]、岩下 圭之[2] (1.日本大学大学院　生産工学研究科　土木工学専攻、2.日本大学　生産工学部　環境安全工学科)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[A-CG34] 衛星による地球環境観測

コンビーナ:沖 理子(宇宙航空研究開発機構)、本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、松永 恒雄(国立環境研究所地球環境研究センター／衛星観測センター)、座長:可知 美佐子(宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター)

15:30 ~ 15:45

[ACG34-01] 水循環変動観測衛星「しずく」と高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）の現状と将来計画

*可知 美佐子[1]、前田 崇[1]、小野 温[1]、藤井 秀幸[1]、笠原 希仁[1]、江淵 直人[1,2] (1.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、2.北海道大学　低温科学研究所)

15:45 ~ 16:00

[ACG34-02] Testing and Evaluation for JPSS-1 Algorithms using Algorithm Development Library Block 2.1

*Bigyani Das[1,2]、Weizhong Chen[1,2]、Thomas S King[1,2]、Walter Wolf[2] (1.IMSG、2.STAR/NESDIS/NOAA)

16:00 ~ 16:15

[ACG34-03] Remote Sensing of Atmospheric and Surface Properties using Hyperspectral satellite Sensors

*Xu Liu[1] (1.NASA Langley Research Center)

16:15 ~ 16:30

[ACG34-04] RADIOMETRIC UNIFORMITY AND STABILITY OF GROUND SITE CHARACTERIZATION FOR INSAT-3D

*Shailesh Parihar[1]、R. Bhatla[1]、A. K. Mitra[2] (1.Banaras Hindu University, Varanasi, India、2.India Meteorological Department, New Delhi, India)

16:30 ~ 16:45

[ACG34-05] 地球環境観測のためのASTER熱赤外放射計に対する代替校正活動

*山本 聡[1]、外岡 秀行[2]、加藤 創史[3]、鮎澤 一樹[2]、松永 恒雄[4] (1.宇宙システム開発利用推進機構、2.茨城大学、3.リモート・センシング技術センター、4.国立環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[ACG34-06] 植生ライダMOLIの概要

★招待講演

*下田 陽久[1]、木村 俊義[2]、三橋 怜[2]、室岡 純平[2]、境沢 大介[2]、今井 正[2]、浅井 和宏[3] (1.東海大学、2.日本宇宙航空開発研究機構、3.東北工業大学)

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

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

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)

[ACG35-P01] **World Regionalization of Climate Change (1961–2010)**

*Shao Sun[1,2]、Peijun Shi[2,3,4]、Daoyi Gong[2]、Tao Zhou[2] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China、2.State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、3.Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、4.Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

[ACG35-P02] Quantifying and identifying future climate signal, noise, and internal variability at finer temporal scales

*Jongho Kim[1]、Manh Van Doi[1] (1.University of Ulsan)

[ACG35-P03] Basic evaluation of MIROC6 and current status of CMIP6 experiments

*建部 洋晶[1] (1.海洋研究開発機構)

[ACG35-P04] **Synchronized increase of extreme cold and warm events in China during the recent global warming slowdown**

*Xiubao Sun[1,3]、Chunzai Wang[1]、Guoyu Ren[2,3]、Panfeng Zhang[2] (1.State Key Laboratory of Tropical Oceanography (LTO), South China Sea Institute of Oceanology(SCSIO), Chinese Academy of Sciences (CAS)、2.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences (CUG)、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center (NCC), China Meteorological Administration (CMA))

[ACG35-P05] Quantification of thermodynamical and dynamical contributions to the anthropogenic influences on tropical cyclone rainfall extremes

*Cheng-Ta Chen[1]、Shih-How Lo[1]、Chung-Chieh Wang[1]、Kazuhisa Tsuboki[2] (1.Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University、2.Hydrospheric-Atmospheric Research Center, Nagoya University)

[ACG35-P06] **Temporal Evolution of the Long-Term Distributional Biases of Climate Models as a Parameter for the Regional Evaluation of the Simulation of Climate Change**

*Martin Gomez-Garcia[1]、Akiko Matsumura[1]、Shiro Hishinuma[1]、Daikichi Ogawada[1] (1.Nippon Koei Co. Ltd., Reasearch and Development Center)

[ACG35-P07] A global simulation of bioenergy crop yield

*Zhipin Ai[1]、Naota Hanasaki[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

[ACG35-P08] Integrated Research Program for Advancing Climate Models - Theme B: national research program in Japan on earth system modeling

*河宮 未知生[1]、羽島 知洋[1]、立入 郁[1]、筒井 純一[2]、横畠 徳太[3]、荒川 隆[4]、井上 孝洋[4] (1.海洋研究開発機構、2.電力中央研究所、3.国立環境研究補、4.高度情報科学技術研究機構)

[ACG35-P09] Towards probabilistic climate projections based on the CMIP6 multi-model ensemble

*筒井 純一[1] (1.電力中央研究所)

[ACG35-P10] Effect on the earth system of realizing 1.5 degree climate target by overshooting after reaching 2 degree level

*立入 郁[1]、Diego Silva Herran[2]、蘇 宣銘[1]、河宮 未知生[1] (1.海洋研究開発機構、2.地球環境戦略研究機関)

[ACG35-P11] **Historical regional and sectoral contributions to climate change**

*蘇 宣銘[1]、立入 郁[1]、田中 克政[2]、渡辺 路生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG35-P12] **Future projection of global climate, water, food, bio-energy, and land investigated with MIROC-INTEG: a global bio-geophysical land surface model with human components**

*横畠 徳太[1]、佐藤 雄亮[1]、木下 嗣基[2]、櫻井 玄[3]、Pokhrel Yadu[4]、伊藤 昭彦[1]、加藤 悦史[5]、岡田 将誌[1]、花崎 直太[1]、新田 友子[6]、江守 正多[1] (1.国立環境研究所、2.茨城大学、3.農研機構、4.ミシガン州立大学、5.エネルギー総合工学研究所、6.東京大学)

[ACG35-P13] **Downscaling a global agricultural land use model to country level for national SSP analysis**

*Wenchao Wu[1]、Tomoko Hasegawa[1]、Kiyoshi Takahashi[1]、Shinichiro Fujimori[2] (1.National Institute for Environmental Studies、2.Kyoto Univ.)

[ACG35-P14] Extreme Events and Emergent Trends in Marine Ecosystem Stressors under a historical/RCP8.5 Climate Change Pathway

*Keith Bradley Rodgers[1,2]、Sarah Schlunegger[3]、Richard Slater[3]、Burke Hales[4]、Axel Timmermann[1,2] (1.IBS Center for Climate Physics, Busan, South Korea、2.Pusan National University, Busan, South Korea、3.AOS Program, Princeton University, Princeton NJ, USA、4.College of Ocean and Atmospheric Sciences, Oregon State Universitym, Corvallis, OR, USA)

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

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

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)

[ACG35-P01] **World Regionalization of Climate Change (1961–2010)**

*Shao Sun[1,2]、Peijun Shi[2,3,4]、Daoyi Gong[2]、Tao Zhou[2] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China、2.State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、3.Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、4.Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

[ACG35-P02] Quantifying and identifying future climate signal, noise, and internal variability at finer temporal scales

*Jongho Kim[1]、Manh Van Doi[1] (1.University of Ulsan)

[ACG35-P03] Basic evaluation of MIROC6 and current status of CMIP6 experiments

*建部 洋晶[1] (1.海洋研究開発機構)

[ACG35-P04] **Synchronized increase of extreme cold and warm events in China during the recent global warming slowdown**

*Xiubao Sun[1,3]、Chunzai Wang[1]、Guoyu Ren[2,3]、Panfeng Zhang[2] (1.State Key Laboratory of Tropical Oceanography (LTO), South China Sea Institute of Oceanology(SCSIO), Chinese Academy of Sciences (CAS)、2.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences (CUG)、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center (NCC), China Meteorological Administration (CMA))

[ACG35-P05] Quantification of thermodynamical and dynamical contributions to the anthropogenic influences on tropical cyclone rainfall extremes

*Cheng-Ta Chen[1]、Shih-How Lo[1]、Chung-Chieh Wang[1]、Kazuhisa Tsuboki[2] (1.Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University、2.Hydrospheric-Atmospheric Research Center, Nagoya University)

[ACG35-P06] **Temporal Evolution of the Long-Term Distributional Biases of Climate Models as a Parameter for the Regional Evaluation of the Simulation of Climate Change**

*Martin Gomez-Garcia[1]、Akiko Matsumura[1]、Shiro Hishinuma[1]、Daikichi Ogawada[1] (1.Nippon Koei Co. Ltd., Reasearch and Development Center)

[ACG35-P07] A global simulation of bioenergy crop yield

*Zhipin Ai[1]、Naota Hanasaki[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

[ACG35-P08] Integrated Research Program for Advancing Climate Models - Theme B: national research program in Japan on earth system modeling

*河宮 未知生[1]、羽島 知洋[1]、立入 郁[1]、筒井 純一[2]、横畠 徳太[3]、荒川 隆[4]、井上 孝洋[4] (1.海洋研究開発機構、2.電力中央研究所、3.国立環境研究補、4.高度情報科学技術研究機構)

[ACG35-P09] Towards probabilistic climate projections based on the CMIP6 multi-model ensemble

*筒井 純一[1] (1.電力中央研究所)

[ACG35-P10] Effect on the earth system of realizing 1.5 degree climate target by overshooting after reaching 2 degree level

*立入 郁[1]、Diego Silva Herran[2]、蘇 宣銘[1]、河宮 未知生[1] (1.海洋研究開発機構、2.地球環境戦略研究機関)

[ACG35-P11] **Historical regional and sectoral contributions to climate change**

*蘇 宣銘[1]、立入 郁[1]、田中 克政[2]、渡辺 路生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG35-P12] **Future projection of global climate, water, food, bio-energy, and land investigated with MIROC-INTEG: a global bio-geophysical land surface model with human components**

*横畠 徳太[1]、佐藤 雄亮[1]、木下 嗣基[2]、櫻井 玄[3]、Pokhrel Yadu[4]、伊藤 昭彦[1]、加藤 悦史[5]、岡田 将誌[1]、花崎 直太[1]、新田 友子[6]、江守 正多[1] (1.国立環境研究所、2.茨城大学、3.農研機構、4.ミシガン州立大学、5.エネルギー総合工学研究所、6.東京大学)

[ACG35-P13] **Downscaling a global agricultural land use model to country level for national SSP analysis**

*Wenchao Wu[1]、Tomoko Hasegawa[1]、Kiyoshi Takahashi[1]、Shinichiro Fujimori[2] (1.National Institute for Environmental Studies、2.Kyoto Univ.)

[ACG35-P14] Extreme Events and Emergent Trends in Marine Ecosystem Stressors under a historical/RCP8.5 Climate Change Pathway

*Keith Bradley Rodgers[1,2]、Sarah Schlunegger[3]、Richard Slater[3]、Burke Hales[4]、Axel Timmermann[1,2] (1.IBS Center for Climate Physics, Busan, South Korea、2.Pusan National University, Busan, South Korea、3.AOS Program, Princeton University, Princeton NJ, USA、4.College of Ocean and Atmospheric Sciences, Oregon State Universitym, Corvallis, OR, USA)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)、座長:建部 洋晶

13:45 ~ 14:00

[ACG35-01] **Sour and anoxic Sea of Japan in the near future**

*Chen-Tung Arthur Chen[1]、Hon-Kit Lui[1]、Masao Ishii[2] (1.National Sun Yat Sen University、2.Japan Meteorological Agency)

14:00 ~ 14:15

[ACG35-02] **Decadal predictions of the variable ocean carbon uptake**

★Invited Papers

*Hongmei Li[1]、Tatiana Ilyina[1]、Wolfgang A. Müller[1,2]、Peter Landschützer[1] (1.Max Planck Institute for Meteorology, Bundesstraße 53, 20146 Hamburg, Germany、2.Deutscher Wetterdienst, Bernhard-Nocht-Straße 76, 20359 Hamburg, Germany)

14:15 ~ 14:30

[ACG35-03] Air-sea CO_2 flux variations in the tropical Pacific simulated with two ESMs embedded an ocean data assimilation system

*渡辺 路生[1]、建部 洋晶[1]、小山 博司[1]、羽島 知洋[1]、渡部 雅浩[2]、河宮 未知生[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

14:30 ~ 14:45

[ACG35-04] **A Study of Decadal Ocean Deoxygenation and Heat Uptake from a suite of OMIP Simulations**

*Takano Yohei[1]、Tjiputra Jerry[2]、Schwinger Jörg[2]、Gröger Matthias[3]、Berthet Sarah[4]、Séférian Roland[4]、Yool Andrew[5]、Palmieri Julien[5]、渡辺 路生[6]、Stemmler Irene[1]、Ilyina Tatiana[1] (1.Max Planck Institute for Meteorology、2.Norwegian Research Centre、3.Swedish Meteorological and Hydrological Institute、4.Centre National de Recherche Météorologique, Unite mixte de recherche 3589 Météo-France/CNRS、5. National Oceanography Centre、6.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

14:45 ~ 15:00

[ACG35-05] **Role of large-scale environmental variability in changing storm climate**

*Nilima Aditya Natoo[1] (1.University of Bremen, Germany)

15:00 ~ 15:15

[ACG35-06] The forced response of the climate system: The case of climatic teleconnections

*Tamas Bodai[1]、Matyas Herein[2]、Gabor Drotos[3] (1.University of Reading、2.Eotvos University Budapest、3.Universitat de les Illes Balears)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)、座長:立入 郁(海洋研究開発機構)、河宮 未知生(海洋研究開発機構)

15:30 ~ 15:45

[ACG35-07] Guiding Mother Earth: taking stock of progress to a long-term temperature goal

★Invited Papers

*Myles Robert Allen[1] (1.Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment and Department of Physics, University of Oxford)

15:45 ~ 16:00

[ACG35-08] **Uneven distributions of four hazard indicators of climate change with the Paris Agreement's goals**

*塩竈 秀夫[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター)

16:00 ~ 16:15

[ACG35-09] Understanding the centennial-scale human-natural interactions using an integrated terrestrial model MIROC-INTEG under ISIMIP2 project

*佐藤 雄亮[1]、Julien Boulange[1]、花崎 直太[1]、高田 久美子[1]、Yadu Pokhrel[3]、Ted Veldkamp[2,4]、Peter Burek[2]、横畠 徳太[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.国際応用システム研究所、3.ミシガン州立大学、4.アムステルダム自由大学)

16:15 ~ 16:30

[ACG35-10] Radiative forcing of the physiological CO_2 response

*Victor Brovkin[1]、Veronika Gayler[1]、Sonia I Seneviratne[2]、Pierre Gentine[3] (1.Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany、2.ETH, Institute for Atmospheric and Climate Science, Zurich, Switzerland、3.Columbia University, Earth and Environmental Engineering, New York, USA)

16:30 ~ 16:45

[ACG35-11] Progress of MIROC-ES2 simulations in CMIP6 and the analysis of the biogeochemical feedbacks

*羽島 知洋[1]、渡辺 真吾[1]、河宮 未知生[1]、立入 郁[1]、建部 洋晶[1]、伊藤 昭彦[2]、高田 久美子[2]、渡辺 路生[1]、野口 真希[1]、山本 彬友[1]、伊藤 彰記[1]、阿部 学[1]、大垣内 るみ[1]、山崎 大[3] (1.独立行政法人 海洋研究開発機構、2.国立環境研究所、3.東京大学生産技術研究所)

16:45 ~ 17:00

[ACG35-12] The impact of long-term historical warming on the global terrestrial gross primary production

*Irina Melnikova[1]、Takahiro Sasai[1] (1.Tohoku University)

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

10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、座長:宮崎 雄三(北海道大学 低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学 低温科学研究所)

10:45 ~ 11:00

[ACG42-01] 海氷内部でのブロモホルム生成と大気への放出について

*野村 大樹[1]、大木 淳之[1]、Ellen Damm[2]、Gerhard Dieckmann[2]、Bruno Delille[3]、Markus Frey[4]、Mats Granskog[5]、Klaus Meiners[6,7]、Anna Silyakova[8]、田村 岳史[9]、Jean-Louis Tison[10]、山下 洋平[11] (1.北海道大学大学院水産科学研究院、2.Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany、3.Université de Liège, Liège, Belgium.、4.British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom.、5.Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway.、6.Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia.、7.Australian Antarctic Division, Kingston, Australia.、8.Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway.、9.国立極地研究所、10.Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium.、11.北海道大学大学院地球環境科学研究院)

11:00 ~ 11:15

[ACG42-02] **Accumulation processes of trace metals into arctic sea ice: distribution of Fe, Mn and Cd associated with ice structure**

*La Kenya Evans[1]、Jun Nishioka[1] (1.Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University)

11:15 ~ 11:30

[ACG42-03] **海洋地球研究船「みらい」における南北両半球広緯度帯での外洋大気オゾン観測：西太平洋赤道域ではハロゲン化学が重要か?**

*金谷 有剛[1]、宮崎 和幸[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1]、高島 久洋[1,2]、駒崎 雄一[1]、潘 小楽[3,1]、加藤 咲[2]、須藤 健悟[4,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.福岡大学、3.中国科学院大気物理研究所、4.名古屋大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG42-04] 太平洋赤道域で発見された低い窒素同位体組成を持つ硝酸エアロゾルが示す海洋-大気における窒素リサイクル

*服部 祥平[1]、亀崎 和輝[1]、岩本 洋子[2]、石野 咲子[1]、植松 光夫[3]、三浦 和彦[4]、吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学 物質理工学院応用化学系、2.広島大学、3.東京大学、4.東京理科大学)

11:45 ~ 12:00

[ACG42-05] **北太平洋亜熱帯域における海洋大気エアロゾル中の水溶性有機態窒素の起源**

*土橋 司[1,2]、宮崎 雄三[1]、立花 英里[1]、岩本 洋子[3]、高橋 一生[4]、堀井 幸子[4]、Wong Shu-Kuan[5]、浜崎 恒二[5] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.広島大学大学院生物圏科学研究科、4.東京大学大学院農学生命科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACG42-06] Impacts of ammonia on gas-particle partition and AWC during the 2016 APHH-Beijing campaign: inducing effects of nitrate ammonium

*baozhu Ge[1]、Xiaobin Xu[2]、Zhiqiang Ma[3]、Xiaole PAN[1]、Zhe WANG[1,4]、Weili Lin[5]、Bin Ouyang[6]、Danhui Xu[1]、James Lee[7]、Mei Zheng[8]、Dongsheng Ji[1]、Yele Sun[1]、Huabin Dong[8]、Freya Anne Squires[7]、Pingqing Fu[1]、Zifa Wang[1] (1.State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory for Atmospheric Chemistry of China Meteorological Administration, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China、3.Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing, China、4.Research Institute for Applied Mechanics (RIAM), Kyushu University, Fukuoka, Japan、5.College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China、6.Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK、7.National Centre for Atmospheric Science Department of Chemistry, University of York, York, YO10 5DD, UK、8.State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing, 100871, China)

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

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

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)

[ACG42-P01] **Mixing States of Aged Black Carbon Collected over the Western North Pacific Ocean**

*吉末 百花[1]、桃井 裕広[1]、足立 光司[2]、矢吹 正教[3]、森 樹大[1]、水津 明穂[4]、児玉 真一[1,4]、三浦 和彦[1]、植松 光夫[4] (1.東京理科大学、2.気象研究所、3.京都大学、4.東京大学)

[ACG42-P02] **Influence of Deposition of Atmospheric Inorganic Nitrogen Compounds to Marine Ecosystem at Bay of Bengal**

*竹谷 文一[1]、相田 真希[1]、山地 一代[1,2]、関谷 高志[1]、池田 恒平[3]、橋岡 豪人[1]、本多 牧生[1]、松本 和彦[1]、金谷 有剛[1] (1.海洋研究開発機構、2.神戸大学、3.国立環境研究所)

[ACG42-P03] Carbon isotopic characterization of organic aerosols in tropical marine atmosphere at the Maïdo high-altitude observatory, Reunion Island

Sharmine Simu[1]、*宮崎 雄三[1]、OCTAVE Science Team (1.北海道大学低温科学研究所)

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

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

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)

[ACG42-P01] **Mixing States of Aged Black Carbon Collected over the Western North Pacific Ocean**

*吉末 百花[1]、桃井 裕広[1]、足立 光司[2]、矢吹 正教[3]、森 樹大[1]、水津 明穂[4]、児玉 真一[1,4]、三浦 和彦[1]、植松 光夫[4] (1.東京理科大学、2.気象研究所、3.京都大学、4.東京大学)

[ACG42-P02] **Influence of Deposition of Atmospheric Inorganic Nitrogen Compounds to Marine Ecosystem at Bay of Bengal**

*竹谷 文一[1]、相田 真希[1]、山地 一代[1,2]、関谷 高志[1]、池田 恒平[3]、橋岡 豪人[1]、本多 牧生[1]、松本 和彦[1]、金谷 有剛[1] (1.海洋研究開発機構、2.神戸大学、3.国立環境研究所)

[ACG42-P03] Carbon isotopic characterization of organic aerosols in tropical marine atmosphere at the Maïdo high-altitude observatory, Reunion Island

Sharmine Simu[1]、*宮崎 雄三[1]、OCTAVE Science Team (1.北海道大学低温科学研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[H-GM03] Geomorphology

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:Thomas Parkner、八反地 剛

13:45 ~ 14:00

[HGM03-01] Surface structure as a control for gully complex development in the Mackey`s block, North Island, New Zealand

*Thomas Parkner[1] (1.University of Tsukuba, Graduate School of Life and Environmental Sciences)

14:00 ~ 14:15

[HGM03-02] Model Linking Landslides and River Evolution of Incisional Channel Created by River Erosion

*Chia-Ting Kao[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University)

14:15 ~ 14:30

[HGM03-03] **A semi-automated method for extracting channels and channel profiles from LiDAR-derived digital elevation models**

*Pinliang Dong[1] (1.University of North Texas)

14:30 ~ 14:45

[HGM03-04] Laboratory experiments on the landform development

*大内 俊二[1] (1.中央大学理工学部)

14:45 ~ 15:00

[HGM03-05] Characteristics of lake sediment from southern part of Mongolia and comparison to meteorological data

*Uyangaa Udaanjargal[1]、Noriko Hasebe[1]、Keisuke Fukushi[1]、Tanaka Yukiya[2]、Davaadorj Davaasuren[4]、Makoto Sambo[1]、Baasansuren Gankhurel[1]、Nagayoshi Katsuta[3]、Shinya Ochiai[1]、Tuvshin Gerelmaa[4] (1.Kanazawa University、2.Kyunghee University、3.Gifu University、4.National University of Mongolia)

15:00 ~ 15:15

[HGM03-06] **Evaluation of geomorphological changes on Kujukuri beach based on UAV SfM**

*Mergen Kungaa[1]、Toshihiko Sugai[1]、Natsuki Sasaki[1]、Taiga Kimori[1]、Taro Funatsu (1.Tokyo University, Graduate School of Frontier Sciences, Department of Natural Environmental Studies)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

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

[H-GM03] Geomorphology

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

[HGM03-P01] Honeycomb Weathering (Tafoni) of Sandstone and Environmental Factors in Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

[HGM03-P02] Colluvial deposits in first-order streams and channel head migration by shallow landslides: Case study in granitic basins, Asaminami, Hiroshima, Japan

*八反地 剛[1]、児玉 龍也[2]、古市 剛久[3]、土志田 正二[4]、田中 靖[5] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学地球学類（元所属）、3.北海道大学、4.消防研究センター、5.駒澤大学)

[HGM03-P03] 河川の地形的特徴に対する岩質制限：モデル実験

*高瀬 裕太[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P04] Stream power modelに基づく岩盤河川の侵食速度と地形の発達段階

*今村 明弘[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P05] Downstream variation in gravel size of the Tenjin River system

*堀 和明[1]、米原 和哉[1] (1.名古屋大学環境学研究科地理学講座)

[HGM03-P06] Talus slope development in the time of deglaciation: a case study of the Rev Valley, SW Spitsbergen

*Krzysztof Senderak[1]、Marta Kondracka[1]、Bogdan Gądek[1] (1.Faculty of Earth Sciences, University of Silesia)

[HGM03-P07] **Distribution of Large Benthic Foraminifers in one of Majuro’s Conservation Areas – Drenmeo Island**

*Benedict Yamamura[1]、Kazuhiko Fujita[2]、Melba White[3]、Kyotak Ishiguro[3]、Hironobu Kan[1] (1.Kyushu University, Integrated Sciences for Global Society - Research Center for Coastal Seafloor 、2.Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus、3.Marshall Islands Marine Resources Authority)

[HGM03-P08] Luminescence chronology of fluvial and marine records from subsurface sediment cores: An insight into the geomorphic evolution of Kaveri delta, India

*kartika goswami[1]、Anbarasu Kumaresan[2]、Sivakumar Krishnan[2]、Senthil K. Sadasivam[2]、Manoj Kumar Jaiswal[1] (1.Department of Earth Sciences, Indian Institute of Science Education and Reserach Kolkata、2.National College Tiruchirappalli, India)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

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

[H-GM03] Geomorphology

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

[HGM03-P01] Honeycomb Weathering (Tafoni) of Sandstone and Environmental Factors in Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

[HGM03-P02] Colluvial deposits in first-order streams and channel head migration by shallow landslides: Case study in granitic basins, Asaminami, Hiroshima, Japan

*八反地 剛[1]、児玉 龍也[2]、古市 剛久[3]、土志田 正二[4]、田中 靖[5] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学地球学類（元所属）、3.北海道大学、4.消防研究センター、5.駒澤大学)

[HGM03-P03] 河川の地形的特徴に対する岩質制限：モデル実験

*高瀬 裕太[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P04] Stream power modelに基づく岩盤河川の侵食速度と地形の発達段階

*今村 明弘[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P05] Downstream variation in gravel size of the Tenjin River system

*堀 和明[1]、米原 和哉[1] (1.名古屋大学環境学研究科地理学講座)

[HGM03-P06] Talus slope development in the time of deglaciation: a case study of the Rev Valley, SW Spitsbergen

*Krzysztof Senderak[1]、Marta Kondracka[1]、Bogdan Gądek[1] (1.Faculty of Earth Sciences, University of Silesia)

[HGM03-P07] **Distribution of Large Benthic Foraminifers in one of Majuro’s Conservation Areas – Drenmeo Island**

*Benedict Yamamura[1]、Kazuhiko Fujita[2]、Melba White[3]、Kyotak Ishiguro[3]、Hironobu Kan[1] (1.Kyushu University, Integrated Sciences for Global Society - Research Center for Coastal Seafloor 、2.Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus、3.Marshall Islands Marine Resources Authority)

[HGM03-P08] Luminescence chronology of fluvial and marine records from subsurface sediment cores: An insight into the geomorphic evolution of Kaveri delta, India

*kartika goswami[1]、Anbarasu Kumaresan[2]、Sivakumar Krishnan[2]、Senthil K. Sadasivam[2]、Manoj Kumar Jaiswal[1] (1.Department of Earth Sciences, Indian Institute of Science Education and Reserach Kolkata、2.National College Tiruchirappalli, India)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:八反地 剛

9:00 ~ 9:15

[HGM04-01] 湿度変化により生じる塩類風化に関する室内実験

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

9:15 ~ 9:30

[HGM04-02] 風洞実験による新たな飛砂抑制装置の検証

*小玉 芳敬[1]、三枝 理子[2] (1.鳥取大学農学部、2.鳥取大学地域学部・学)

9:30 ~ 9:45

[HGM04-03] 大起伏山岳流域の地形形成過程における大規模岩盤崩壊と河道閉塞および堰止湖決壊洪水の普遍性: ネパールマルシャンディ川を例として

*松四 雄騎[1]、八木 浩司[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学 防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野、2.山形大学 地域教育文化学部、3.東京大学 総合研究博物館)

9:45 ~ 10:00

[HGM04-04] 基盤岩を覆う風化生成物の性質が土層の形成および輸送の速度に及ぼす影響：花崗岩およびホルンフェルスの斜面を事例に

*渡壁 卓磨[1]、松四 雄騎[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学総合博物館)

10:00 ~ 10:15

[HGM04-05] 斜面の洪水流出・崩壊発生の統合的予測に向けた鉛直不飽和浸透流の特性解析

*谷 誠[1]、松四 雄騎[2]、佐山 敬洋[2]、小島 永裕[3] (1.人間環境大学、2.京都大学防災研究所、3.滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:瀬戸 真之、島津 弘

10:45 ~ 11:00

[HGM04-06] ウズベキスタン南部，サマルカンドからバーミヤーンに至る古代道路ルート上にある「鉄門」の地形と洪水特性

*島津 弘[1] (1.立正大学地球環境科学部地理学科)

11:00 ~ 11:15

[HGM04-07] モンゴルオルゴイ湖掘削試料のOSL年代測定

*五十嵐 雄大[1]、長谷部 徳子[1]、勝田 長貴[2]、長谷川 精[3]、Davaasuren Davaadorj[4]、田中 幸哉[5]、Udaanjargal Uyangaa[1]、福士 圭介[1]、Niiden Ichinnorov[6] (1.金沢大学、2.岐阜大学、3.高知大学、4.モンゴル国立大学、5.キョンヒ大学、6.モンゴル科学アカデミー)

11:15 ~ 11:30

[HGM04-08] モンゴル南部の湖の古水位変動

*長谷部 徳子[1]、三寶 真[2]、Udaanjargal Uyangaa[2,3]、Ganbat Shuukaaz[3]、福士 圭介[1]、田中 幸哉[4]、Davaasuren Davaadorj[3] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学地球学教室、3.National University of Mongolia、4.Kyunghee University)

11:30 ~ 11:45

[HGM04-09] 高解像度３次元地形を用いたリーフ地形上での波浪変形・伝搬過程の数値的解明

*南舘 健太[1]、後藤 和久[2]、渡部 真史[3,4]、Volker Roeber[5,6]、渡久地 健[7]、三納 正美[8]、中島 洋典[9]、菅 浩伸[10] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東北大学大学院工学研究科、4.中央大学大学院理工学研究科、5.ハワイ大学、6.ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラドゥール大学、7.琉球大学、8.日本ミクニヤ株式会社、9.有明工業高等専門学校、10.九州大学大学院地球社会統合科学府)

11:45 ~ 12:00

[HGM04-10] 浅海底地形学：新たな分野の開拓と展望

*菅 浩伸[1]、堀 信行[2]、中井 達郎[3]、横山 祐典[4]、藤田 和彦[5]、長谷川 均[3]、中島 洋典[6]、浦田 健作[1]、鈴木 淳[7]、長尾 正之[7]、後藤 和久[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.首都大学東京・名誉教授、3.国士舘大学文学部地理学教室、4.東京大学大気海洋研究所、5.琉球大学理学部物質地球科学科、6.有明高専、7.産総研 地質情報、8.東北大学災害科学国際研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

[HGM04-P01] DEMから算出した地形特徴量に対する自己組織化マップ(SOM)を利用した自動地形分類の試み

*伊東 快起[1]、小田 義也[1]、松岡 俊文[2] (1.首都大学東京、2.深田地質研究所)

[HGM04-P02] **DEMを用いた流域の平均侵食量の関数化**

*山中 玲[1]、青木 賢人[1] (1.金沢大学)

[HGM04-P03] 地すべり崩壊地における土砂の移動とガリーの時系列的発達

*堀川 泰寛[1]、青木 賢人[2] (1.筑波大学、2.金沢大学)

[HGM04-P04] 地上レーザー測量（TSL）で識別される丘陵谷頭部の微細地形

*西城 潔[1]、古市 剛久[2]、今野 明咲香[3] (1.宮城教育大学、2.北海道大学農学研究院、3.常葉大学)

[HGM04-P05] 谷頭凹地の地下構造推定における電気探査の適用―筑波山花崗岩斜面における事例―

*吉原 直志[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HGM04-P06] 電気比抵抗探査に基づくドリーネの土層分布の推定
―山口県秋吉台カルストの事例―

*平本 直也[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学　大学院　生命環境科学研究科　地球科学専攻、2.筑波大学　生命環境系)

[HGM04-P07] 東京都伊豆諸島八丈島の三原山東側斜面にみられる甌穴(ポットホール)群とその成因

*石橋 隆[1]、松味 智晃[2]、樋口 蓮[2]、山本 由樹[2]、島田 圭吾[2]、森本 浩友[2]、島田 努[3]、朝倉 顯爾[4] (1.公益財団法人益富地学会館、2.立命館大学探検部、3.ポットホール調査隊、4.京都大学大学院理学研究科)

[HGM04-P08] 多摩川・荒川上流河谷における，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化

*高橋 尚志[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P09] 大磯丘陵東部における吉沢層構成礫の特徴から見た地形発達史と活構造の推定

*村木 昌弘[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P10] 鳥取県東部千代川における大規模出水の繰り返しによる砂礫移動と護岸崩壊

*小玉 芳敬[1]、竹本 健人[2] (1.鳥取大学農学部、2.兵庫県)

[HGM04-P11] 遷急点の後退からみた大隅半島串良川における阿多火砕流堆積以降の下刻過程

*高波 紳太郎[1] (1.明治大学)

[HGM04-P12] **日本列島における海成段丘と海底段丘の分布の比較**

*小松 哲也[1]、日浦 祐樹[1]、高橋 尚志[2]、舟津 太郎[2]、村木 昌弘[2]、木森 大我[2]、須貝 俊彦[2] (1.国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P13] 与那国島南海岸の海蝕地形

*木村 颯[1]、浦田 健作[2]、長谷川 均[3]、市原 季彦[4]、鈴木 淳[5]、堀 信行[6]、菅 浩伸[2] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院 、3.国士舘大学 、4.堆積環境リサーチ、5.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門 、6.奈良大学地理学科)

[HGM04-P14] 奄美大島住用湾の海底地形 ―マルチビーム測深による可視化―

*田中 美保[1]、渡久地 健[2]、堀 信行[3]、木村 颯[4]、今井 志彦[5]、中島 洋典[6]、名島 弥生[7]、菅 浩伸[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.琉球大学、3.首都大学東京、4.九州大学工学部、5.岡山大学理学部、6.有明工業高等専門学校、7.総合研究大学院大学、8.九州大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

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

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

[HGM04-P01] DEMから算出した地形特徴量に対する自己組織化マップ(SOM)を利用した自動地形分類の試み

*伊東 快起[1]、小田 義也[1]、松岡 俊文[2] (1.首都大学東京、2.深田地質研究所)

[HGM04-P02] **DEMを用いた流域の平均侵食量の関数化**

*山中 玲[1]、青木 賢人[1] (1.金沢大学)

[HGM04-P03] 地すべり崩壊地における土砂の移動とガリーの時系列的発達

*堀川 泰寛[1]、青木 賢人[2] (1.筑波大学、2.金沢大学)

[HGM04-P04] 地上レーザー測量（TSL）で識別される丘陵谷頭部の微細地形

*西城 潔[1]、古市 剛久[2]、今野 明咲香[3] (1.宮城教育大学、2.北海道大学農学研究院、3.常葉大学)

[HGM04-P05] 谷頭凹地の地下構造推定における電気探査の適用―筑波山花崗岩斜面における事例―

*吉原 直志[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HGM04-P06] 電気比抵抗探査に基づくドリーネの土層分布の推定
―山口県秋吉台カルストの事例―

*平本 直也[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学　大学院　生命環境科学研究科　地球科学専攻、2.筑波大学　生命環境系)

[HGM04-P07] 東京都伊豆諸島八丈島の三原山東側斜面にみられる甌穴(ポットホール)群とその成因

*石橋 隆[1]、松味 智晃[2]、樋口 蓮[2]、山本 由樹[2]、島田 圭吾[2]、森本 浩友[2]、島田 努[3]、朝倉 顯爾[4] (1.公益財団法人益富地学会館、2.立命館大学探検部、3.ポットホール調査隊、4.京都大学大学院理学研究科)

[HGM04-P08] 多摩川・荒川上流河谷における，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化

*高橋 尚志[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P09] 大磯丘陵東部における吉沢層構成礫の特徴から見た地形発達史と活構造の推定

*村木 昌弘[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P10] 鳥取県東部千代川における大規模出水の繰り返しによる砂礫移動と護岸崩壊

*小玉 芳敬[1]、竹本 健人[2] (1.鳥取大学農学部、2.兵庫県)

[HGM04-P11] 遷急点の後退からみた大隅半島串良川における阿多火砕流堆積以降の下刻過程

*高波 紳太郎[1] (1.明治大学)

[HGM04-P12] **日本列島における海成段丘と海底段丘の分布の比較**

*小松 哲也[1]、日浦 祐樹[1]、高橋 尚志[2]、舟津 太郎[2]、村木 昌弘[2]、木森 大我[2]、須貝 俊彦[2] (1.国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P13] 与那国島南海岸の海蝕地形

*木村 颯[1]、浦田 健作[2]、長谷川 均[3]、市原 季彦[4]、鈴木 淳[5]、堀 信行[6]、菅 浩伸[2] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院 、3.国士舘大学 、4.堆積環境リサーチ、5.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門 、6.奈良大学地理学科)

[HGM04-P14] 奄美大島住用湾の海底地形 ―マルチビーム測深による可視化―

*田中 美保[1]、渡久地 健[2]、堀 信行[3]、木村 颯[4]、今井 志彦[5]、中島 洋典[6]、名島 弥生[7]、菅 浩伸[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.琉球大学、3.首都大学東京、4.九州大学工学部、5.岡山大学理学部、6.有明工業高等専門学校、7.総合研究大学院大学、8.九州大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人　地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所)

9:00 ~ 9:15

[HSC07-01] 二酸化炭素圧入時の海洋潮汐荷重に対する間隙圧応答変化の数値解析

*赤木 俊文[1]、山本 肇[1] (1.大成建設株式会社)

9:15 ~ 9:30

[HSC07-02] Relationship between rock deformation and permeability evolution during fracturing in rocks for CCUS technology

*藤井 孝志[1]、雷 興林[1]、徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

9:30 ~ 9:45

[HSC07-03] 光ファイバーセンシング技術およびひずみゲージを用いた泥岩中の化学的浸透による岩石の変形の定量化と計測された歪挙動の比較

*廣田 翔伍[1]、徳永 朋祥[1]、薛 自求[2]、朴 赫[2] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、2.公益財団法人地球環境産業事業研究機構)

9:45 ~ 10:00

[HSC07-04] 塩水層へのCO_2貯留で発生しうる乾燥状況を想定した塩の析出実験

*森垣 勇人[1,2]、愛知 正温[1] (1.東京大学、2.東芝エネルギーシステムズ（株）)

10:00 ~ 10:15

[HSC07-05] 拡張ヤングラプラス式によるCO_2/塩水/鉱物系での濡れ性に関する熱力学的アプローチ

*志賀 正茂[1,2]、徂徠 正夫[1]、愛知 正温[2]、本田 博巳[2] (1.産総研、2.東京大学)

10:15 ~ 10:30

[HSC07-06] ハイドレートを利用したCO2地中貯留の提案

*鳥羽瀬 孝臣[1] (1.電源開発株式会社)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

10:45 ~ 12:15 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人　地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

10:45 ~ 11:00

[HSC07-07] 大規模地質モデルを用いたCO_2挙動解析

*重岡 優希[1]、西山 治希[1]、木野戸 広[1]、鳥羽瀬 孝臣[2]、中島 崇裕[3]、薛 自求[3] (1.株式会社JPビジネスサービス、2.電源開発株式会社、3.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:00 ~ 11:15

[HSC07-08] **Monitoring hydromechanical responses in aquifer by distributed fiber-optic strain sensing: From lab to field**

*張 毅[1,2]、薛 自求[1,2]、橋本 励[1,2]、朴 赫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:15 ~ 11:30

[HSC07-09] **Field Testing of Hybrid Brillouin-Rayleigh Distributed Sensing System for Subsurface Water Injection Monitoring**

*Yankun Sun[1,2]、Ziqiu Xue[1,2]、Tsutomu Hashimoto[1,2]、Xinglin Lei[3]、Yi Zhang[1,2] (1.Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

11:30 ~ 11:45

[HSC07-10] Gravity monitoring using superconducting gravimeters near the seashore at the Tomakomai CCS demonstration site

*後藤 宏樹[1,2]、杉原 光彦[1,2]、池田 博[3]、西 祐司[1,2]、石戸 経士[1,2]、徂徠 正夫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.産業技術総合研究所、3.筑波大学)

11:45 ~ 12:00

[HSC07-11] マイクロバブルCO_2圧入フィールドパイロット試験　ー計画と準備ー

*中川 和則[1]、上田 良[1]、中野 正則[1]、薛 自求[2] (1.石油資源開発株式会社、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

12:00 ~ 12:15

[HSC07-12] Mechanisms inducing anomalously high pCO_2 without CO_2 leakage in coastal environment

*渡辺 雄二[1,2]、内本 圭亮[1,2]、西村 真[1,2]、三戸 彩絵子[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人　地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HSC07-P01] 苫小牧CO_2圧入サイトの地震イベント震源決定精度の評価：数値シミュレーション研究

*王 璐琛[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P02] 機械学習による孔隙率分布推定の技術的課題：長岡CCSサイトの例

*三善 孝之[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P03] 貯留層中の超臨界CO_2影響評価のための繰り返し音波検層における振幅減少情報の利用

*中島 崇裕[2,1]、王 璐琛[2,1]、薛 自求[2,1] (1.（公財）地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P04] **Geological sequestration in saline carbonate formations: CO_2-brine-rock interaction**

*Shachi Shachi[1]、Brijesh Kumar Yadav[1]、Mohammad Azizur Rahman[2]、Mayur Pal[3] (1.Indian Institute of Technology Roorkee、2.Texas A&M University Qatar、3.North Oil Company, Qatar)

[HSC07-P05] 炭酸塩反応に伴うキャップロック模擬岩石の遮蔽性能変化

*徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)

[HSC07-P06] **CO_2 migration characteristics of microbubble and conventional sequestration in Berea sandstone revealed by X-ray CT imaging**

*Hongyu Zhai[1,2]、Yi Zhang[1,2]、Hyuck Park[1,2]、Ziqiu Xue[1,2] (1.Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association,9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE),9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan)

[HSC07-P07] CO_2 注入試料の光ファイバーによるひずみ検出

*朴 赫[1]、孫 艷坤[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人 地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P08] 光ファイバーにより計測された地層変形とその堆積学的解釈：房総半島砂泥互層帯水層の例

*伊藤 拓馬[1,2]、橋本 励[1,2]、薛 自求[1,2] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P09] How many data are necessary to make a suitable threshold for anomalous pCO_2 owing to CO_2 leakage?

*内本 圭亮[1,2]、渡辺 雄二[1,2]、西村 真[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人　地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HSC07-P01] 苫小牧CO_2圧入サイトの地震イベント震源決定精度の評価：数値シミュレーション研究

*王 璐琛[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P02] 機械学習による孔隙率分布推定の技術的課題：長岡CCSサイトの例

*三善 孝之[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P03] 貯留層中の超臨界CO_2影響評価のための繰り返し音波検層における振幅減少情報の利用

*中島 崇裕[2,1]、王 璐琛[2,1]、薛 自求[2,1] (1.（公財）地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P04] **Geological sequestration in saline carbonate formations: CO_2-brine-rock interaction**

*Shachi Shachi[1]、Brijesh Kumar Yadav[1]、Mohammad Azizur Rahman[2]、Mayur Pal[3] (1.Indian Institute of Technology Roorkee、2.Texas A&M University Qatar、3.North Oil Company, Qatar)

[HSC07-P05] 炭酸塩反応に伴うキャップロック模擬岩石の遮蔽性能変化

*徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)

[HSC07-P06] **CO_2 migration characteristics of microbubble and conventional sequestration in Berea sandstone revealed by X-ray CT imaging**

*Hongyu Zhai[1,2]、Yi Zhang[1,2]、Hyuck Park[1,2]、Ziqiu Xue[1,2] (1.Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association,9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE),9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan)

[HSC07-P07] CO_2 注入試料の光ファイバーによるひずみ検出

*朴 赫[1]、孫 艷坤[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人 地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P08] 光ファイバーにより計測された地層変形とその堆積学的解釈：房総半島砂泥互層帯水層の例

*伊藤 拓馬[1,2]、橋本 励[1,2]、薛 自求[1,2] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P09] How many data are necessary to make a suitable threshold for anomalous pCO_2 owing to CO_2 leakage?

*内本 圭亮[1,2]、渡辺 雄二[1,2]、西村 真[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)、座長:Elena Petrova、Hajime Matsushima

9:00 ~ 9:15

[HDS10-01] 海岸砂丘の生態系サービスを活用した人々の暮らし

★招待講演

*金子 是久[1] (1.北総生き物研究会)

9:15 ~ 9:30

[HDS10-02] Survey on the Impact of Sea wall on the Vegetation of Coastal sand dune

*鐘 向梅[1]、松島 肇[2]、鈴木 玲[3]、平吹 喜彦[4]、木村 浩二[5] (1.北海道大学大学院農学院、2.北海道大学大学院農学研究院、3.北の里浜 花のかけはしネットワーク、4.東北学院大学教養部、5.雪印種苗株式会社)

9:30 ~ 9:45

[HDS10-03] Greening on the seawall: challenge to conversion from gray to green infrastructure.

★Invited Papers

*松島 肇[1]、鈴木 玲[2]、木村 浩二[4]、鐘 向梅[5]、平吹 喜彦[3] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.北の里浜花のかけはしネットワーク、3.東北学院大学教養部、4.雪印種苗株式会社、5.北海道大学大学院農学院)

9:45 ~ 10:00

[HDS10-04] Distribution Characteristics of Informal Green Space and Its Extension of perspective into Green Infrastructure

*minseo kim[1]、Katsunori Furuya[1] (1.Chiba University Graduate School of Horticulture)

10:00 ~ 10:15

[HDS10-05] **DISASTER ANALYSIS OF LIGHTNING STRIKE DENSITY BASED ON LANDFORM FOR REDUCING VICTIMS IN WONOSOBO, INDONESIA**

*Astry Zulky Permatasari[1]、Gagad Nur Ridho[1]、Yan Abdi Rahmanu[1]、Emilya Nurjani[1] (1.Gadjah Mada University)

10:15 ~ 10:30

[HDS10-06] Development of Cost Competitive Unmanned Aerial Vehicle for Search and Rescue

*Aditya Keshav Natoo

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

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)

[HDS10-P01] **The 2018 Activity of Kamchatka Volcanoes and Danger to Aviation**

*Olga Girina[1]、Dmitry Melnikov[1]、Alexander Manevich[1]、Anton Nuzhdaev[1]、Elena Petrova[2] (1.Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences、2.M.V. Lomonosov Moscow State University)

[HDS10-P02] Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

★招待講演

*Aragane Keita[1]、Funakubo Satoshi[1] (1.National Institute for Land Infrastructure Management)

[HDS10-P03] EMERGENCY CALL PATTERN IN PETROZAVODSK

*Boris Zalmanovich Belashev[1]、Natalia Vladimirovna Krutskikh[1]、Anna Aleksandrovna Gerasimova[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P04] IDENTIFYING “REGIMES” IN THE TIME SEQUENCES OF PROCESSES

*Boris Zalmanovich Belashev[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P05] **Investigation of status and demand on public service of earthquake disaster mitigation in China**

*Lina Dong[1]、Weiping Lian[1]、Weitao Chen[1] (1.Development Research Center, China Earthquake Administration)

[HDS10-P06] Analysis of Eco-DRR and Ecological Services using InVEST at the Disaster Areas of Kumamoto Earthquake

*唐 明暉[1]、藤田 直子[1] (1.九州大学)

[HDS10-P07] Transformation as praxis: Exploring socially just and transdisciplinary pathways to sustainability in marginal environments (TAPESTRY)

*大手 信人[1]、Mehta Lyla[2]、Movik Synne[3]、Parthasarathy Devanathan [4] (1.京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻、2.Institute of Development Studies at the University of Sussex、3.Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences、4.Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology)

[HDS10-P08] Study for the Establishment of the Design for Disaster prevention through the survey of Recognition of tsunami disaster prevention from the viewpoint of green infrastructure in the coastal area of Kyushu-Pacific region.

*徐　[1]、藤田 直子[1]、唐 明暉[1] (1.九州大学)

[HDS10-P09] Design for Green Infrastructure: Analysis of Landscape change in the Kumamoto earthquake area

★Invited Papers

*藤田 直子[1] (1.九州大学)

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

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

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)

[HDS10-P01] **The 2018 Activity of Kamchatka Volcanoes and Danger to Aviation**

*Olga Girina[1]、Dmitry Melnikov[1]、Alexander Manevich[1]、Anton Nuzhdaev[1]、Elena Petrova[2] (1.Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences、2.M.V. Lomonosov Moscow State University)

[HDS10-P02] Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

★招待講演

*Aragane Keita[1]、Funakubo Satoshi[1] (1.National Institute for Land Infrastructure Management)

[HDS10-P03] EMERGENCY CALL PATTERN IN PETROZAVODSK

*Boris Zalmanovich Belashev[1]、Natalia Vladimirovna Krutskikh[1]、Anna Aleksandrovna Gerasimova[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P04] IDENTIFYING “REGIMES” IN THE TIME SEQUENCES OF PROCESSES

*Boris Zalmanovich Belashev[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P05] **Investigation of status and demand on public service of earthquake disaster mitigation in China**

*Lina Dong[1]、Weiping Lian[1]、Weitao Chen[1] (1.Development Research Center, China Earthquake Administration)

[HDS10-P06] Analysis of Eco-DRR and Ecological Services using InVEST at the Disaster Areas of Kumamoto Earthquake

*唐 明暉[1]、藤田 直子[1] (1.九州大学)

[HDS10-P07] Transformation as praxis: Exploring socially just and transdisciplinary pathways to sustainability in marginal environments (TAPESTRY)

*大手 信人[1]、Mehta Lyla[2]、Movik Synne[3]、Parthasarathy Devanathan [4] (1.京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻、2.Institute of Development Studies at the University of Sussex、3.Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences、4.Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology)

[HDS10-P08] Study for the Establishment of the Design for Disaster prevention through the survey of Recognition of tsunami disaster prevention from the viewpoint of green infrastructure in the coastal area of Kyushu-Pacific region.

*徐　[1]、藤田 直子[1]、唐 明暉[1] (1.九州大学)

[HDS10-P09] Design for Green Infrastructure: Analysis of Landscape change in the Kumamoto earthquake area

★Invited Papers

*藤田 直子[1] (1.九州大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

13:45 ~ 15:15 | 301B 3F

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)、座長:Hajime Matsushima、Elena Petrova

13:45 ~ 14:00

[HDS10-07] **Seasonal variations of atmospheric hazard impacts on infrastructure**

★Invited Papers

*ELENA PETROVA[1] (1.Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)

14:00 ~ 14:15

[HDS10-08] 大地震によって引き起こされる化学物質流出事故後の浄水場機能に対する影響と対策オプション評価

*伊藤 理彩[1]、中久保 豊彦[2]、小島 直也[1]、東海 明宏[1] (1.大阪大学 大学院工学研究科、2.お茶の水女子大学 基幹研究院)

14:15 ~ 14:30

[HDS10-09] Development of disaster risk management plan of a thermal power plant: Spearheading the paradigm shift from disaster management to disaster risk management of NATECH in India

*Repaul Kanji[1]、Madan Mohan Rout[2]、Ankur Srivastava[3] (1.Gujarat Institute of Disaster Management, Gandhinagar, Gujarat, India、2.Institute of Seismological Research, Gandhinagar, India、3.Indian Institute of Technology Delhi, India)

14:30 ~ 14:45

[HDS10-10] **Applying Transfer Learning to Improve Machine Learning Impact Model at Extremes**

*Peter Lawrence Watson[1]、Manos Anagnostou[1]、David Wanik[1] (1.University of Connecticut)

14:45 ~ 15:00

[HDS10-11] rescEU, the European Union Civil Protection System UCPM and the future role of Geosciences in natural disaster reduction

*Andreas Nikolaus Kueppers[1] (1.GFZ - Deutsches Geoforschungszentrum - Helmholtz Zentrum Potsdam)

15:00 ~ 15:15

[HDS10-12] The Probability of Satellite Anomalies by a Disastrous Solar Flare

*関 大吉[1,2,3] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.ケンブリッジ大学極端リスク研究センター、3.京都大学大学院理学研究科附属天文台)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

15:30 ~ 17:00 | 301B 3F

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)、座長:Elena Petrova、Hajime Matsushima

15:30 ~ 15:50

[HDS10-13] 東京都における防災公園の維持管理について

★招待講演

*菊池 正芳[1] (1.公益財団法人東京都公園協会)

15:50 ~ 16:05

[HDS10-14] Rebuilding Tourism after the Great East Japan Earthquake and Examining Post-Disaster Tourism in Kamaishi City

*佐々木 啓[1]、山本 清龍[2]、佐々木 薫子[3] (1.岩手大学、2.東京大学、3.北海道大学)

16:05 ~ 16:20

[HDS10-15] Population Change in Ishinomaki City, Miyagi Prefecture, with a Focus on the Area around the Earthquake Ruins

*西坂 涼[1]、古谷 勝則[1] (1.千葉大学)

16:20 ~ 16:35

[HDS10-16] The Way of Seeing the Atomic Bomb Dome and the Relationship with Viewers' Attributes

*安原 有紗[1]、山本 清龍[1]、下村 彰男[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:35 ~ 16:50

[HDS10-17] スリランカ国ラトゥナプラ市における洪水リスク分析

*土田 亮[1]、寶 馨[1] (1.京都大学大学院総合生存学館)

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

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

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

9:00 ~ 9:15

[HDS13-07] S-net水圧データを活用した津波遡上即時予測システム

*鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、三好 崇之[1]、青井 真[1] (1.防災科学技術研究所)

9:15 ~ 9:30

[HDS13-08] アウターライズ地震による津波の即時予測手法の再検討

*近貞 直孝[1]、馬場 俊孝[2] (1.防災科研、2.徳島大学)

9:30 ~ 9:45

[HDS13-09] ガウス過程回帰による海底水圧データからの最大津波高予測

*高橋 光太郎[1]、柏原 健之朗[1]、五十嵐 康彦[1,2]、馬場 俊孝[3]、堀 高峰[4]、岡田 真人[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.徳島大学大学院社会産業理工学研究部、4.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター)

9:45 ~ 10:00

[HDS13-10] 津波減衰過程を正しく表現するための非線形長波方程式の差分式の改良

*南 雅晃[1] (1.気象庁気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[HDS13-11] 中米地域に対して開発された即時津波遡上予測手法

*谷岡 勇市郎[1]、Ulbert Grillo[2]、Greyving Arguello[2]、Amilcar Cabrera[2] (1.北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター、2.ニカラグア国土研究所)

10:15 ~ 10:30

[HDS13-12] 海底断層近傍におけるDONET水圧記録と強震加速度記録の比較

*水谷 歩[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学 理学院 自然史科学専攻 地球惑星ダイナミクス分野)

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

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:今井 健太郎、馬場 俊孝(徳島大学大学院理工学研究部)

10:45 ~ 11:00

[HDS13-13] Investigation of variation in multiple tsunami inundation modelling

*鴫原 良典[1]、今井 健太郎[2]、岩瀬 浩之[3]、川崎 浩司[4]、根本 信[5]、馬場 俊孝[6]、近貞 直孝[7]、千田 優[8]、有川 太郎[9] (1.防衛大学校システム工学群建設環境工学科、2.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、3.株式会社エコー、4.株式会社ハイドロ総合技術研究所、5.応用地質株式会社、6.徳島大学大学院産業理工学研究部、7.防災科学技術研究所、8.港湾空港技術研究所、9.中央大学理工学部都市環境学科)

11:00 ~ 11:15

[HDS13-14] 津波遡上計算のためのSGS建物抗力モデルの開発

*福井 信気[1]、森 信人[2] (1.京都大学工学研究科、2.京都大学防災研究所)

11:15 ~ 11:30

[HDS13-15] 土砂移動モデルを用いた断層パラメータと配置による津波堆積物形成に関する数値実験

*山本 阿子[1]、高橋 智幸[2]、原田 賢治[3] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2.関西大学、3.静岡大学)

11:30 ~ 11:45

[HDS13-16] 高知県広域における南海トラフ巨大地震の津波による土砂移動影響の潜在性評価

*山下 啓[1]、菅原 大助[2]、門廻 充侍[1]、有川 太郎[3]、高橋 智幸[4]、今村 文彦[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.ふじのくに地球環境史ミュージアム、3.中央大学理工学部、4.関西大学社会安全学部)

11:45 ~ 12:00

[HDS13-17] 慶長九年十二月十六日(1605 II 3)地震の東海・四国・九州地方の津波被害

*都司 嘉宣[1]、今井 健太郎[2]、蛯名 裕一[3]、岩瀬 浩之[4]、大林 涼子[2] (1.四万十市、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学災害科学国際研究所、4.株式会社エコー)

12:00 ~ 12:15

[HDS13-18] 1854年安政東海地震の津波高分布に関する再検討

*今井 健太郎[1]、蝦名 裕一[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]、堀 高峰[1]、高橋 成実[1,5]、古村 孝志[6] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東北大学災害科学国際研究所、3.四万十市、4.株式会社エコー、5.国立研究開発法人防災科学技術研究所、6.東京大学地震研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院)、荒岡 大輔

10:45 ~ 11:15

[HRE16-01] クロムの濃集における水の役割

★招待講演

*荒井 章司[1] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系)

11:15 ~ 11:30

[HRE16-02] 伊豆小笠原弧海域に位置する明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘におけるチムニー鉱石の鉱物学的特徴

川口 真治[1]、*米津 幸太郎[1]、Thomas Tindell[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、大友 陽子[4]、渡邊 公一郎[1] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター　、4.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[HRE16-03] Organic matters and acid-sulfate alteration in Itomuka Mine, Hokkaido, Japan: implications for the transportation and deposition mechanisms of mercury

*越後 拓也[1]、木股 三善[2]、清水 雅浩[2] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科、2.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

11:45 ~ 12:00

[HRE16-04] **Significances of 12 Ma manganese ores in the Hokuroku district, Akita: unique Mn accumulation and interaction with organic matter during submarine hydrothermal activities**

*塚本 雄也[1]、掛川 武[1] (1.東北大学理学研究科地学専攻)

12:00 ~ 12:15

[HRE16-05] Microbial communities around ca. 2.7 Ga submarine hydrothermal fields at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada

*大里 武[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学)

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

13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:野崎 達生(海洋研究開発機構)、高橋 亮平(秋田大学国際資源学部)

13:45 ~ 14:15

[HRE16-06] 微小加工法および高分解能電顕法の先鋭化と資源地質学への応用可能性

★招待講演

*富岡 尚敬[1]、甕 聡子[1]、兒玉 優[2]、伊藤 元雄[1] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.マリーン・ワーク・ジャパン)

14:15 ~ 14:30

[HRE16-07] 中国イオン吸着型鉱床における希土類元素についての微視的研究

*向井 広樹[1]、昆 慶明[1]、実松 健造[1]、高橋 嘉夫[2]、伊藤 元雄[3] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

14:30 ~ 14:45

[HRE16-08] Geochemical features of “invisible gold” in pyrites from the Akeshi and Kasuga deposits, Kagoshima, Japan

*石田 美月[1]、Rurik Romeo[2,3]、Mathieu Leisen[2,3]、鳥本 淳司[4]、野崎 達生[4,5,6,7]、安川 和孝[1,6]、藤永 公一郎[6,1]、中村 謙太郎[1]、Martin Reich[2,3]、加藤 泰浩[1,6,5] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.チリ大学数物科学研究科地質学専攻卓越アンデス地熱センター、3.チリ大学数物科学研究科沈み込み帯における物質循環解明ミレニアム基点、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構、5.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、6.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、7.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

14:45 ~ 15:00

[HRE16-09] Hydrothermal Mineral Assemblage of the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines

*Avriel Venis Literal Cirineo[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Noel C. Oliveros[3]、Redempta P. Baluda[3]、Victor B. Maglambayan[3]、Roy Ronald C. Luis[3]、Maria Lourdes M. Faustino[3] (1.Graduate School of International Resource Sciences, Akita University、2.Faculty of Engineering, Kyushu University、3.Philex Mining Corporation)

15:00 ~ 15:15

[HRE16-10] 風化型希土類鉱床の特徴と成因

★招待講演

*実松 健造[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　鉱物資源研究グループ)

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

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

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

[HRE16-P01] Mineral Chemistry and Petrogenesis of the Mazua Ultramafic Massif, Northern Mozambique: Constraints on the Associated Fe-Ti Oxides Deposit

*David Augusto Bene Unganai[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Daud Liace Jamal[3]、Takashi Hoshide[1] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P02] **Ni-Cu-PGM Mineralisation in the Bastard Reef and Merensky Reef of the Flatreef section, Turfspruit Farm, Northern Limb, Bushveld Igneous Complex, South Africa.**

*MOKHIRI MALESELA MAKHAFOLA[1]、Tsubasa Otake[1]、Tsutomu Sato[1]、Danie Grobler[2] (1.Hokkaido University、2.Ivanplats Pty. Ltd)

[HRE16-P03] インドネシア・パプア州グラスベルグ斑岩銅ー金鉱床における鉱化作用の特徴

*川嵜 兼彦[1]、米津 幸太郎[2]、Reza Furqan[3]、Benny Bensaman[4]、Mega Rosana[4] (1.九州大学大学院工学府、2.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、3.PT Freeport Indonesia、4.Department of Geology, Padjadjaran University)

[HRE16-P04] Formation of Ni-bearing minerals during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar

*室伏 文佳[1]、伊藤 茜[1]、大竹 翼[2]、実松 健造[3]、Kyaw Zay Ya[1,4]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院、3.国立研究開発法人 産業技術総合研究所、4.地質調査鉱物探鉱局)

[HRE16-P05] Geological Characteristics and Mineralogy of the Makorungo and Nalia Gold Prospects, Northeastern Mozambique

*Manuel Augusto Manuel Nopeia[1]、Ryohei Takahashi[1]、Akira Imai[2]、Daud Liace Jamal[3] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P06] Geochemical features of the Hishikari epithermal gold deposit based on simultaneous multi-element analysis

*西田 草太[1]、石田 美月[1]、安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[HRE16-P07] Transformation of ore minerals and their geochemical signatures in submarine hydrothermal ore deposits in Izena Hole, Okinawa Trough

*池島 拓郎[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]、伊藤 茜[1]、小野 修司[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、熊谷 英憲[3]、前田 玲奈[3] (1.北海道大学、2.九州大学、3.海洋研究開発機構)

[HRE16-P08] Geochemical behavior of heavy metals during wastewater treatment in Chingola Stream of the Zambia Copperbelt

*Cryton Phiri[1]、Daiki Shimazui[2]、Tsutomu Sato[2]、Tsubasa Otake[2] (1.University of Zambia、2.Hokkaido University)

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

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

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

[HRE16-P01] Mineral Chemistry and Petrogenesis of the Mazua Ultramafic Massif, Northern Mozambique: Constraints on the Associated Fe-Ti Oxides Deposit

*David Augusto Bene Unganai[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Daud Liace Jamal[3]、Takashi Hoshide[1] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P02] **Ni-Cu-PGM Mineralisation in the Bastard Reef and Merensky Reef of the Flatreef section, Turfspruit Farm, Northern Limb, Bushveld Igneous Complex, South Africa.**

*MOKHIRI MALESELA MAKHAFOLA[1]、Tsubasa Otake[1]、Tsutomu Sato[1]、Danie Grobler[2] (1.Hokkaido University、2.Ivanplats Pty. Ltd)

[HRE16-P03] インドネシア・パプア州グラスベルグ斑岩銅ー金鉱床における鉱化作用の特徴

*川嵜 兼彦[1]、米津 幸太郎[2]、Reza Furqan[3]、Benny Bensaman[4]、Mega Rosana[4] (1.九州大学大学院工学府、2.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、3.PT Freeport Indonesia、4.Department of Geology, Padjadjaran University)

[HRE16-P04] Formation of Ni-bearing minerals during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar

*室伏 文佳[1]、伊藤 茜[1]、大竹 翼[2]、実松 健造[3]、Kyaw Zay Ya[1,4]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院、3.国立研究開発法人 産業技術総合研究所、4.地質調査鉱物探鉱局)

[HRE16-P05] Geological Characteristics and Mineralogy of the Makorungo and Nalia Gold Prospects, Northeastern Mozambique

*Manuel Augusto Manuel Nopeia[1]、Ryohei Takahashi[1]、Akira Imai[2]、Daud Liace Jamal[3] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P06] Geochemical features of the Hishikari epithermal gold deposit based on simultaneous multi-element analysis

*西田 草太[1]、石田 美月[1]、安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[HRE16-P07] Transformation of ore minerals and their geochemical signatures in submarine hydrothermal ore deposits in Izena Hole, Okinawa Trough

*池島 拓郎[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]、伊藤 茜[1]、小野 修司[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、熊谷 英憲[3]、前田 玲奈[3] (1.北海道大学、2.九州大学、3.海洋研究開発機構)

[HRE16-P08] Geochemical behavior of heavy metals during wastewater treatment in Chingola Stream of the Zambia Copperbelt

*Cryton Phiri[1]、Daiki Shimazui[2]、Tsutomu Sato[2]、Tsubasa Otake[2] (1.University of Zambia、2.Hokkaido University)

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

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

[H-TT21] 石造文化財に応用可能な非破壊分析

コンビーナ:小口 千明(埼玉大学大学院理工学研究科)、Celine Elise Thomachot-Schneider(Groupe d'etude des environnements naturels, anthropiques et archeologiques - Universite de Reims-Champagne-Ardenne (France))、宋 苑瑞(早稲田大学)、Miguel Gomez-Heras(Universidad Autonoma de Madrid)

[HTT21-P01] **Comparison and Analysis of GNSS-RTK Combined with 3D LiDAR Technology on Monument Maintenance Project**

*Lih-Shinn Hwang[1]、Chien-Hua Chiu[1]、Chien-Wen Wang[1]、Hsiao-Hung Chen[1] (1.National Defense Univ.)

[HTT21-P02] Non-destructive field measurement for investigation of deteriorated parts of an artificial cave

坂根 海征[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2] (1.埼玉大学大学院理工学研究科、2.田谷の洞窟保存実行委員会)

[HTT21-P03] Ultra-portable thermal cameras for moisture detection

*Miguel Gomez-Heras[1]、Laura Lopez-Gonzalez[2]、Maria Teresa Gil-Muñoz[3] (1.Universidad Autonoma de Madrid、2.Artfabrik、3.Universidad Complutense de Madrid)

[HTT21-P04] A laboratory experiment on stone decay by combination of salt and ice crystallization

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HTT21-P05] Study of the micro-climatic monitoring on the Saint-Remi Basilica (Rheims, France)

*Huby Emilie[1]、Celine Thomachot-Schneider[1]、Patricia Vazquez[1]、Gilles Fronteau[1] (1.Universite de Reims-Champagne-Ardenne)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[H-TT21] 石造文化財に応用可能な非破壊分析

コンビーナ:小口 千明(埼玉大学大学院理工学研究科)、Celine Elise Thomachot-Schneider(Groupe d'etude des environnements naturels, anthropiques et archeologiques - Universite de Reims-Champagne-Ardenne (France))、宋 苑瑞(早稲田大学)、Miguel Gomez-Heras(Universidad Autonoma de Madrid)

[HTT21-P01] **Comparison and Analysis of GNSS-RTK Combined with 3D LiDAR Technology on Monument Maintenance Project**

*Lih-Shinn Hwang[1]、Chien-Hua Chiu[1]、Chien-Wen Wang[1]、Hsiao-Hung Chen[1] (1.National Defense Univ.)

[HTT21-P02] Non-destructive field measurement for investigation of deteriorated parts of an artificial cave

坂根 海征[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2] (1.埼玉大学大学院理工学研究科、2.田谷の洞窟保存実行委員会)

[HTT21-P03] Ultra-portable thermal cameras for moisture detection

*Miguel Gomez-Heras[1]、Laura Lopez-Gonzalez[2]、Maria Teresa Gil-Muñoz[3] (1.Universidad Autonoma de Madrid、2.Artfabrik、3.Universidad Complutense de Madrid)

[HTT21-P04] A laboratory experiment on stone decay by combination of salt and ice crystallization

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HTT21-P05] Study of the micro-climatic monitoring on the Saint-Remi Basilica (Rheims, France)

*Huby Emilie[1]、Celine Thomachot-Schneider[1]、Patricia Vazquez[1]、Gilles Fronteau[1] (1.Universite de Reims-Champagne-Ardenne)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[H-TT21] 石造文化財に応用可能な非破壊分析

コンビーナ:小口 千明(埼玉大学大学院理工学研究科)、Celine Elise Thomachot-Schneider(Groupe d'etude des environnements naturels, anthropiques et archeologiques - Universite de Reims-Champagne-Ardenne (France))、宋 苑瑞(早稲田大学)、Miguel Gomez-Heras(Universidad Autonoma de Madrid)、座長:宋 苑瑞、小口 千明

15:30 ~ 15:45

[HTT21-01] Study on creation of 3D model by SfM photogrammetry: An example of Taya Cave

清水 きさら[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2]、早川 裕弌[3]、小倉 拓郎[4]、緒方 啓介[5] (1.埼玉大学大学院理工学研究科、2.田谷の洞窟保存実行委員会、3.北海道大学地球環境科学院、4.東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻、5.鶴見大学)

15:45 ~ 16:00

[HTT21-02] **人工洞窟における地上レーザ測量データと3Dプリントの地盤工学的および教育的活用**

*早川 裕弌[1,2]、小倉 拓郎[4,5]、田村 裕彦[2]、小口 千明[3]、清水 きさら[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.東京大学空間情報科学研究センター、3.埼玉大学、4.東京大学新領域創成科学研究科、5.北海道大学大学院環境科学院)

16:00 ~ 16:15

[HTT21-03] 沖縄県の世界遺産，園比屋武御嶽石門の保存修復ー モルタルによる穴埋めとシリコーン樹脂塗布から30年経過後の現状

*宋 苑瑞[1]、西浦 忠輝[2]、小口 千明[3] (1.早稲田大学、2.国士舘大学、3.埼玉大学)

16:15 ~ 16:30

[HTT21-04] 高知県沿岸部の海底石造物の起源推定のためのポータブルXRFの活用

★招待講演

*谷川 亘[1]、浦本 豪一郎[2]、村山 雅史[2]、濱田 洋平[1]、山本 裕二[2]、多田井 修[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　海洋コア総合研究センター、3.マリン・ワーク・ジャパン)

16:30 ~ 16:45

[HTT21-05] pXRF analyses on Assyrain sculptures

★Invited Papers

*安間 了[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、渡辺 千香子[3]、辻 彰洋[4] (1.徳島大学大学院社会産業理工学研究部、2.総合地球環境学研究所、3.大阪学院大学国際学部、4.国立科学博物館植物研究部)

16:45 ~ 17:00

[HTT21-06] Discussion

*小口 千明[1] (1.埼玉大学大学院理工学研究科)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

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

[H-CG25] International Comparison of Landscape Appreciation

コンビーナ:Petrova Anastasia(Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences)、青木 陽二(放送大学)

[HCG25-P01] **The Globally Important Agricultural Heritage of Aso from the perspective of landscape and its supporting systems**

*町田 怜子[1] (1.東京農業大学)

[HCG25-P02] **Hazardous natural phenomena and weather conditions appreciation in Russian landscape painting**

*ELENA PETROVA[1] (1.Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)

[HCG25-P03] Trends of evaluation items to landscape appreciation until 2017 in the English journals

*yoji aoki[1]、keisuke mukagai[2]、Anastasia Petrova[3] (1.Open University of Japan、2.Nagano University、3.Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

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

[H-CG25] International Comparison of Landscape Appreciation

コンビーナ:Petrova Anastasia(Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences)、青木 陽二(放送大学)

[HCG25-P01] **The Globally Important Agricultural Heritage of Aso from the perspective of landscape and its supporting systems**

*町田 怜子[1] (1.東京農業大学)

[HCG25-P02] **Hazardous natural phenomena and weather conditions appreciation in Russian landscape painting**

*ELENA PETROVA[1] (1.Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)

[HCG25-P03] Trends of evaluation items to landscape appreciation until 2017 in the English journals

*yoji aoki[1]、keisuke mukagai[2]、Anastasia Petrova[3] (1.Open University of Japan、2.Nagano University、3.Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences)

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

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

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)

[SSS09-P01] 地震前兆の検出法

*高橋 耕三

[SSS09-P02] 自然地震カタログとETASカタログに内在する前震活動の特徴の違い：前震予測モデルを用いた検証

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

[SSS09-P03] 2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加（２）

*末 芳樹[1] (1.なし)

[SSS09-P04] 駿河湾石花海周辺におけるOBS地震観測の*b*値について

*曽谷 太洋[1]、馬塲 久紀[4]、西宮 隆仁[2]、中尾 凪佐[1]、長尾 年恭[3] (1.東海大学大学院、2.気象庁気象研究所、3.東海大学海洋研究所、4.東海大学海洋学部海洋地球科学)

[SSS09-P05] 更新過程のベイズ統計対数正規分布モデルを用いた中規模繰り返し相似地震の発生確率の成績

*田中 昌之[1] (1.気象研究所)

[SSS09-P06] **Structural heterogeneity under the 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake in Hokkaido, Japan and its implications for rupture initiations**

*WANG ZHI[1] (1.中国科学院南海海洋研究所)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)

[SSS09-P01] 地震前兆の検出法

*高橋 耕三

[SSS09-P02] 自然地震カタログとETASカタログに内在する前震活動の特徴の違い：前震予測モデルを用いた検証

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

[SSS09-P03] 2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加（２）

*末 芳樹[1] (1.なし)

[SSS09-P04] 駿河湾石花海周辺におけるOBS地震観測の*b*値について

*曽谷 太洋[1]、馬塲 久紀[4]、西宮 隆仁[2]、中尾 凪佐[1]、長尾 年恭[3] (1.東海大学大学院、2.気象庁気象研究所、3.東海大学海洋研究所、4.東海大学海洋学部海洋地球科学)

[SSS09-P05] 更新過程のベイズ統計対数正規分布モデルを用いた中規模繰り返し相似地震の発生確率の成績

*田中 昌之[1] (1.気象研究所)

[SSS09-P06] **Structural heterogeneity under the 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake in Hokkaido, Japan and its implications for rupture initiations**

*WANG ZHI[1] (1.中国科学院南海海洋研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)、座長:吉川 澄夫(気象研究所)、加藤 護(京都大学大学院人間・環境学研究科)

15:30 ~ 15:45

[SSS09-01] 地震前の広域的静穏化・活発化現象の客観的把握

*吉川 澄夫[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS09-02] 千島海溝沿い超巨大地震の発生確率と不確定性(2)

*井元 政二郎[1]、森川 信之[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS09-03] 地震発生時系列（M-Tダイアグラム）に出現する平行と収束の増加傾向

*橋本 哲[1] (1.なし)

16:15 ~ 16:30

[SSS09-04] ランダムな地震予知が成功する割合：地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法の再訪

*加藤 護[1] (1.京都大学大学院人間・環境学研究科)

16:30 ~ 16:45

[SSS09-05] 南海トラフ巨大地震発生域陸地最前線(南紀地域)の最近の地下水変動

*佃 為成[1] (1.なし)

16:45 ~ 17:00

[SSS09-06] 「東日本大震災はどうして起きた」被災者への回答

*新妻 信明[1] (1.静岡大学理学部地球科学教室)

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

9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:向吉 秀樹、金木 俊也(大阪大学)

9:00 ~ 9:15

[SSS14-07] Effect of slickenside on the crustal strength

*安東 淳一[1]、長岡 昂吉[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、ダス カウシク[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構高知コア研究所、3.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設)

9:15 ~ 9:30

[SSS14-08] 粘土鉱物の熱分解反応からみた付加体中のimbricate衝上断層のすべり挙動

★招待講演

*増本 広和[1]、亀田 純[1] (1.北海道大学理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SSS14-09] Origin of frictional melt in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt on the basis of trace element and isotope analysis

*尾澤 ちづる[1]、石川 剛志[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SSS14-10] Kodiak付加体のアルバイトを伴う黒色断層岩の起源：地球化学分析からの制約

*石川 剛志[1]、山口 飛鳥[2] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS14-11] 炭質物の熱熟成における初期熟成度と速度論的効果の重要性および地震時の滑りパラメータ推定の温度指標確立における意義

*金木 俊也[1]、市場 達矢[1]、山下 修平[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

10:15 ~ 10:30

[SSS14-12] 断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

*廣野 哲朗[1]、島村 優太朗[1]、金木 俊也[2] (1.大阪大学 大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.京都大学 防災研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、岡崎 啓史(海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[SSS14-13] Fault rheology at the depth limits of the seismogenic zone

★Invited Papers

*Berend Antonie Verberne[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Industrial Science and Technology)

11:00 ~ 11:15

[SSS14-14] 摩擦―流動則に基づく断層モデル再訪

*嶋本 利彦[1] (1.中国地震局地質研究所・地震動力学国家重点実験室)

11:15 ~ 11:30

[SSS14-15] 海溝型地震サイクルによる応力擾乱を受けた内陸活断層の地震の発生時期について：地震サイクルシミュレーションからの知見

*野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS14-16] 地震誘発の物理：破壊準備過程における応力摂動効果

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS14-17] 4m長の模擬断層上で観察されたすべり速度に依存する前震活動

*山下 太[1]、福山 英一[1]、Xu Shiqing[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

12:00 ~ 12:15

[SSS14-18] 岩石摩擦実験において観測されたゆっくりすべりの超音速破壊伝播

*福山 英一[1]、山下 太[1]、Xu Shiqing[1] (1.防災科学技術研究所)

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

13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)

13:45 ~ 14:00

[SSS14-19] The role of fault damage zone in the supershear rupture of the 2018 Mw 7.5 Palu earthquake

*Lingsen Meng[1]、Han Bao[1]、Jean-Paul Ampuero[2]、Eric Fielding[3]、Cunren Liang[4]、Christopher Milliner [3]、Tian Feng[1]、Hui Huang[1] (1.University of California Los Angeles、2.Université Côte d'Azur and IRD、3.Jet Propulsion Laboratory 、4.California Institute of Technology)

14:00 ~ 14:15

[SSS14-20] The role of curvature in earthquake mechanics

*Pierre Romanet[1]、Daisuke Sato[2]、Ryosuke Ando[1] (1.Earth and Planetary Science Department, University of Tokyo、2.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

14:15 ~ 14:30

[SSS14-21] **Heterogeneous source modelling by the fully dynamic simulations of earthquake cycles on a strike-slip fault and scaling relations.**

*Percy Galvez[1,5]、Anatoly Petukhin[2]、Paul Somerville[3]、Ken Miyakoshi[2]、Kojiro Irikura[4] (1.KAUST University, Saudi Arabia、2.Geo-Research Institute, Osaka Japan、3.AECOM, Los Angeles, USA.、4.Aichi Institute of Technology, Japan、5.ETH Zurich, Switzerland)

14:30 ~ 14:45

[SSS14-22] ランダムなすべり成分をもつ地震断層によって解放される地殻の歪みエネルギー

*齊藤 竜彦[1]、野田 朱美[1] (1.独立行政法人　防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS14-23] 1992年ランダース地震による弾性歪エネルギーの変化と余震の評価

*寺川 寿子[1]、松浦 充宏[2]、野田 朱美[3] (1.名古屋大学，大学院環境学研究科、2.統計数理研究所、3.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[SSS14-24] 歪みエネルギーの蓄積・解放に基づく地殻内地震の発生メカニズムの解明

★招待講演

*野田 朱美[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

[SSS14-P01] クラックを含んだ庵治花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測定

*田中 仁貴[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

[SSS14-P02] 石英ガウジの摩擦特性に対する滑石含有量の影響

白髭 里彩子[1]、多々良 祈里[1]、*平内 健一[1]、竹村 貴人[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.日本大学文理学部地球科学科)

[SSS14-P03] 石英質岩石の中速摩擦強度の支配要因

*金川 久一[1]、杉田 明日郁[2]、高橋 美紀[3]、澤井 みち代[1] (1.千葉大学理学研究院、2.千葉大学理学部、3.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SSS14-P04] 半遠洋性堆積物の続成作用に伴う摩擦・透水特性の変化

*岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、山口 飛鳥[3] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.広島大学大学院地球惑星システム学専攻、3.東京大学大気海洋研究所)

[SSS14-P05] 流体急減圧と流体流動によるシリカ析出の比較および断層特性への影響

*新部 貴理[1]、岡本 敦[1]、天谷 宇志[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

[SSS14-P06] 二軸摩擦試験機によるSlide-Hold-Slide実験中の反射波と透過波の時間変化

*植村 美優[1]、伊藤 喜宏[2]、片山 郁夫[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS14-P07] Monitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda wavesMonitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda waves

*Fan XIE[1]、Yaqiong REN[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P08] Longer duration of meta-instability stage of laboratory earthquakes on a 1.5m granite fault

*yaqiong Ren[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P09] シュードタキライトから見積もる地震時の摩擦熱と壁岩破壊量

*長手 彩夏[1]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P10] Porosity variation of fault rocks accompanied the Median Tectonic Line in Shikoku, southwestern Japan

*池田 倫治[1]、辻 健[2]、辻 智大[1]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所、2.九州大学、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P11] Characteristics of inactive section of the Median Tectonic Line from drillcore samples in Shikoku, southwestern Japan

*内田 嗣人[1]、池田 倫治[1]、辻 健[2]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所土木技術部、2.九州大学工学研究院、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P12] 未固結断層岩のクラストの表面及び内部組織とその重要性

*東郷 徹宏[1]、嶋本 利彦[2]、澤井 みち代[3] (1.THE EARTH、2.中国地震局地質研究所、3.千葉大学)

[SSS14-P13] **Fault Displacement Assessment of Surface-rupturing Earthquakes for Nuclear Installations and the use of Physics-based Rupture Models**

*Luis Angel Dalguer[1]、Yoshimitsu Fukushima[2] (1.3Q-Lab GmbH、2.International Atomic Energy Agency)

[SSS14-P14] 地震ハザード評価のための動力学的震源モデル：布田川断層帯・日奈久断層帯への応用（その2）

*加瀬 祐子[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS14-P15] 自然地震のすべり－長さスケーリング則と室内実験との距離の定量化

*大庭 伸一[1]、三井 雄太[2] (1.静岡大学総合科学技術研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS14-P16] Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

*Wang Jeen-Hwa[1] (1.Academia Sinica)

[SSS14-P17] On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

*上西 幸司[1,2]、福田 優貴[2]、亀 伸樹[3] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻、3.東京大学地震研究所)

[SSS14-P18] 過渡的で強制的な伸張水平地殻歪の領域における非弾性変形

*江口 孝雄、岩瀬 康行[1] (1.防衛大学校)

[SSS14-P19] 表現定理とグリーン関数 (3) ― 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ―

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS14-P20] 断層面上における高周波励起現象の解釈を可能にするすべり速度・破壊伝播速度変化の可視化手法

*鮎貝 崇広[1]、八木 勇治[2]、奥脇 亮[3]、茅野 奎太[3]、清水 宏亮[3] (1.筑波大学生命環境学群、2.筑波大学大学院 生命環境系、3.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

[SSS14-P21] インバージョン法を用いた震源過程解析に見られる諸問題

*茅野 奎太[1]、八木 勇治[1]、奥脇 亮[1]、清水 宏亮[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P22] **Source process of recent M6-class inland earthquakes in Japan**

*柴田 律也[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、井出 哲[2] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[SSS14-P23] Expected slip direction on assumed fault planes of large earthquakes inferred from stress field after the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、清水 洋[2]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SSS14-P24] 2011年東北沖地震による繰り返し地震の震源パラメータ変化

*立岩 和也[1]、岡田 知己[1]、河野 俊夫[1]、内田 直希[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS14-P25] 房総スロースリップイベントのすべり分布とすべり速度－応力の関係

*小林 琢磨[1]、佐藤 利典[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院理学研究院)

[SSS14-P26] 2011年東北沖地震後に活発化した茨城県北部の地震活動：内陸地震の繰り返し

高橋 諒[1]、*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、松澤 暢[1] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

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

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

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

[SSS14-P01] クラックを含んだ庵治花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測定

*田中 仁貴[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

[SSS14-P02] 石英ガウジの摩擦特性に対する滑石含有量の影響

白髭 里彩子[1]、多々良 祈里[1]、*平内 健一[1]、竹村 貴人[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.日本大学文理学部地球科学科)

[SSS14-P03] 石英質岩石の中速摩擦強度の支配要因

*金川 久一[1]、杉田 明日郁[2]、高橋 美紀[3]、澤井 みち代[1] (1.千葉大学理学研究院、2.千葉大学理学部、3.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SSS14-P04] 半遠洋性堆積物の続成作用に伴う摩擦・透水特性の変化

*岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、山口 飛鳥[3] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.広島大学大学院地球惑星システム学専攻、3.東京大学大気海洋研究所)

[SSS14-P05] 流体急減圧と流体流動によるシリカ析出の比較および断層特性への影響

*新部 貴理[1]、岡本 敦[1]、天谷 宇志[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

[SSS14-P06] 二軸摩擦試験機によるSlide-Hold-Slide実験中の反射波と透過波の時間変化

*植村 美優[1]、伊藤 喜宏[2]、片山 郁夫[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS14-P07] Monitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda wavesMonitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda waves

*Fan XIE[1]、Yaqiong REN[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P08] Longer duration of meta-instability stage of laboratory earthquakes on a 1.5m granite fault

*yaqiong Ren[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P09] シュードタキライトから見積もる地震時の摩擦熱と壁岩破壊量

*長手 彩夏[1]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P10] Porosity variation of fault rocks accompanied the Median Tectonic Line in Shikoku, southwestern Japan

*池田 倫治[1]、辻 健[2]、辻 智大[1]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所、2.九州大学、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P11] Characteristics of inactive section of the Median Tectonic Line from drillcore samples in Shikoku, southwestern Japan

*内田 嗣人[1]、池田 倫治[1]、辻 健[2]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所土木技術部、2.九州大学工学研究院、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P12] 未固結断層岩のクラストの表面及び内部組織とその重要性

*東郷 徹宏[1]、嶋本 利彦[2]、澤井 みち代[3] (1.THE EARTH、2.中国地震局地質研究所、3.千葉大学)

[SSS14-P13] **Fault Displacement Assessment of Surface-rupturing Earthquakes for Nuclear Installations and the use of Physics-based Rupture Models**

*Luis Angel Dalguer[1]、Yoshimitsu Fukushima[2] (1.3Q-Lab GmbH、2.International Atomic Energy Agency)

[SSS14-P14] 地震ハザード評価のための動力学的震源モデル：布田川断層帯・日奈久断層帯への応用（その2）

*加瀬 祐子[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS14-P15] 自然地震のすべり－長さスケーリング則と室内実験との距離の定量化

*大庭 伸一[1]、三井 雄太[2] (1.静岡大学総合科学技術研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS14-P16] Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

*Wang Jeen-Hwa[1] (1.Academia Sinica)

[SSS14-P17] On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

*上西 幸司[1,2]、福田 優貴[2]、亀 伸樹[3] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻、3.東京大学地震研究所)

[SSS14-P18] 過渡的で強制的な伸張水平地殻歪の領域における非弾性変形

*江口 孝雄、岩瀬 康行[1] (1.防衛大学校)

[SSS14-P19] 表現定理とグリーン関数 (3) ― 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ―

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS14-P20] 断層面上における高周波励起現象の解釈を可能にするすべり速度・破壊伝播速度変化の可視化手法

*鮎貝 崇広[1]、八木 勇治[2]、奥脇 亮[3]、茅野 奎太[3]、清水 宏亮[3] (1.筑波大学生命環境学群、2.筑波大学大学院 生命環境系、3.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

[SSS14-P21] インバージョン法を用いた震源過程解析に見られる諸問題

*茅野 奎太[1]、八木 勇治[1]、奥脇 亮[1]、清水 宏亮[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P22] **Source process of recent M6-class inland earthquakes in Japan**

*柴田 律也[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、井出 哲[2] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[SSS14-P23] Expected slip direction on assumed fault planes of large earthquakes inferred from stress field after the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、清水 洋[2]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SSS14-P24] 2011年東北沖地震による繰り返し地震の震源パラメータ変化

*立岩 和也[1]、岡田 知己[1]、河野 俊夫[1]、内田 直希[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS14-P25] 房総スロースリップイベントのすべり分布とすべり速度－応力の関係

*小林 琢磨[1]、佐藤 利典[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院理学研究院)

[SSS14-P26] 2011年東北沖地震後に活発化した茨城県北部の地震活動：内陸地震の繰り返し

高橋 諒[1]、*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、松澤 暢[1] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

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

9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

9:15 ~ 9:30

[SSS15-05] 北海道東部，標津断層帯における新たな断層変位地形とその活動性調査

*吾妻 崇[1]、廣内 大助[2]、奥村 晃史[3]、谷口 薫[4]、小俣 雅志[4]、郡谷 順英[4] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.信州大学、3.広島大学、4.株式会社パスコ)

9:30 ~ 9:45

[SSS15-06] 六ヶ所断層の活動による海成面の変形

*渡辺 満久[1] (1.東洋大学社会学部)

9:45 ~ 10:00

[SSS15-07] 奄美群島喜界島におけるサンゴマイクロアトールの分布と年代からみた過去約600年の地殻上下変動

*宍倉 正展[1]、前杢 英明[2]、越後 智雄[3]、行谷 佑一[1]、石山 達也[4]、金城 遼[2]、井上 直人[3] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2.法政大学、3.一般財団法人地域地盤環境研究所、4.東京大学地震研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS15-08] 活断層の地震時変位量は地震サイクル毎にどう変化するか―糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層における例

*高橋 直也[1]、遠田 晋次[2] (1.東北大学理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所)

10:15 ~ 10:30

[SSS15-09] 糸魚川―静岡構造線活断層系神城断層における高解像度極浅層S波反射法地震探査

*池口 直毅[1]、松多 信尚[2]、楮原 京子[3]、岡田 真介[4]、廣内 大助[5]、石山 達也[1]、野田 克也[6]、佐藤 比呂志[1] (1.東京大学地震研究所、2.岡山大学大学院教育学研究科、3.山口大学教育学部、4.東北大学大学院理学系研究科、5.信州大学教育学部、6.株式会社ジオシス)

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

10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

10:45 ~ 11:00

[SSS15-10] 糸魚川–静岡構造線断層帯・神城断層の未破壊区間における古地震調査

*近藤 久雄[1]、黒澤 英樹[2]、平倉 瑶子[2]、高田 圭太[3]、阿部 恒平[2]、伊藤 美和子[2]、五十嵐 厚夫[3]、池田 哲哉[3]、三輪 敦志[2] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2.応用地質（株）、3.復建調査設計（株）)

11:00 ~ 11:15

[SSS15-11] 糸魚川–静岡構造線活断層系中北部区間におけるP波反射法地震探査

*木村 治夫[1]、近藤 久雄[2]、秋永 康彦[3]、岡本 茂[3]、末廣 匡基[3] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.国立研究開発法人 産業技術研究所、3.株式会社 阪神コンサルタンツ)

11:15 ~ 11:30

[SSS15-12] 関東地震発生履歴解明のための房総半島離水低地の堆積構造調査

*小森 純希[1]、宍倉 正展[2]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS15-13] ボーリングコア解析と物理的断層モデルに基づく富士川河口断層帯入山瀬断層の位置と活動性推定

*並木 亮[1]、安藤 亮輔[1]、宍倉 正展[2] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS15-14] 珪藻化石群集と大型植物化石から推定される静岡県浮島ヶ原低地の沈水イベント

*澤井 祐紀[1]、百原 新[2]、松本 弾[1]、嶋田 侑眞[1,3] (1.産業技術総合研究所、2.千葉大学、3.筑波大学)

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

13:45 ~ 15:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

13:45 ~ 14:00

[SSS15-15] 高分解能反射法地震探査から明らかになった石狩低地帯北部の伏在断層とその変動地形

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、佐藤 比呂志[1]、小池 太郎[2]、野田 克也[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ジオシス)

14:00 ~ 14:15

[SSS15-16] 熊本県西原村，出ノ口断層における古地震調査

*石村 大輔[1]、堤 浩之[2]、高橋 直也[3]、小田 龍平[1]、松風 潤[1]、金田 平太郎[4]、小林 幹也[4]、熊原 康博[5]、小林 淳[6]、市原 季彦[7] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室、2.同志社大学理工学部環境システム学科、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.千葉大学大学院理学研究院、5.広島大学大学院教育学研究科、6.首都大学東京火山災害研究センター、7.堆積環境リサーチ)

14:15 ~ 14:30

[SSS15-17] 熊本県日奈久断層帯の古地震調査：八代市トレンチ調査結果速報

*宮下 由香里[1]、吾妻 崇[1]、小峰 佑介[2]、亀高 正男[2]、岸山 碧[2] (1.国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.株式会社ダイヤコンサルタント)

14:30 ~ 14:45

[SSS15-18] 日奈久断層帯海域部におけるサイスミックトレンチング −横ずれ海底活断層の三次元構造と活動履歴の解明

*大上 隆史[1]、阿部 信太郎[2]、向山 建二郎[3]、須田 茂幸[4] (1.産業技術総合研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.川崎地質株式会社、4.地球科学総合研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS15-19] 2016年熊本地震において断層すべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造

*山口 覚[1]、山中 裕斗[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、古川 大悟[1]、後藤 忠徳[3]、小路 久稔[3]、川口 草太[3]、相澤 広記[4]、高倉 伸一[5] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学理学部、3.京都大学大学院工学研究科、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、5.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

15:00 ~ 15:15

[SSS15-20] ネパール中部ブトワル周辺におけるヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期

*奥村 晃史[1]、Soma Nath Sapkota[2]、Prakash Pokhrel[2]、近藤 久雄[4]、拓哉 古橋[3] (1.広島大学大学院文学研究科、2.Department of Mines and Geology、3.太平洋セメント株式会社、4.産業技術総合研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

15:30 ~ 16:00

[SSS15-21] SARで見るお付き合い地震断層 ー 熊本地震、大阪府北部の地震及び北海道胆振東部地震

★招待講演

*藤原 智[1]、宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、森下 遊[1] (1.国土地理院)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-22] 小型UAVを用いたレーザ測量による森林下の微地形取得―2008年岩手宮城内陸地震時の地震断層を例に―

*今野 明咲香[1]、鈴木 太郎[2]、遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.早稲田大学)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-23] 不確定な活動時期をもつ繰り返し地震に対する更新過程のベイズ推論と予測

*野村 俊一[1]、尾形 良彦[1] (1.統計数理研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-24] **Slip rate of the Chaman fault: estimates based on ^{10}Be exposure dating for offset geomorphic surfaces in Afghanistan**

*Zakeria Shnizai[1]、Yuki Matsushi[2]、Hiroyuki Tsutsumi[1] (1.Doshisha University、2.Kyoto University)

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

13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)、座長:麻生 尚文、行竹 洋平

13:45 ~ 14:00

[SSS17-01] 富士山で発生する深部低周波地震のスペクトルの特徴

★招待講演

*鵜川 元雄[1] (1.日本大学)

14:00 ~ 14:15

[SSS17-02] 霧島山における2011年と2018年噴火に対応した深部低周波地震活動

*栗原 亮[1]、小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS17-03] 東北日本の深部低周波地震における長い継続時間の起源と浅部低周波地震活動

*小菅 正裕[1]、春山 太一[1]、松野 有希[2]、成田 伊織[2]、前田 拓人[1] (1.弘前大学理工学研究科、2.弘前大学理工学部)

14:30 ~ 14:45

[SSS17-04] 活火山域の深部構造・低周波地震とマグマ供給系

★招待講演

*趙 大鵬[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

14:45 ~ 15:00

[SSS17-05] 地震波でみる火山の深部構造

*中島 淳一[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:00 ~ 15:15

[SSS17-06] 深部低周波地震の発生と火山深部のマグマ供給との関係について

*中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)

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

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

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P01] 東北地方　米沢-喜多方地域における地震波反射面の空間分布

*鈴木 真奈美[1]、長谷見 晶子[1]、岡田 知己[1]、松澤 暢[1]、海野 徳仁[1]、中山 貴史[1]、津村 紀子[2]、山品 匡史[3]、2011年東北地方太平洋沖地震 合同余震観測グループ (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.千葉大学理学部、3.高知大学理工学部)

[SSS17-P02] 地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明

*長岡 優[1]、西田 究[2]、青木 陽介[2]、武尾 実[2]、大倉 敬宏[3]、吉川 慎[3] (1.気象研究所火山研究部、2.東京大学地震研究所、3.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

[SSS17-P03] 箱根火山の地形効果を考慮した火山性深部低周波地震に対する有限要素法による3次元地震波形計算

*山谷 里奈[1]、望月 公廣[1]、市村 強[1]、藤田 航平[1]、悪原 岳[1]、堀 高峰[2]、本多 亮[3]、行竹 洋平[3] (1.東京大学地震研究所、2.海洋研究開発機構、3.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P04] 箱根火山深部低周波地震活動様式から見るマグマ供給過程

*行竹 洋平[1]、安部 祐希[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P05] 蔵王山深部低周波地震の震源分布と波形特性

*池谷 拓馬[1]、山本 希[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS17-P06] Mechanisms transition of LFEs beneath Zao volcano due to the stress change induced by the 2011 Tohoku earthquake

*及川 元己[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、松澤 暢[2] (1.東京工業大学、2.東北大学)

[SSS17-P07] Magma/gas intrusion process of Shinmoedake Eruption in 2017 suggested by volcanic tremors location with ASL method

今村 翔哉[1]、*大久保 慎人[2] (1.高知大学 理学部、2.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS17-P08] GNSSデータのL1インバージョンに基づく2008-2010年富士山膨張イベントの力源深さ推定

*三井 雄太[1]、加藤 隆寛[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学理学部地球科学科)

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

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

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P01] 東北地方　米沢-喜多方地域における地震波反射面の空間分布

*鈴木 真奈美[1]、長谷見 晶子[1]、岡田 知己[1]、松澤 暢[1]、海野 徳仁[1]、中山 貴史[1]、津村 紀子[2]、山品 匡史[3]、2011年東北地方太平洋沖地震 合同余震観測グループ (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.千葉大学理学部、3.高知大学理工学部)

[SSS17-P02] 地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明

*長岡 優[1]、西田 究[2]、青木 陽介[2]、武尾 実[2]、大倉 敬宏[3]、吉川 慎[3] (1.気象研究所火山研究部、2.東京大学地震研究所、3.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

[SSS17-P03] 箱根火山の地形効果を考慮した火山性深部低周波地震に対する有限要素法による3次元地震波形計算

*山谷 里奈[1]、望月 公廣[1]、市村 強[1]、藤田 航平[1]、悪原 岳[1]、堀 高峰[2]、本多 亮[3]、行竹 洋平[3] (1.東京大学地震研究所、2.海洋研究開発機構、3.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P04] 箱根火山深部低周波地震活動様式から見るマグマ供給過程

*行竹 洋平[1]、安部 祐希[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P05] 蔵王山深部低周波地震の震源分布と波形特性

*池谷 拓馬[1]、山本 希[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS17-P06] Mechanisms transition of LFEs beneath Zao volcano due to the stress change induced by the 2011 Tohoku earthquake

*及川 元己[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、松澤 暢[2] (1.東京工業大学、2.東北大学)

[SSS17-P07] Magma/gas intrusion process of Shinmoedake Eruption in 2017 suggested by volcanic tremors location with ASL method

今村 翔哉[1]、*大久保 慎人[2] (1.高知大学 理学部、2.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS17-P08] GNSSデータのL1インバージョンに基づく2008-2010年富士山膨張イベントの力源深さ推定

*三井 雄太[1]、加藤 隆寛[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学理学部地球科学科)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B　Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)

[SIT26-P01] Geochemical characteristics of effusive rocks (greenstones) in the Hidaka Belt, Hokkaido, Japan

*Toru Yamasaki[1]、Futoshi Nanayama[1] (1.Geol. Survey of Japan (AIST))

[SIT26-P02] Large gas reservoir in continental back-arc basin, revealed by automatic seismic velocity analysis in the Okinawa Trough

*椋本 浩太[1]、辻 健[1]、Hendriyana Andri[1] (1.九州大学)

[SIT26-P03] Characterize coseismic deformation of Mw 7.5 Palu earthquake in a triple junction in Sulawesi, Indonesia

*MIN-CHIEN TSAI[1]、Ying-Hui Yang[2]、Chun-Ying Chiu[3]、Jyr-Ching Hu[3] (1.Seismological center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.、2.School of Civil Engineering and Architecture, Southwest Petroleum University, Chengdu, China、3.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)

[SIT26-P01] Geochemical characteristics of effusive rocks (greenstones) in the Hidaka Belt, Hokkaido, Japan

*Toru Yamasaki[1]、Futoshi Nanayama[1] (1.Geol. Survey of Japan (AIST))

[SIT26-P02] Large gas reservoir in continental back-arc basin, revealed by automatic seismic velocity analysis in the Okinawa Trough

*椋本 浩太[1]、辻 健[1]、Hendriyana Andri[1] (1.九州大学)

[SIT26-P03] Characterize coseismic deformation of Mw 7.5 Palu earthquake in a triple junction in Sulawesi, Indonesia

*MIN-CHIEN TSAI[1]、Ying-Hui Yang[2]、Chun-Ying Chiu[3]、Jyr-Ching Hu[3] (1.Seismological center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.、2.School of Civil Engineering and Architecture, Southwest Petroleum University, Chengdu, China、3.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

13:45 ~ 15:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:Jonny Wu、Okino Kyoko

13:45 ~ 14:00

[SIT26-01] How to solve controversies in Cenozoic tectonics in western Pacific margin

*木村 学[1] (1.東京海洋大学・海洋資源環境学部)

14:00 ~ 14:15

[SIT26-02] Plio-Pleistocene plate interactions associated the Philippine Sea Plate

*Timothy B Byrne[1]、Gaku Kimura[3]、Jonny Wu[2] (1.University of Connecticut、2.University of Houston、3.Tokyo University of Science and Technology)

14:15 ~ 14:30

[SIT26-03] A regional mylonite zone between the Mesozoic metamorphic basement and the subducted Miocene covered schists in eastern Range of Taiwan: A possible Plio-Pleistocene transform fault between Eurasia and the Philippine Sea plate

*Gong-Ruei Ho[1]、Jian-Cheng Lee[1]、Timothy B Byrne[2]、En-Chao Yeh[3] (1.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica、2.Department of Geography, University of Connecticut、3.Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University)

14:30 ~ 14:45

[SIT26-04] **Coeval exhumation or subduction channel extrusion of the high pressure Yuli belt? Insights from the Shoufeng fault in eastern Taiwan**

*Jian-Cheng Lee[1,5]、Gong-Ruei Ho[1,5]、Timothy B Byrne[2]、Yuan Hsi Lee[3,5]、En-Chao Yeh[4,5] (1.Academia Sinica、2.Univerity of Connecticut、3.National Chung Cheng University、4.National Taiwan Normal University、5.The Yuli Exhumation Study team (YES Team))

14:45 ~ 15:00

[SIT26-05] Metamorphic temperature variation across the Yuli belt: a clue about exhumation of high-pressure rocks?

*Chin-Ho Tsai[1]、Chih-Ying Yeh[1]、Yui Kouketsu[2]、Masaki Enami[3] (1.Department of Natural Resources & Environmental Studies, National Dong Hwa Univ.、2.Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya Univ.、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ.)

15:00 ~ 15:15

[SIT26-06] **三次元モデリングによるマリアンナ沈み込み帯の温度構造、スラブ変成作用と境界面地震**

*季 顕鋒[1,2,3]、吉岡 祥一[3,4] (1.中国科学院チベット高原地球科学卓越創新センター、2.中国科学院チベット高原研究所、3.神戸大学都市安全研究センター、4.神戸大学大学院 理学研究科)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Tim Byrne

15:30 ~ 15:45

[SIT26-07] **A tomography-led plate reconstruction of NE Asia during the late Cretaceous**

*Jonny Wu[1]、Yi-An Lin[1]、Nicolas Flament[2]、Tsung-Jui Wu[1]、Yiduo Liu[1] (1.University of Houston、2.University of Wollongong)

15:45 ~ 16:00

[SIT26-08] Geodynamic models of late Mesozoic intraoceanic subduction offshore NE Asia caused by growing Izanagi plate

*Lorenzo Colli[1]、Jonny Wu[1]、Yi-An Lin[1] (1.University of Houston)

16:00 ~ 16:15

[SIT26-09] **Early Cretaceous to Paleocene magmatism in the Sikhote-Alin area and their implications for Paleo-Pacific plate subduction and continental evolution**

*Tsung-Jui Wu[1]、Jonny Wu[1]、Igor Alexandrov[2]、Thomas Lapen[1] (1.Department of Earth and Atmospheric sciences, University of Houston, Houston, U.S.、2.Far East Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia)

16:15 ~ 16:30

[SIT26-10] Processes of subduction initiation revealed by P-T paths of amphibolite and blueschist tectonic blocks in serpentinite mélange: An example from the Kamuikotan high-P/T metamorphic rocks in Hokkaido, northern Japan

*竹下 徹[1]、岡本 あゆみ、シン ウォンジ[1]、安藤 瑞帆[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)

16:30 ~ 16:50

[SIT26-11] Metamorphism in the Sanbagawa belt of SW Japan as a record of subduction processes

★Invited Papers

*ウォリス サイモン[1] (1.東京大学)

16:50 ~ 17:00

[SIT26-12] Subduction and exhumation of the high pressure metamorphic rocks: What we know and what we need to know.

*Timothy B Byrne[1] (1.University of Connecticut)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

9:00 ~ 10:30 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:中村 佳博(産総研)、針金 由美子(産総研)

9:00 ~ 9:15

[SMP32-01] フェンジャイトの変形によるアルゴン離散機構

*板谷 徹丸[1] (1.蒜山地質年代学研究所・地質技術センター)

9:15 ~ 9:30

[SMP32-02] Detrital zircons from a traverse along the Asemi River (Sanbagawa Metamorphic Belt, Shikoku, Japan): U-Pb geochronology and Hf isotopic composition

*Ulrich Knittel[1]、Shigeyuki Suzuki[2]、Monika Walia[3]、Juan-Hsi Lee[4]、Hao-Yang Lee[5] (1.RWTH Aachen University、2.Okayama University、3.Nat. Taiwan University 、4.Chung Cheng University、5.Academia Sinica)

9:30 ~ 9:45

[SMP32-03] ジルコンのU–Pb年代および希土類元素組成にもとづいた三波川変成帯エクロジャイトユニットの形成モデル

*青木 翔吾[1]、青木 一勝[2]、辻森 樹[3]、土屋 裕太[1]、加藤 大地[2] (1.岡山理科大学生物地球学部、2.岡山理科大学理学部、3.東北大学東北アジア研究センター)

9:45 ~ 10:00

[SMP32-04] Petrological implications of a new occurrence of retrogressed eclogite from the Sanbagawa belt of southwest Japan

*田口 知樹[1]、遠藤 俊祐[2]、伊神 洋平[1,3]、三宅 亮[1] (1.京都大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻、2.島根大学 総合理工学部 地球科学科、3.名古屋大学 未来材料・システム研究所)

10:00 ~ 10:15

[SMP32-05] 鹿塩マイロナイトの温度圧力条件: 三波川変成帯と領家変成帯の接合に関する制約

*中村 佳博[1]、高橋 浩[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.京都フィッション Co. Ltd.、3.東京大学地殻化学実験施設)

10:15 ~ 10:30

[SMP32-06] Static phenomena retained by garnet during exhumation of metamorphic rocks

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:田口 知樹(京都大学　大学院理学研究科)、吉田 健太(海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[SMP32-07] Garnet zoning suggesting the correlation between the Higo and Abukuma metamorphic rocks

*西山 忠男[1]、脇田 佑都[1] (1.熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座)

11:00 ~ 11:15

[SMP32-08] $FeAlO_3$ phase at ultrahigh-temperature metamorphic conditions: Evidences from the sillimanite—Fe_2O_3 and sillimanite—Fe_3O_4 systems at 9 kbar and 1050 °C

*川嵜 智佑[1]、足立 達郎[2]、大藤 弘明[1]、小山内 康人[2] (1.愛媛大学、2.九州大学)

11:15 ~ 11:30

[SMP32-09] グラニュライト相ー超高温変成作用下で包有されたナノ花崗岩類中のハロゲンについて

*東野 文子[1]、河上 哲生[2] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.京都大学大学院理学研究科)

11:30 ~ 11:45

[SMP32-10] 隠岐片麻岩の高Ti黒雲母の普遍性と部分溶融条件

吉田 宏[1]、*遠藤 俊祐[1]、藤原 まい[1]、亀井 淳志[1] (1.島根大学総合理工学部地球科学科)

11:45 ~ 12:00

[SMP32-11] Eclogite-to-granulite transition in the Ufipa Complex (Tanzania): the time-lag between collision and the granulitization

*森田 敢[1]、辻森 樹[1]、Nelson Boniface[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.ダルエスサラーム大学、3.岡山理科大学)

12:00 ~ 12:15

[SMP32-12] **Switching of metamorphic growth kinetics due to volume fraction of metamorphic fluid**

*宮崎 一博[1] (1.産業技術総合研究所　地質情報研究部門　地殻岩石研究グループ)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

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

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

[SMP32-P01] Pressure-temperature estimates of the Lützow-Holm Complex utilizing distributions of trace elements and inclusions in garnet porphyroblasts in pelitic gneisses

*鈴木 康太[1]、河上 哲生[1]、伊神 洋平[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 地質学鉱物学教室 地球物質科学講座 岩石学グループ、2.名古屋大学未来材料・システム研究所)

[SMP32-P02] 東南極, リュツォ・ホルム岩体の明るい岬における泥質片麻岩の微細組織と温度圧力条件

*淀屋 勇斗[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP32-P03] 南インド・トリバンドラム岩体にみられる長時間（>9000万年）のグラニュライト相変成作用

*門脇 ひかる[1]、角替 敏昭[2]、Santosh M.[3]、Shaji E.[4]、高村 悠介[5]、堤 之恭[6] (1.筑波大学生命環境科学研究科地球科学専攻、2.筑波大学生命環境系、3.School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing、4.Department of Geology, University of Kerala、5.筑波大学生命環境科学研究科地球進化科学専攻、6.国立科学博物館地学研究部)

[SMP32-P04] Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

*Das Kaushik[1]、Tomioka Naotaka[2]、Ganguly Proloy[3]、Ando Jun-ichi[1]、Ghosh Gautam[3]、Bose Sankar[3] (1.Hiroshima University、2.Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC、3.Presidency University, India)

[SMP32-P05] 領家帯三河地域および讃岐東部地域のミグマタイトのU-Pbジルコン年代

*葛立 恵一[1]、河上 哲生[1]、Etienne Skrzypek[1]、坂田 周平[2]、平田 岳史[3] (1.京都大学、2.学習院大学、3.東京大学)

[SMP32-P06] 日高変成帯野塚岳地域における構造地質学的研究 -島弧・島弧接合による新生代大陸地殻の成長・形成過程とそのメカニズム-

*菅野 萌子[1]、豊島 剛志[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科)

[SMP32-P07] THE PRESSURE-TEMPERATURE PATH AND MINERAL ASSEMBLAGE OF THE KHONICHIIN OVOO AREA, SOUTHEASTERN MONGOLIA.

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、OTGONBAYAR DANDAR[1]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences the University of Tokyo)

[SMP32-P08] **九州北西部糸島半島野北地域の接触変成作用の温度圧力条件**

*池田 剛[1]、太田 健斗[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SMP32-P09] 天草下島に分布する長崎変成岩類の片麻岩に見られる部分溶融の証拠

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]、宮崎 一博[3] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門)

[SMP32-P10] **Microstructural Analysis of Quartz grains in Monomineralic and Polyphase domains: A case study from Main Central Thrust (MCT) Zone Mylonites, western Himalaya, India**

*Shivaji Saha[1]、Toru Takeshita[1]、Subhajit Ghosh[2]、Hari Bahadur Srivastava[3] (1.Department of Natural History Sciences, Hokkaido University、2.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、3.Department of Geology, Banaras Hindu University)

[SMP32-P11] **Tectono-thermal evolution of the Main Central Thrust (MCT) zone rocks of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*), Darjeeling-Sikkim Himalaya**

*Subhajit Ghosh[1,2]、Santanu Bose[2,3]、Nibir Mandal[4]、Arijit Laik[2] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032、2.Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India、3.Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India、4.Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India)

[SMP32-P12] 三波川帯の低変成度領域における温度構造と変形構造，およびテクトニックな意義

*山岡 健[1,2]、ウォリス サイモン[1]、森 宏[2] (1.東京大学、2.信州大学)

[SMP32-P13] Antigorite Raman spectrum: a case study in Shiraga region of the central Shikoku, Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan

*安藤 宏太[1]、纐纈 佑衣[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学)

[SMP32-P14] A fluid inclusion study from the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan

*進士 優朱輝[1]、辻森 樹[1]、川本 竜彦[2] (1.東北大学、2.静岡大学)

[SMP32-P15] Development of reaction-induced stress and permeability in MgO-H_2O system

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院 環境科学研究科)

[SMP32-P16] 透過菊池回折によるウルトラマイロナイト中のオリビン結晶方位解析：EBSDの微小部への拡張

*伊神 洋平[1]、道林 克禎[2]、柿畑 優季[2]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.名古屋大学 環境学研究科)

[SMP32-P17] Elucidation of effective diffusion coefficient along grain boundaries by hydrothermal experiment using low porosity rocks

*杉沢 直樹[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院　環境科学研究科　先進社会環境学専攻)

[SMP32-P18] **断層がウジ帯により記録される繰り返し地震すべり：野島断層ボーリングコアからの証拠**

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

[SMP32-P19] Evolution of fluid chemistry during basalt-water and basalt-seawater interactions revealed by hydrothermal flow-through experiments

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学　環境科学研究科)

[SMP32-P20] **3D microstructural analyses of fault rocks using CT and μCT scanning techniques**

*Bingcheng Liu[1]、Aiming Lin[1]、Takafumi Nishiwaki[1] (1.Kyoto University)

[SMP32-P21] **Dissolution kinetics of forsterite olivine at >200 °C: implication for the kinetics of serpentinization.**

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

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

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

[SMP32-P01] Pressure-temperature estimates of the Lützow-Holm Complex utilizing distributions of trace elements and inclusions in garnet porphyroblasts in pelitic gneisses

*鈴木 康太[1]、河上 哲生[1]、伊神 洋平[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 地質学鉱物学教室 地球物質科学講座 岩石学グループ、2.名古屋大学未来材料・システム研究所)

[SMP32-P02] 東南極, リュツォ・ホルム岩体の明るい岬における泥質片麻岩の微細組織と温度圧力条件

*淀屋 勇斗[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP32-P03] 南インド・トリバンドラム岩体にみられる長時間（>9000万年）のグラニュライト相変成作用

*門脇 ひかる[1]、角替 敏昭[2]、Santosh M.[3]、Shaji E.[4]、高村 悠介[5]、堤 之恭[6] (1.筑波大学生命環境科学研究科地球科学専攻、2.筑波大学生命環境系、3.School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing、4.Department of Geology, University of Kerala、5.筑波大学生命環境科学研究科地球進化科学専攻、6.国立科学博物館地学研究部)

[SMP32-P04] Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

*Das Kaushik[1]、Tomioka Naotaka[2]、Ganguly Proloy[3]、Ando Jun-ichi[1]、Ghosh Gautam[3]、Bose Sankar[3] (1.Hiroshima University、2.Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC、3.Presidency University, India)

[SMP32-P05] 領家帯三河地域および讃岐東部地域のミグマタイトのU-Pbジルコン年代

*葛立 恵一[1]、河上 哲生[1]、Etienne Skrzypek[1]、坂田 周平[2]、平田 岳史[3] (1.京都大学、2.学習院大学、3.東京大学)

[SMP32-P06] 日高変成帯野塚岳地域における構造地質学的研究 -島弧・島弧接合による新生代大陸地殻の成長・形成過程とそのメカニズム-

*菅野 萌子[1]、豊島 剛志[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科)

[SMP32-P07] THE PRESSURE-TEMPERATURE PATH AND MINERAL ASSEMBLAGE OF THE KHONICHIIN OVOO AREA, SOUTHEASTERN MONGOLIA.

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、OTGONBAYAR DANDAR[1]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences the University of Tokyo)

[SMP32-P08] **九州北西部糸島半島野北地域の接触変成作用の温度圧力条件**

*池田 剛[1]、太田 健斗[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SMP32-P09] 天草下島に分布する長崎変成岩類の片麻岩に見られる部分溶融の証拠

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]、宮崎 一博[3] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門)

[SMP32-P10] **Microstructural Analysis of Quartz grains in Monomineralic and Polyphase domains: A case study from Main Central Thrust (MCT) Zone Mylonites, western Himalaya, India**

*Shivaji Saha[1]、Toru Takeshita[1]、Subhajit Ghosh[2]、Hari Bahadur Srivastava[3] (1.Department of Natural History Sciences, Hokkaido University、2.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、3.Department of Geology, Banaras Hindu University)

[SMP32-P11] **Tectono-thermal evolution of the Main Central Thrust (MCT) zone rocks of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*), Darjeeling-Sikkim Himalaya**

*Subhajit Ghosh[1,2]、Santanu Bose[2,3]、Nibir Mandal[4]、Arijit Laik[2] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032、2.Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India、3.Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India、4.Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India)

[SMP32-P12] 三波川帯の低変成度領域における温度構造と変形構造，およびテクトニックな意義

*山岡 健[1,2]、ウォリス サイモン[1]、森 宏[2] (1.東京大学、2.信州大学)

[SMP32-P13] Antigorite Raman spectrum: a case study in Shiraga region of the central Shikoku, Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan

*安藤 宏太[1]、纐纈 佑衣[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学)

[SMP32-P14] A fluid inclusion study from the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan

*進士 優朱輝[1]、辻森 樹[1]、川本 竜彦[2] (1.東北大学、2.静岡大学)

[SMP32-P15] Development of reaction-induced stress and permeability in MgO-H_2O system

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院 環境科学研究科)

[SMP32-P16] 透過菊池回折によるウルトラマイロナイト中のオリビン結晶方位解析：EBSDの微小部への拡張

*伊神 洋平[1]、道林 克禎[2]、柿畑 優季[2]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.名古屋大学 環境学研究科)

[SMP32-P17] Elucidation of effective diffusion coefficient along grain boundaries by hydrothermal experiment using low porosity rocks

*杉沢 直樹[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院　環境科学研究科　先進社会環境学専攻)

[SMP32-P18] **断層がウジ帯により記録される繰り返し地震すべり：野島断層ボーリングコアからの証拠**

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

[SMP32-P19] Evolution of fluid chemistry during basalt-water and basalt-seawater interactions revealed by hydrothermal flow-through experiments

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学　環境科学研究科)

[SMP32-P20] **3D microstructural analyses of fault rocks using CT and μCT scanning techniques**

*Bingcheng Liu[1]、Aiming Lin[1]、Takafumi Nishiwaki[1] (1.Kyoto University)

[SMP32-P21] **Dissolution kinetics of forsterite olivine at >200 °C: implication for the kinetics of serpentinization.**

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:遠藤 俊祐(島根大学 総合理工学部 地球科学科)、大柳 良介(国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

15:30 ~ 15:45

[SMP32-13] 日本列島造山帯の初期沈み込み記録: 木頭名結晶片岩の年代学再訪

*松永 翔太[1]、辻森 樹[1]、宮下 敦[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.成蹊大学、3.岡山理科大学)

15:45 ~ 16:00

[SMP32-14] Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

*辻森 樹[1]、原 智美[1]、進士 優朱輝[1]、石坂 知裕[1]、宮島 宏[2]、木村 純一[3]、青木 翔吾[4]、青木 一勝[4] (1.東北大学、2.フォッサマグナミュージアム、3.海洋研究開発機構、4.岡山理科大学)

16:00 ~ 16:15

[SMP32-15] スパースモデリングにより捉えた沈み込みスラブの発展的組成変化

*吉田 健太[1]、桑谷 立[1,2]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、赤穂 昭太郎[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SMP32-16] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology: Applications

*古川 旦[1]、辻森 樹[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[4] (1.東北大学地球惑星物質科学科、2.東北大学、3.岡山理科大学生物地球学部、4.岡山理科大学　理学部　基礎理学科)

16:30 ~ 16:45

[SMP32-17] X線CTを用いた断層岩の3次元構造解析ー野島断層を例としてー

*西脇 隆文[1]、林 愛明[1]、劉 炳成[1] (1.京都大学)

16:45 ~ 17:00

[SMP32-18] High- and low-stress subduction zones recognized in the rock record

*石井 和彦[1]、ウォリス サイモン[2] (1.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

9:00 ~ 9:15

[SMP33-01] CO_2を含むメラノフロジャイトの高温その場ラマン分光研究

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

9:15 ~ 9:30

[SMP33-02] カルサイト構造をもつ炭酸バリウムの合成と炭酸イオンの無秩序化

*鍵 裕之[1]、斉藤 綾花[1]、小松 一生[1]、川野 潤[2] (1.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設、2.北海道大学大学院理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SMP33-03] In-situ Raman spectroscopy of ε-FeOOH under high pressures

*池田 理[1]、坂巻 竜也[1]、鈴木 昭夫[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

9:45 ~ 10:00

[SMP33-04] **Strong hydrogen-bond generation in dense hydrous magnesium silicate phase E observed by single-crystal neutron diffraction**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Christina Hoffmann[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Neutron Scattering Division, Neutron Sciences Directorate, Oak Ridge National Laboratory)

10:00 ~ 10:15

[SMP33-05] **Water partitioning between upper mantle minerals and melts**

*Dmitry Bondar[1]、Hongzhan Fei[1]、Tony Withers[1]、Tomoo Katsura[1] (1.Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany)

10:15 ~ 10:30

[SMP33-06] $MgSiO_3$ メージャライトの落下溶解エンタルピー測定

*糀谷 浩[1]、野田 昌道[2]、井上 徹[2,3]、赤荻 正樹[1] (1.学習院大学理学部化学科、2.愛媛大学　GRC、3.広島大学大学院地球惑星システム学科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

10:45 ~ 12:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鹿山 雅裕(東北大学)

10:45 ~ 11:00

[SMP33-07] $MgO-TiO_2$系鉱物の高圧相転移

*赤荻 正樹[1]、藤村 哲也[1]、荒井 駿人[1]、岡野 雅樹[1]、糀谷 浩[1] (1.学習院大学理学部化学科)

11:00 ~ 11:15

[SMP33-08] 硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への相変化プロセス

*佐野 喜成[1]、興野 純[2]、米田 安宏[3]、山本 弦一郎[1] (1.筑波大学生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.日本原子力研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SMP33-09] Fe-S-O系メルト微粒子の急冷による組織形成過程

*磯部 博志[1] (1.熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学領域)

11:30 ~ 11:45

[SMP33-10] 動力学的回折理論に基づく電子回折シミュレーションと鉱物への応用

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.京都大学大学院理学研究科、3.名古屋大学大学院工学研究科)

11:45 ~ 12:15

[SMP33-11] 分析電子顕微鏡による鉱物中の陽イオン占有サイト解析：TEM-ALCHEMI法の地球惑星科学への応用

★招待講演

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]、栗林 貴弘[4]、藤 昇一[5] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.京都大学 理学研究科、3.名古屋大学 工学研究科、4.東北大学 理学研究科、5.福岡大学 理学部)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:則竹 史哉(山梨大学大学院総合研究部工学域物質科学系)、鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

13:45 ~ 14:15

[SMP33-12] Molecular Dynamics Study of Soret Effect in Silicate Liquids

★Invited Papers

*則竹 史哉[1] (1.山梨大学大学院総合研究部)

14:15 ~ 14:30

[SMP33-13] Seebeck coefficient of olivine: Implausible Mercury's thermoelectric dynamo

*五味 斎[1]、芳野 極[1]、米田 明[1] (1.岡山大学)

14:30 ~ 14:45

[SMP33-14] 外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた液体ガリウムの密度測定

*鶴岡 椋[1]、寺崎 英紀[1]、鎌田 誠司[2]、山田 伊織[1]、前田 郁也[3]、近藤 忠[1]、浦川 啓[4]、平尾 直久[5]、町田 晃彦[6] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.東北大学学際科学フロンティア研究所、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.岡山大学大学院自然科学研究科、5.高輝度光科学研究センター、6.量子科学技術研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SMP33-15] Density measurements of crystalline Fe and amorphous materials at high pressure

*鎌田 誠司[1,2]、寺崎 英紀[3]、田窪 勇作[3]、鶴岡 椋[3]、前田 郁也[2]、山田 類[1]、河口 沙織[4]、平尾 直久[4]、町田 晃彦[5] (1.東北大学学際科学フロンティア研究所、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、4.JASRI、5.QST)

15:00 ~ 15:15

[SMP33-16] DAC-GHz ultrasonic P wave velocity measurement on KCl and natural olivine

*Akira Yoneda[1]、Shinichiro Kobayashi[2]、Seiji Kamada[3] (1.Institute for planetary materials, Okayama University、2.Department of Earth Science, Graduate school of Science, Tohoku Univ.、3.Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku Univ.)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[SMP33-P01] ザイフェルタイトのラマン分光分析

*鹿山 雅裕[1]、大谷 栄治[1]、宮原 正明[2]、金子 詳平[1]、関根 利守[3]、小澤 信[1]、平尾 直久[4] (1.東北大学、2.広島大学、3.HPSTAR、4.高輝度光科学研究センター)

[SMP33-P02] 衝突ダイヤモンドの微細組織の結晶化プロセス

*大藤 弘明[1]、中谷 元祐[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

[SMP33-P03] Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による

*上原 亮[1]、桑原 義博[1]、島田 和彦[1]、中牟田 義博[1]、上原　誠一郎[1]、足立 達朗[1] (1.九州大学)

[SMP33-P04] 小笠原諸島父島における沸石の共生関係について

伊藤 道玄[1]、*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、山崎 淳司[2]、萩谷 宏[1] (1.東京都市大学知識工学部自然科学科、2.早稲田大学理工学術院総合研究所)

[SMP33-P05] Title: Single-crystal X-ray diffraction study of mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) from 213 to 303 K

*池田 龍太郎[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P06] Elastic constants of single-crystal topaz studied via sphere-resonance method

*荒舘 佳子[1]、渡辺 了[1]、浜田 盛久[2] (1.富山大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP33-P07] シート状鉱物の研磨によるダメージの検証

*纐纈 佑衣[1]、安藤 宏太[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学大学院　環境学研究科)

[SMP33-P08] Zebra Rock の記載とパターン形成モデル

*吉村 薫[1]、寅丸 敦志[2]、市原 美恵[3]、野口 高明[4]、松本 徹[5] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.東京大学地震研究所、4.九州大学基幹教育院、5.宇宙研究開発機構/宇宙科学研究所)

[SMP33-P09] Thermal conductivity anomaly of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution across the spin transition

*趙 耕賢[1]、謝 文斌[1,2] (1.台湾中央研究院地球科学研究所、2.台湾国立台湾大学地質学科)

[SMP33-P10] **Melting experiments in the $MgSiO_3$ – SiO_2 system under high pressures**

*森口 拓弥[1]、米田 明[1]、伊藤 英司[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SMP33-P11] Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1] (1.岡山大学)

[SMP33-P12] タイタン内部条件におけるメタンハイドレートの安定性

*門林 宏和[1]、平井 寿子[2]、大藤 弘明[1]、川村 英彰[1]、大竹 道香[3]、山本 佳孝[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科、3.産業技術総合研究所)

[SMP33-P13] Magnetite-maghemite-hematite相転移の研究

*杵渕 伊吹[1]、興野 純[1]、佐野 喜成[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P14] The Effects of Temperature and Pressure on Hydromagnesite

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、服部 高典[3]、松下 能孝[4]、米田 安宏[3] (1.筑波大学、2.総合科学研究機構、3.日本原子力研究開発機構、4.物質・材料研究機構)

[SMP33-P15] Synthesis and crystal structure of Mg-bearing Fe_9O_{11}: New insight in the complexity of Fe-Mg oxides at conditions of the deep upper mantle

*石井 貴之[1]、Uenver-Thiele Laura[2]、Alan B Woodland[2]、Edith Alig[3]、Tiziana Boffa Ballaran[1] (1.バイロイト大学バイエルン地球科学研究所、2.Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt、3.Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt)

[SMP33-P16] **Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment**

*Soyeon Kwon[1]、Yongjae Lee[1] (1.YONSEI University)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

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

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[SMP33-P01] ザイフェルタイトのラマン分光分析

*鹿山 雅裕[1]、大谷 栄治[1]、宮原 正明[2]、金子 詳平[1]、関根 利守[3]、小澤 信[1]、平尾 直久[4] (1.東北大学、2.広島大学、3.HPSTAR、4.高輝度光科学研究センター)

[SMP33-P02] 衝突ダイヤモンドの微細組織の結晶化プロセス

*大藤 弘明[1]、中谷 元祐[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

[SMP33-P03] Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による

*上原 亮[1]、桑原 義博[1]、島田 和彦[1]、中牟田 義博[1]、上原　誠一郎[1]、足立 達朗[1] (1.九州大学)

[SMP33-P04] 小笠原諸島父島における沸石の共生関係について

伊藤 道玄[1]、*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、山崎 淳司[2]、萩谷 宏[1] (1.東京都市大学知識工学部自然科学科、2.早稲田大学理工学術院総合研究所)

[SMP33-P05] Title: Single-crystal X-ray diffraction study of mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) from 213 to 303 K

*池田 龍太郎[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P06] Elastic constants of single-crystal topaz studied via sphere-resonance method

*荒舘 佳子[1]、渡辺 了[1]、浜田 盛久[2] (1.富山大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP33-P07] シート状鉱物の研磨によるダメージの検証

*纐纈 佑衣[1]、安藤 宏太[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学大学院　環境学研究科)

[SMP33-P08] Zebra Rock の記載とパターン形成モデル

*吉村 薫[1]、寅丸 敦志[2]、市原 美恵[3]、野口 高明[4]、松本 徹[5] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.東京大学地震研究所、4.九州大学基幹教育院、5.宇宙研究開発機構/宇宙科学研究所)

[SMP33-P09] Thermal conductivity anomaly of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution across the spin transition

*趙 耕賢[1]、謝 文斌[1,2] (1.台湾中央研究院地球科学研究所、2.台湾国立台湾大学地質学科)

[SMP33-P10] **Melting experiments in the $MgSiO_3$ – SiO_2 system under high pressures**

*森口 拓弥[1]、米田 明[1]、伊藤 英司[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SMP33-P11] Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1] (1.岡山大学)

[SMP33-P12] タイタン内部条件におけるメタンハイドレートの安定性

*門林 宏和[1]、平井 寿子[2]、大藤 弘明[1]、川村 英彰[1]、大竹 道香[3]、山本 佳孝[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科、3.産業技術総合研究所)

[SMP33-P13] Magnetite-maghemite-hematite相転移の研究

*杵渕 伊吹[1]、興野 純[1]、佐野 喜成[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P14] The Effects of Temperature and Pressure on Hydromagnesite

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、服部 高典[3]、松下 能孝[4]、米田 安宏[3] (1.筑波大学、2.総合科学研究機構、3.日本原子力研究開発機構、4.物質・材料研究機構)

[SMP33-P15] Synthesis and crystal structure of Mg-bearing Fe_9O_{11}: New insight in the complexity of Fe-Mg oxides at conditions of the deep upper mantle

*石井 貴之[1]、Uenver-Thiele Laura[2]、Alan B Woodland[2]、Edith Alig[3]、Tiziana Boffa Ballaran[1] (1.バイロイト大学バイエルン地球科学研究所、2.Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt、3.Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt)

[SMP33-P16] **Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment**

*Soyeon Kwon[1]、Yongjae Lee[1] (1.YONSEI University)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)

[SGC40-P01] 大陸成長モデルの勘どころ

*是永 淳[1] (1.イェール大学地球科学科)

[SGC40-P02] 27億年前のベリングウェーコマチアイトの質量非依存硫黄同位体分別：太古代における地殻物質のリサイクル

*久保田 勇祐[1]、上野 雄一郎[1,2,3]、清水 健二[3]、松浦 史宏[2]、石川 晃[1,3] (1.東京工業大学地球惑星科学系、2.東京工業大学地球生命研究所、3.海洋研究開発機構)

[SGC40-P03] Determination of halogens in some standard materials using the neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、斉藤 健彦[3]、長尾 敬介[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.東京都立産業技術研究センター、3.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

[SGC40-P04] FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

*仁木 創太[1]、角野 浩史[2]、小林 真大[3]、鍵 裕之[1]、平田 岳史[1]、Ballentine Chris[4] (1.Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo、2.Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo、3.Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute、4.Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford)

[SGC40-P05] 蛇紋石へのハロゲン元素の新しい溶解機構：結晶化学的考察

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SGC40-P06] 竹富島温泉掘削試料の鉱物学的・地球化学的特徴

*新垣 典之[1]、土岐 知弘[1]、大嶋 将吾[2]、知念 正昭[3]、坂口 有人[4]、高畑 直人[5]、佐野 有司[5]、白井 厚太朗[5]、田中 健太郎[5] (1.琉球大学 理学部、2.西日本技術開発株式会社、3.MicroRange、4.山口大学大学院創成科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

[SGC40-P07] Variation of helium isotope compositions at Lake Mashu

*鹿児島 渉悟[1]、佐野 有司[1]、田中 敦[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立環境研究所)

[SGC40-P08] Helium isotopes in Tachibana Bay and Shimabara Bay, Nagasaki

*Ma. Teresa Escobar[1]、Yama Tomonaga[2]、Hajime Obata[1]、Shigenobu Takeda[3]、Naoto Takahata[1]、Yuji Sano[1] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, Japan、2.Eawag,, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Water Resources and Drinking Water, Überlandstrasse 133 CH-8600 ,Dübendorf, Switzerland、3.Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, Nagasaki, Japan)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

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

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)

[SGC40-P01] 大陸成長モデルの勘どころ

*是永 淳[1] (1.イェール大学地球科学科)

[SGC40-P02] 27億年前のベリングウェーコマチアイトの質量非依存硫黄同位体分別：太古代における地殻物質のリサイクル

*久保田 勇祐[1]、上野 雄一郎[1,2,3]、清水 健二[3]、松浦 史宏[2]、石川 晃[1,3] (1.東京工業大学地球惑星科学系、2.東京工業大学地球生命研究所、3.海洋研究開発機構)

[SGC40-P03] Determination of halogens in some standard materials using the neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、斉藤 健彦[3]、長尾 敬介[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.東京都立産業技術研究センター、3.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

[SGC40-P04] FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

*仁木 創太[1]、角野 浩史[2]、小林 真大[3]、鍵 裕之[1]、平田 岳史[1]、Ballentine Chris[4] (1.Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo、2.Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo、3.Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute、4.Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford)

[SGC40-P05] 蛇紋石へのハロゲン元素の新しい溶解機構：結晶化学的考察

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SGC40-P06] 竹富島温泉掘削試料の鉱物学的・地球化学的特徴

*新垣 典之[1]、土岐 知弘[1]、大嶋 将吾[2]、知念 正昭[3]、坂口 有人[4]、高畑 直人[5]、佐野 有司[5]、白井 厚太朗[5]、田中 健太郎[5] (1.琉球大学 理学部、2.西日本技術開発株式会社、3.MicroRange、4.山口大学大学院創成科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

[SGC40-P07] Variation of helium isotope compositions at Lake Mashu

*鹿児島 渉悟[1]、佐野 有司[1]、田中 敦[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立環境研究所)

[SGC40-P08] Helium isotopes in Tachibana Bay and Shimabara Bay, Nagasaki

*Ma. Teresa Escobar[1]、Yama Tomonaga[2]、Hajime Obata[1]、Shigenobu Takeda[3]、Naoto Takahata[1]、Yuji Sano[1] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, Japan、2.Eawag,, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Water Resources and Drinking Water, Überlandstrasse 133 CH-8600 ,Dübendorf, Switzerland、3.Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, Nagasaki, Japan)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

13:45 ~ 15:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)、座長:羽生 毅、Gray Bebout(Lehigh University)、佐野 有司、角野 浩史

13:45 ~ 14:15

[SGC40-01] Continental growth, crustal recycling, and global water cycle

★Invited Papers

*是永 淳[1] (1.イェール大学地球科学科)

14:15 ~ 14:30

[SGC40-02] マントルプルーム内部でマグマ形成に果たす揮発成分の役割

*高橋 栄一[1]、王 錦団[1]、李 立[1] (1.中国科学院広州地球化学研究所)

14:30 ~ 14:45

[SGC40-03] DH partitioning experiment among high-pressure polymorph of olivine

*佐野 亜沙美[1]、伊藤 正一[2]、井上 徹[3]、野田 昌道[3] (1.日本原子力研究開発機構 J-PARCセンター、2.京都大学、3.広島大学)

14:45 ~ 15:00

[SGC40-04] **Formation of Fe-rich volatile-bearing phases in the deep lower mantle and the implications for deep Earth volatile cycles**

*Li Zhang[1]、Hongsheng Yuan[1]、Eiji Ohtani[2]、Lianjie Man[1]、Duck Young Kim[1]、Dmitry Popov[3]、Yue Meng[3]、Eran Greenberg[4]、Vitali Prakapenka[4] (1.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR)、2.Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University、3.HPCAT, X-ray Science Division, Argonne National Laboratory、4.GeoSoilEnviroCARS, University of Chicago)

15:00 ~ 15:15

[SGC40-05] Estimation of the origin of Pitcairn Island OIB by Independent Component Analysis

*小澤 恭弘[1]、岩森 光[1,2,3]、羽生 毅[2]、浜田 盛久[2]、清水 健二[4]、牛久保 孝之[4]、木村 純一[2]、常 青[2]、中村 仁美[5]、伊藤 元雄[4] (1.東京工業大学、2.海洋研究開発機構　地球内部物質循環研究分野、3.東京大学　地震研究所、4.海洋研究開発機構　高知コア研究所、5.国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)、座長:羽生 毅、Gray Bebout(Lehigh University)、佐野 有司、角野 浩史

15:30 ~ 16:00

[SGC40-06] Tracing recycled volatiles in MORB with halogens

★Invited Papers

*Ray Burgess[1]、Lorraine Ruzie-Hamilton[1]、Patricia Clay[1]、Bastian Joachim[2]、Christopher Ballentine[3] (1.School of Earth and Environmental Sciences, University of Manchester, Manchester, M13 9PL UK、2.Institute for Mineralogy and Petrography, University of Innsbruck, Innrain, 52A-6020, Innsbruck, Austria、3.Department of Earth Sciences, University of Oxford, South Parks Road, Oxford, OX1 3AN UK)

16:00 ~ 16:15

[SGC40-07] Volatile composition in ocean island basalts

*羽生 毅[1] (1.海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

16:15 ~ 16:30

[SGC40-08] Halogen heterogeneity in the subcontinental lithospheric mantle

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、Ray Burgess[3]、Chris Ballentine[4] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.東京都立産業技術研究センター、3.マンチェスター大学地球環境学教室、4.オックスフォード大学地球科学科)

16:30 ~ 16:45

[SGC40-09] Efficiency of Deep Carbon Subduction: Input, Metamorphic Records, and Bearing on Estimated Sources of Arc Volcanic Gases

*Gray E Bebout[1,2]、Gabe S Epstein[2]、Brian M House[3] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Lehigh University、3.University of California, San Diego)

16:45 ~ 17:00

[SGC40-10] Helium isotope variations in subduction-type volcanic hydrothermal systems

*佐野 有司[1]、鹿児島 渉悟[1]、高畑 直人[1]、尾上 哲治[2]、柴田 智郎[3]、Tobias Fischer[4] (1.東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系、2.熊本大学先端科学研究部基礎科学部門地球環境科学講座、3.京都大学地球熱学研究施設、4.ニューメキシコ大学地球惑星科学教室)

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

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[S-GC41] 固体地球化学・惑星化学

コンビーナ:下田 玄(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、山下 勝行(岡山大学大学院自然科学研究科)、石川 晃(東京工業大学理学院地球惑星科学系)

[SGC41-P01] Experimental and Simulation Study on the Migration Rule of Arsenic in the Soil of Surface Karst Zone in Southwest China

*bin zeng[1] (1.China University of Geosciences)

[SGC41-P02] H_2 production and CO_2 storage during peridotite serpentinization under CO_2-rich hydrothermal conditions: Influence of pyroxene

*Jiajie Wang[1]、Noriaki Watanabe[1]、Atsushi Okamoto[1]、Kengo Nakamura[1]、Takeshi Komai[1] (1.Tohoku Univ.)

[SGC41-P03] **Age determination of spherical carbonate concretions by Sr isotope stratigraphy**

*淺原 良浩[1]、吉田 英一[2]、山本 鋼志[1]、勝田 長貴[3]、南 雅代[4]、メトカルフェ リチャード[5] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学博物館、3.岐阜大学教育学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所、5.Quintessa UK)

[SGC41-P04] オスミウム同位体と強親鉄性元素組成からみたハワイ諸島、カウラ島産マントル捕獲岩の起源

*藤田 遼[1]、石川 晃[1]、横山 哲也[1]、Michael Garcia[2] (1.東京工業大学、2.ハワイ大学)

[SGC41-P05] 西南日本，北陸地域東部に分布する中新世アダカイト質火山岩の岩石学的・地球化学的特徴

*渡邉 駿[1]、高橋 俊郎[1] (1.新潟大学)

[SGC41-P06] Trace element and isotopic characteristics of high Nb basalts from Kyushu arc and back arc

*Bidisha Dey[1]、Tomoyuki Shibata[1] (1.Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University)

[SGC41-P07] Evaluation of digestion methods for Molybdenum concentration analysis for geological materials

六鹿 悠[1]、*石川 晃[1]、横山 哲也[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

[SGC41-P08] *fs*LA-ICPMS analysis of XRF glass beads

*常 青[1]、佐藤 智紀[2]、木村 純一[1] (1.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野、2.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・海洋掘削科学研究開発センター)

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

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_32

[S-GC41] 固体地球化学・惑星化学

コンビーナ:下田 玄(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、山下 勝行(岡山大学大学院自然科学研究科)、石川 晃(東京工業大学理学院地球惑星科学系)

[SGC41-P01] Experimental and Simulation Study on the Migration Rule of Arsenic in the Soil of Surface Karst Zone in Southwest China

*bin zeng[1] (1.China University of Geosciences)

[SGC41-P02] H_2 production and CO_2 storage during peridotite serpentinization under CO_2-rich hydrothermal conditions: Influence of pyroxene

*Jiajie Wang[1]、Noriaki Watanabe[1]、Atsushi Okamoto[1]、Kengo Nakamura[1]、Takeshi Komai[1] (1.Tohoku Univ.)

[SGC41-P03] **Age determination of spherical carbonate concretions by Sr isotope stratigraphy**

*淺原 良浩[1]、吉田 英一[2]、山本 鋼志[1]、勝田 長貴[3]、南 雅代[4]、メトカルフェ リチャード[5] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学博物館、3.岐阜大学教育学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所、5.Quintessa UK)

[SGC41-P04] オスミウム同位体と強親鉄性元素組成からみたハワイ諸島、カウラ島産マントル捕獲岩の起源

*藤田 遼[1]、石川 晃[1]、横山 哲也[1]、Michael Garcia[2] (1.東京工業大学、2.ハワイ大学)

[SGC41-P05] 西南日本，北陸地域東部に分布する中新世アダカイト質火山岩の岩石学的・地球化学的特徴

*渡邉 駿[1]、高橋 俊郎[1] (1.新潟大学)

[SGC41-P06] Trace element and isotopic characteristics of high Nb basalts from Kyushu arc and back arc

*Bidisha Dey[1]、Tomoyuki Shibata[1] (1.Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University)

[SGC41-P07] Evaluation of digestion methods for Molybdenum concentration analysis for geological materials

六鹿 悠[1]、*石川 晃[1]、横山 哲也[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

[SGC41-P08] *fs*LA-ICPMS analysis of XRF glass beads

*常 青[1]、佐藤 智紀[2]、木村 純一[1] (1.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野、2.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・海洋掘削科学研究開発センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:島 伸和、松野 哲男

10:45 ~ 11:00

[SVC38-30] これまでのKOBEC鬼界カルデラ航海・研究のまとめ

*島 伸和[1,2]、松野 哲男[2,1]、清杉 孝司[3,2]、清水 賢[2]、中岡 礼奈[2]、鈴木 桂子[2,1]、瀬戸 康友[1]、佐野 守[2]、森田 結子[4]、井和丸 光[2]、両角 春寿[2]、堀内 美咲[1]、西村 公宏[1]、市原 寛[5]、林 和輝[1]、廣瀬 時[1]、金子 克哉[1,2]、山口 寛登[4]、沖園 雄希[4]、杉岡 裕子[1,2]、中東 和夫[6,2]、山本 揚二朗[7]、香田 達也[2]、小平 秀一[7,2]、巽 好幸[2,1]、 深江丸「鬼界カルデラ探査航海」乗船研究者 (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環、4.神戸大学理学部惑星学科、5.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、6.東京海洋大学、7.海洋研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-31] 鬼界カルデラ・アカホヤ噴火の水中火砕流の分布

*清水 賢[1,2]、島 伸和[3,1]、中岡 礼奈[1]、松野 哲男[1,3]、清杉 孝司[5]、井和丸 光[1,2]、佐野 守[1,2]、西村 公宏[3]、鈴木 桂子[1,3]、金子 克哉[3]、山口 寛登[4]、堀内 美咲[3]、廣瀬 時[3]、林 和輝[3]、巽 好幸[1,3] (1.神戸大学　海洋底探査センター、2.日本海洋事業株式会社、3.神戸大学 大学院 理学研究科惑星学専攻、4.神戸大学 理学部惑星学科、5.神戸大学　自然科学系先端融合研究環)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-32] 火山ガラス組成に基づく鬼界カルデラ海底採取火山灰と幸屋火砕流堆積物の対比

*中岡 礼奈[1]、鈴木 桂子[1,2]、清水 賢[1]、巽 好幸[1,2]、金子 克哉[2,1]、清杉 孝司[3,1]、島 伸和[2,1]、松野 哲男[1,2]、西村 公宏[2]、林 和輝[2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-33] ROVによる鬼界カルデラ海底調査の予察的報告

*清杉 孝司[1]、鈴木 桂子[2]、両角 春寿[2,4]、巽 好幸[2]、金子 克哉[3]、中岡 礼奈[2]、佐野 守[2]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、島 伸和[3]、松野 哲男[2]、西村 公宏[3]、林 和輝[3]、堀内 美咲[3] (1.神戸大学先端融合研究環、2.神戸大学 海洋底探査センター 、3.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻 、4.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-34] 海底地震観測を用いた鬼界カルデラで発生する地震活動

*瀬戸 康友[1]、杉岡 裕子[2]、山本 揚二朗[3]、高橋 努[4] (1.神戸大学大学院　理学研究科　惑星学専攻、2.神戸大学　理学研究科　惑星学専攻、3.海洋研究開発機構、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-35] 鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造探査

*松野 哲男[1,2]、廣瀬 時[2]、沖園 雄希[3]、島 伸和[2,1]、市原 寛[4]、杉岡 裕子[2,1]、巽 好幸[1,2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学理学部惑星学科、4.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:大場 武、寺田 暁彦

13:45 ~ 14:00

[SVC38-36] 箱根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、西野 佳奈[1]、沼波 望[1]、代田 寧[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、鋤柄 千穂[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.神奈川県環境科学センター、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-37] 霧島硫黄山火山ガスの化学組成および安定同位体比

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、外山 浩太郎[3]、角野 浩史[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、新宮原 諒[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.東京大学大学院　総合文化研究科　広域科学専攻、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-38] 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変化

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、秋山 良秀[1]、相澤 広記[4]、塚本 果織[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁気象研究所、4.九州大学　大学院理学研究院附属　地震火山観測研究センター)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-39] 草津白根火山・湯釜火口周辺における土壌水銀放出帯

*寺田 暁彦[1]、水谷 紀章[1] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-40] Magnetotelluric images of Kusatsu-Shirane volcano, revisited by 3-D modeling with tetrahedral elements considered topography effect

*Kuo Hsuan Tseng[1]、Yasuo Ogawa[1]、Nurhassan .[2]、Sabri Bulent Tank[3]、Akihiko Terada[1]、Wataru Kanda[1]、Masato Fukai[1] (1.Tokyo Institute of Technology、2.Bandung Institute of Technology, Indonesia、3.Bogazici University, Turkey)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-41] 広帯域MT法データから推定される阿蘇火山のマグマ供給系と浅部熱水系

*松島 喜雄[1]、宇津木 充[2]、高倉 伸一[1]、山崎 雅[1]、畑 真紀[3]、橋本 武志[4]、上嶋 誠[3] (1.産総研地質調査総合センター、2.京都大学、3.東京大学、4.北海道大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)、座長:廣瀬 仁、田中 愛幸

9:00 ~ 9:30

[SCG48-01] Variability of the space-time evolution of slow slip events off the Boso Peninsula, central Japan, from 1996 to 2018

★Invited Papers

*福田 淳一[1] (1.東京大学地震研究所)

9:30 ~ 9:45

[SCG48-02] Cumulative slip distribution of short-term slow slip events in the western Shikoku area, southwest Japan based on tilt change measurements

*廣瀬 仁[1,2]、田村 和華子[2]、木村 武志[3] (1.神戸大学都市安全研究センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.防災科学技術研究所)

9:45 ~ 10:00

[SCG48-03] Shallow undersea SSEs off the western Japan monitored by the GNSS-A

*横田 裕輔[1]、石川 直史[2] (1.東京大学生産技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

10:00 ~ 10:15

[SCG48-04] Co- and Post-seismic deformation due to the 2016 moderate earthquake sequence at the Chaman fault

*松本 史子[1]、古屋 正人[1] (1.北海道大学)

10:15 ~ 10:30

[SCG48-05] GNSSと重力データを用いたスロースリップ中における流体移動の定量化の試み　第一報

*梅宮 悠輔[1]、田中 愛幸[1] (1.東京大学理学部)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)

[SCG48-P01] 2004年海底地震観測から明らかになった紀伊半島南東沖の浅部低周波微動活動

*溜渕 功史[1]、小林 昭夫[1]、西宮 隆仁[1]、案浦 理[2] (1.気象研究所、2.気象庁)

[SCG48-P02] The development of pressure vessel on gouges for rock deformation at seismic rates under water-saturated conditions

*Wei-Ting Lin[1]、Li-Wei Kuo[1]、Wen-Jie Wu[1]、Jia-Jyun Dong[1]、Yi-Hung Huang[2] (1.National Central University、2.MATSUKI HYDRAULIC INDUSTRIAL CO. LTD)

[SCG48-P03] 室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域の浅部超低周波地震活動の空間変化

*武村 俊介[1]、松澤 孝紀[1]、野田 朱美[1]、利根川 貴志[2]、浅野 陽一[1]、木村 武志[1]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構)

[SCG48-P04] Evaluation of Magnitude and Characteristics of Seismicity of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京工業大学理学院、3.応用アール・エム・エス株式会社)

[SCG48-P05] Tectonic tremor catalog in the Tohoku-Hokkaido-Oki region using S-net

*井出 哲[1]、西川 友章[2]、松澤 孝紀[3]、太田 和晃[2]、内田 直希[4]、西村 卓也[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所、3.防災科学技術研究所、4.東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター)

[SCG48-P06] Spontaneous Slow Slip and Runaway Slip in Laboratory

*高橋 美紀[1] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SCG48-P07] 高速断層すべり過程における石英質岩の水和化、非晶質化 : 人工水晶を用いた摩擦実験による検討

* 尾上 裕子[1]、 飯田 大貴[2]、堤 昭人[1]、瀧川 晶[1] (1.京都大学理学研究科、2.地熱エンジニアリング（株）)

[SCG48-P08] Constraining S Wave Velocity of the Source Region of Shallow Very Low-Frequency Earthquakes

*悪原 岳[1]、利根川 貴志[2] (1.東京大学地震研究所、2.海洋開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SCG48-P09] Quantitative relationship between aseismic slip propagation speed and frictional properties

*有吉 慶介[1]、アンプエロ ジャンポール[2,3]、バーグマン ローランド[4]、松澤 暢[5]、長谷川 昭[5]、日野 亮太[5]、堀 高峰[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.コート・ダジュール大学、3.カリフォルニア工科大学、4.カリフォルニア大学バークレー校、5.東北大学大学院理学研究科)

[SCG48-P10] Comprehensive detection of very low frequency earthquakes off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, northeastern Japan

*馬場 慧[1]、竹尾 明子[1]、小原 一成[1]、松澤 孝紀[2]、前田 拓人[3] (1.東京大学地震研究所、2.防災科学技術研究所、3.弘前大学理工学研究科)

[SCG48-P11] GNSSデータを用いた1997-2017年東海地方スロースリップイベントの推定

*坂上 啓[1]、西村 卓也[2]、福田 淳一[3]、加藤 照之[4] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.神奈川県温泉地学研究所)

[SCG48-P12] Broadband excitation of acoustic emission in granular stick-slip : experiments and spectral analyses

*福水 秀和[1]、隅田 育郎[2] (1.金沢大学大学院　自然科学研究科　自然システム学専攻　地球環境学コース、2.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)

[SCG48-P13] Episodic tremor and slip silently invades strongly locked megathrust in the Nankai Trough

*加納 将行[1]、加藤 愛太郎[2]、小原 一成[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P14] Spatial distribution of the electrical resistivity beneath western part of Shikoku Island where long-term SSE events have repeatedly occurred

*上嶋 誠[1]、畑 真紀[1]、市原 寛[2]、吉村 令慧[3]、相澤 広記[4] (1.東京大学地震研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山センター、3.京都大学防災研究所、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SCG48-P15] Variations of scaling relationships for shallow tremor observed along the Nankai trough

*中野 優[1]、矢部 優[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P16] Low-frequency earthquakes triggered by teleseismic surface waves by Ryukyu subduction zone.

金城 亜祐美[1]、*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P17] 四国地方における深部低周波微動に同期する地表変位の検出

*岡田 悠太郎[1]、田部井 隆雄[2] (1.高知大学理学部、2.高知大学理工学部)

[SCG48-P18] Long-term temporal change in crustal resistivity beneath western Shikoku

*山下 太[1]、本蔵 義守[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[SCG48-P19] Slow decay of postseismic deformation compared with aftershocks following the 2011 Tohoku-oki Earthquake

*三井 雄太[1]、森上 竣介[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学大学院総合科学技術研究科)

[SCG48-P20] スロー地震発生深度で形成された沈み込み剪断帯における蛇紋岩の脱水

*森 康[1]、重野 未来[1]、氏家 恒太郎[2]、野呂 和也[2]、西山 忠男[3] (1.北九州市立自然史・歴史博物館、2.筑波大学、3.熊本大学)

[SCG48-P21] 中部琉球海溝における超低周波地震群発地震活動に続いて起こる群発地震活動

*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P22] Seismic imaging in the central Nankai trough, off Shionomisaki to Kii channel

*中村 恭之[1]、小平 秀一[1]、野 徹雄[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、白石 和也[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P23] Attempt to Detect Intra-plate SSEs Based on F3 Solution of GEONET

*田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P24] A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus: Reproduction of slow/megathrust earthquakes in laboratory

*廣瀬 丈洋[1]、谷川 亘[1]、濱田 洋平[1]、岡崎 啓史[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所)

[SCG48-P25] Very low-frequency earthquakes in western Shikoku remotely triggered by the 2016 Mw5.9 off-Kii Peninsula earthquake

*宮澤 理稔[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG48-P26] **Underground structure around source region of slow earthquakes in western Shikoku obtained by receiver function analysis**

疋田 朗[1]、加藤 愛太郎[1]、*小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、悪原 岳[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P27] 地震計アレイデータの逆投影による紀伊半島下の深部低周波微動の震源決定

*寒河江 皓大[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、今西 和俊[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.産業技術総合研究所)

[SCG48-P28] Triggered tremors and stress perturbations due to surface waves

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

[SCG48-P29] Numerical modeling of long- and shallow slow slip events including shallow region in Hyuganada and western Nankai, Japan

*松澤 孝紀[1]、芝崎 文一郎[2] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所、2.国立研究開発法人　建築研究所)

[SCG48-P30] 南海トラフ東部の浅部VLFE震源分布が示唆する、沈み込む海嶺が及ぼす空間的ひずみ蓄積解放様式への影響

*藤 亜希子[1]、Chen Wan-Jou [2]、Dreger Doug[3]、Chi Wu-Cheng[2]、井出 哲[1] (1.東京大学、2.台湾中央研究院地球科学研究所、3.カルフォルニア大学バークレー校)

[SCG48-P31] Evidence for semi-brittle flow in mantle-wedge serpentinites under high pore fluid pressure and their implications for deep low frequency earthquakes

片岡 賢悟[1]、永田 有里奈[1]、*平内 健一[1]、大柳 良介[2]、岡本 敦[3]、道林 克禎[4] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SCG48-P32] 疎性モデリングで得られた房総半島沖スロースリップイベントのすべり分布

*中田 令子[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[3,4]、秋山 峻寛[5]、吉岡 祥一[6]、岡田 真人[7]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.統計数理研究所、3.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4.科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)、5.神戸大学大学院理学研究科、6.神戸大学都市安全研究センター、7.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[SCG48-P33] Marine electromagnetic observations around a slow earthquake region in the western Nankai trough

*市原 寛[1]、後藤 忠徳[2]、松野 哲男[3]、多田 訓子[4]、佐藤 真也[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.京都大学大学院工学研究科、3.神戸大学海洋底探査センター、4.海洋研究開発機構)

[SCG48-P34] 構造媒質中で凝集が生じる系で見られる注入先端のダイナミクス

*住野 豊[1]、田中 駿佑[1]、國廣 美幸[1] (1.東京理科大学)

[SCG48-P35] Permeability changes of simulated low permeable fault rocks induced by intermediate velocity friction test

*谷川 亘[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所)

[SCG48-P36] Modified relation between the coupling and tremor rates around the Shikoku region

*落 唯史[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG48-P37] Spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency earthquakes in the northern part of the Ryukyu subduction zone

*浅野 陽一[1]、後藤 和彦[2]、八木原 寛[3]、平野 舟一郎[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所)

[SCG48-P38] Possible tectonic tremor activities near the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region in 2011

*高橋 秀暢[1]、日野 亮太[1]、太田 雄策[1]、内田 直希[1]、鈴木 秀市[1]、篠原 雅尚[2]、松澤 孝紀[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震学研究所、3.防災科学技術研究所)

[SCG48-P39] Heterogeneous structure around a region of slow earthquake activity off Ibaraki prefecture along the Japan Trench

*望月 公廣[1]、山田 知朗[1]、篠原 雅尚[1]、日野 亮太[2]、東 龍介[2]、伊藤 喜宏[3]、村井 芳夫[4]、植平 賢司[5]、佐藤 利典[6] (1.東大地震研、2.東北大大学院理学研究科、3.京大防災研、4.北大理学研究院、5.防災科学技術研究所、6.千葉大大学院理学研究院)

[SCG48-P40] Shallow low-frequency tremor triggered by nearby moderate earthquakes off Sanriku

*田中 佐千子[1]、松澤 孝紀[1]、浅野 陽一[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG48-P41] GNSSデータに基づく15年間の豊後水道スロースリップの推定（1996-2011年）

横井 貴稔[1]、*宮崎 真一[1]、坂上 啓[1]、福田 淳一[2] (1.京都大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P42] 加速度計記録を用いたS-netのセンサー姿勢・方位推定と地殻変動検出可能性の検討

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

[SCG48-P43] Spatiotemporal variation of released seismic energy from shallow low-frequency tremor in Hyuga-nada, revealed by ocean bottom seismological observation

*山下 裕亮[1]、渡邉 早姫[2]、山田 知朗[3]、篠原 雅尚[3]、松島 健[2] (1.京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所、2.九州大学地震火山観測研究センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG48-P44] Unified description of fast and slow earthquakes using velocity strengthening patches

*小澤 創[1]、波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P45] The b-value of the earthquake swarm activities accompanied by the Boso slow slip events

*野田 雄貴[1]、廣瀬 仁[2,1] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学都市安全研究センター)

[SCG48-P46] **琉球海溝周辺におけるフィリピン海プレートの沈み込みに伴う３次元熱対流数値シミュレーション**

*末永 伸明[1]、吉岡 祥一[2,1]、季 顕鋒[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.神戸大学都市安全研究センター、3.中国科学院)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_33

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)

[SCG48-P01] 2004年海底地震観測から明らかになった紀伊半島南東沖の浅部低周波微動活動

*溜渕 功史[1]、小林 昭夫[1]、西宮 隆仁[1]、案浦 理[2] (1.気象研究所、2.気象庁)

[SCG48-P02] The development of pressure vessel on gouges for rock deformation at seismic rates under water-saturated conditions

*Wei-Ting Lin[1]、Li-Wei Kuo[1]、Wen-Jie Wu[1]、Jia-Jyun Dong[1]、Yi-Hung Huang[2] (1.National Central University、2.MATSUKI HYDRAULIC INDUSTRIAL CO. LTD)

[SCG48-P03] 室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域の浅部超低周波地震活動の空間変化

*武村 俊介[1]、松澤 孝紀[1]、野田 朱美[1]、利根川 貴志[2]、浅野 陽一[1]、木村 武志[1]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構)

[SCG48-P04] Evaluation of Magnitude and Characteristics of Seismicity of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京工業大学理学院、3.応用アール・エム・エス株式会社)

[SCG48-P05] Tectonic tremor catalog in the Tohoku-Hokkaido-Oki region using S-net

*井出 哲[1]、西川 友章[2]、松澤 孝紀[3]、太田 和晃[2]、内田 直希[4]、西村 卓也[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所、3.防災科学技術研究所、4.東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター)

[SCG48-P06] Spontaneous Slow Slip and Runaway Slip in Laboratory

*高橋 美紀[1] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SCG48-P07] 高速断層すべり過程における石英質岩の水和化、非晶質化 : 人工水晶を用いた摩擦実験による検討

* 尾上 裕子[1]、 飯田 大貴[2]、堤 昭人[1]、瀧川 晶[1] (1.京都大学理学研究科、2.地熱エンジニアリング（株）)

[SCG48-P08] Constraining S Wave Velocity of the Source Region of Shallow Very Low-Frequency Earthquakes

*悪原 岳[1]、利根川 貴志[2] (1.東京大学地震研究所、2.海洋開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SCG48-P09] Quantitative relationship between aseismic slip propagation speed and frictional properties

*有吉 慶介[1]、アンプエロ ジャンポール[2,3]、バーグマン ローランド[4]、松澤 暢[5]、長谷川 昭[5]、日野 亮太[5]、堀 高峰[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.コート・ダジュール大学、3.カリフォルニア工科大学、4.カリフォルニア大学バークレー校、5.東北大学大学院理学研究科)

[SCG48-P10] Comprehensive detection of very low frequency earthquakes off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, northeastern Japan

*馬場 慧[1]、竹尾 明子[1]、小原 一成[1]、松澤 孝紀[2]、前田 拓人[3] (1.東京大学地震研究所、2.防災科学技術研究所、3.弘前大学理工学研究科)

[SCG48-P11] GNSSデータを用いた1997-2017年東海地方スロースリップイベントの推定

*坂上 啓[1]、西村 卓也[2]、福田 淳一[3]、加藤 照之[4] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.神奈川県温泉地学研究所)

[SCG48-P12] Broadband excitation of acoustic emission in granular stick-slip : experiments and spectral analyses

*福水 秀和[1]、隅田 育郎[2] (1.金沢大学大学院　自然科学研究科　自然システム学専攻　地球環境学コース、2.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)

[SCG48-P13] Episodic tremor and slip silently invades strongly locked megathrust in the Nankai Trough

*加納 将行[1]、加藤 愛太郎[2]、小原 一成[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P14] Spatial distribution of the electrical resistivity beneath western part of Shikoku Island where long-term SSE events have repeatedly occurred

*上嶋 誠[1]、畑 真紀[1]、市原 寛[2]、吉村 令慧[3]、相澤 広記[4] (1.東京大学地震研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山センター、3.京都大学防災研究所、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SCG48-P15] Variations of scaling relationships for shallow tremor observed along the Nankai trough

*中野 優[1]、矢部 優[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P16] Low-frequency earthquakes triggered by teleseismic surface waves by Ryukyu subduction zone.

金城 亜祐美[1]、*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P17] 四国地方における深部低周波微動に同期する地表変位の検出

*岡田 悠太郎[1]、田部井 隆雄[2] (1.高知大学理学部、2.高知大学理工学部)

[SCG48-P18] Long-term temporal change in crustal resistivity beneath western Shikoku

*山下 太[1]、本蔵 義守[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[SCG48-P19] Slow decay of postseismic deformation compared with aftershocks following the 2011 Tohoku-oki Earthquake

*三井 雄太[1]、森上 竣介[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学大学院総合科学技術研究科)

[SCG48-P20] スロー地震発生深度で形成された沈み込み剪断帯における蛇紋岩の脱水

*森 康[1]、重野 未来[1]、氏家 恒太郎[2]、野呂 和也[2]、西山 忠男[3] (1.北九州市立自然史・歴史博物館、2.筑波大学、3.熊本大学)

[SCG48-P21] 中部琉球海溝における超低周波地震群発地震活動に続いて起こる群発地震活動

*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P22] Seismic imaging in the central Nankai trough, off Shionomisaki to Kii channel

*中村 恭之[1]、小平 秀一[1]、野 徹雄[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、白石 和也[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P23] Attempt to Detect Intra-plate SSEs Based on F3 Solution of GEONET

*田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P24] A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus: Reproduction of slow/megathrust earthquakes in laboratory

*廣瀬 丈洋[1]、谷川 亘[1]、濱田 洋平[1]、岡崎 啓史[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所)

[SCG48-P25] Very low-frequency earthquakes in western Shikoku remotely triggered by the 2016 Mw5.9 off-Kii Peninsula earthquake

*宮澤 理稔[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG48-P26] **Underground structure around source region of slow earthquakes in western Shikoku obtained by receiver function analysis**

疋田 朗[1]、加藤 愛太郎[1]、*小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、悪原 岳[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P27] 地震計アレイデータの逆投影による紀伊半島下の深部低周波微動の震源決定

*寒河江 皓大[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、今西 和俊[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.産業技術総合研究所)

[SCG48-P28] Triggered tremors and stress perturbations due to surface waves

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

[SCG48-P29] Numerical modeling of long- and shallow slow slip events including shallow region in Hyuganada and western Nankai, Japan

*松澤 孝紀[1]、芝崎 文一郎[2] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所、2.国立研究開発法人　建築研究所)

[SCG48-P30] 南海トラフ東部の浅部VLFE震源分布が示唆する、沈み込む海嶺が及ぼす空間的ひずみ蓄積解放様式への影響

*藤 亜希子[1]、Chen Wan-Jou [2]、Dreger Doug[3]、Chi Wu-Cheng[2]、井出 哲[1] (1.東京大学、2.台湾中央研究院地球科学研究所、3.カルフォルニア大学バークレー校)

[SCG48-P31] Evidence for semi-brittle flow in mantle-wedge serpentinites under high pore fluid pressure and their implications for deep low frequency earthquakes

片岡 賢悟[1]、永田 有里奈[1]、*平内 健一[1]、大柳 良介[2]、岡本 敦[3]、道林 克禎[4] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SCG48-P32] 疎性モデリングで得られた房総半島沖スロースリップイベントのすべり分布

*中田 令子[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[3,4]、秋山 峻寛[5]、吉岡 祥一[6]、岡田 真人[7]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.統計数理研究所、3.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4.科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)、5.神戸大学大学院理学研究科、6.神戸大学都市安全研究センター、7.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[SCG48-P33] Marine electromagnetic observations around a slow earthquake region in the western Nankai trough

*市原 寛[1]、後藤 忠徳[2]、松野 哲男[3]、多田 訓子[4]、佐藤 真也[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.京都大学大学院工学研究科、3.神戸大学海洋底探査センター、4.海洋研究開発機構)

[SCG48-P34] 構造媒質中で凝集が生じる系で見られる注入先端のダイナミクス

*住野 豊[1]、田中 駿佑[1]、國廣 美幸[1] (1.東京理科大学)

[SCG48-P35] Permeability changes of simulated low permeable fault rocks induced by intermediate velocity friction test

*谷川 亘[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所)

[SCG48-P36] Modified relation between the coupling and tremor rates around the Shikoku region

*落 唯史[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG48-P37] Spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency earthquakes in the northern part of the Ryukyu subduction zone

*浅野 陽一[1]、後藤 和彦[2]、八木原 寛[3]、平野 舟一郎[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所)

[SCG48-P38] Possible tectonic tremor activities near the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region in 2011

*高橋 秀暢[1]、日野 亮太[1]、太田 雄策[1]、内田 直希[1]、鈴木 秀市[1]、篠原 雅尚[2]、松澤 孝紀[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震学研究所、3.防災科学技術研究所)

[SCG48-P39] Heterogeneous structure around a region of slow earthquake activity off Ibaraki prefecture along the Japan Trench

*望月 公廣[1]、山田 知朗[1]、篠原 雅尚[1]、日野 亮太[2]、東 龍介[2]、伊藤 喜宏[3]、村井 芳夫[4]、植平 賢司[5]、佐藤 利典[6] (1.東大地震研、2.東北大大学院理学研究科、3.京大防災研、4.北大理学研究院、5.防災科学技術研究所、6.千葉大大学院理学研究院)

[SCG48-P40] Shallow low-frequency tremor triggered by nearby moderate earthquakes off Sanriku

*田中 佐千子[1]、松澤 孝紀[1]、浅野 陽一[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG48-P41] GNSSデータに基づく15年間の豊後水道スロースリップの推定（1996-2011年）

横井 貴稔[1]、*宮崎 真一[1]、坂上 啓[1]、福田 淳一[2] (1.京都大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P42] 加速度計記録を用いたS-netのセンサー姿勢・方位推定と地殻変動検出可能性の検討

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

[SCG48-P43] Spatiotemporal variation of released seismic energy from shallow low-frequency tremor in Hyuga-nada, revealed by ocean bottom seismological observation

*山下 裕亮[1]、渡邉 早姫[2]、山田 知朗[3]、篠原 雅尚[3]、松島 健[2] (1.京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所、2.九州大学地震火山観測研究センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG48-P44] Unified description of fast and slow earthquakes using velocity strengthening patches

*小澤 創[1]、波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P45] The b-value of the earthquake swarm activities accompanied by the Boso slow slip events

*野田 雄貴[1]、廣瀬 仁[2,1] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学都市安全研究センター)

[SCG48-P46] **琉球海溝周辺におけるフィリピン海プレートの沈み込みに伴う３次元熱対流数値シミュレーション**

*末永 伸明[1]、吉岡 祥一[2,1]、季 顕鋒[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.神戸大学都市安全研究センター、3.中国科学院)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)、座長:小原 一成(東京大学地震研究所)、加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)

13:45 ~ 14:00

[SCG48-06] Interplay between long-term SSE and ETS facilitated by different underground environment

*小原 一成[1] (1.東京大学地震研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG48-07] **Determination of sVLFE epicenters around the subducted Kyushu-Palau Ridge from coda interferometry**

*利根川 貴志[1]、山下 裕亮[2]、伊藤 亜妃[1]、篠原 雅尚[3]、末次 大輔[1]、高橋 努[1]、石原 靖[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.香川大学)

14:15 ~ 14:30

[SCG48-08] Detection of slow earthquakes in the microseism frequency band (0.05–1.0 Hz) by large-scale waveform stacking

*増田 滉己[1]、井出 哲[1]、太田 和晃[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG48-09] Source characteristics of low-frequency earthquakes in Nankai subduction zone inferred from analysis of large event dataset

*Natalia Poiata[1]、Mariano Supino[1,2]、Gaetano Festa[2]、Jean-Pierre Vilotte[1]、Kazushige Obara[3] (1.Institut de Physique du Globe de Paris、2.Università degli Studi di Napoli “ Federico II ”, Napoli, Italy、3.Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan)

14:45 ~ 15:00

[SCG48-10] **High-frequency radiation prior to semi-volcanic low-frequency earthquake in Eastern Shimane, SW Japan, illuminated by “0.1 manten” Hyper Dense Seismic Observation**

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3] (1.東京大学地震研究所、2.九州大学、3.京都大学防災研究所)

15:00 ~ 15:15

[SCG48-11] Variation of Focal Mechanisms of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京工業大学理学院、3.応用アール・エム・エス株式会社)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | コンベンションホールA 2F

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)、座長:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科)、太田 和晃

15:30 ~ 16:00

[SCG48-12] Mapping seismic data to slow slip using machine learning

★Invited Papers

*Bertrand Rouet-Leduc[1]、Claudia Hulbert[2]、Ian McBrearty[1]、Paul Johnson[1] (1.Los Alamos National Laboratory, USA、2.Ecole Normale Superieure, France)

16:00 ~ 16:15

[SCG48-13] Revealing the slow earthquake activity in the Japan Trench and its relation to the 2011 Tohoku-Oki earthquake

*西川 友章[1]、松澤 孝紀[2]、太田 和晃[1]、内田 直希[3]、西村 卓也[1]、井出 哲[4] (1.京都大学防災研究所、2.防災科学技術研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[SCG48-14] Tremor and slow slip associated with afterslip of the 2011 Tohoku earthquake

*太田 和晃[1]、伊藤 喜宏[1]、日野 亮太[2]、大柳 修慧[1]、松澤 孝紀[3]、篠原 雅尚[4]、塩原 肇[4] (1.京都大学防災研究所、2.東北大学大学院理学研究科、3.防災科学技術研究所、4.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[SCG48-15] High definition imaging of the Japan Trench by OBS Array of Arrays: Does shallow tectonic tremor occur in the plate interface?

*大柳 修慧[1]、太田 和晃[2]、伊藤 喜宏[2]、日野 亮太[3]、太田 雄策[3]、東 龍介[3]、篠原 雅尚[4]、望月 公廣[4]、佐藤 利典[5]、村井 芳夫[6] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東北大学、4.東京大学地震研究所、5.千葉大学、6.北海道大学)

16:45 ~ 17:00

[SCG48-16] 東北地方太平洋沖地震後の繰り返し地震活動：海陸地震観測網による検討

*内田 直希[1]、高木 涼太[1]、平原 聡[1]、中山 貴史[1]、松澤 暢[1]、田中 佐千子[2]、浅野 陽一[2] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.防災科学技術研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長:篠原 雅尚(東京大学地震研究所観測開発基盤センター)、石山 達也(東京大学地震研究所)

9:00 ~ 9:15

[SCG57-01] 北海道北部における最近の地震活動

発表キャンセル

*高波 鐵夫[1,2] (1.カーネギー研究所、2.北海道総合地質学研究センター)

9:15 ~ 9:30

[SCG57-02] 地震探査から見る日本海北海道南西沖における地殻構造

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、佐藤 比呂志[2]、石山 達也[2] (1.海洋研究開発機構 、2.東京大学地震研究所)

9:30 ~ 9:45

[SCG57-03] 渡島半島横断深部反射法地震探査

*佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、加藤 直子[1]、清水 英彦[2]、佐藤 壮[3]、川崎 慎治[2]、野 徹雄[3]、小平 秀一[3]、三浦 誠一[3] (1.東京大学地震研究所、2.地球科学総合研究所、3.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SCG57-04] 千島海溝域の固着による北海道周辺域の地殻変動場と震源断層における応力蓄積

*橋間 昭徳[1]、佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、Andrew Freed[2] (1.東京大学地震研究所、2.パーデュー大学)

10:00 ~ 10:15

[SCG57-05] Structural Heterogeneity in and around the Source Region of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Central Hokkaido, Japan

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、松原 誠[5]、佐藤 比呂志[1]、蔵下 英司[1]、平田 直[1]、阿部 進[6]、野田 克也[7]、藤原 明[8]、菊池 伸輔[9]、鈴木 和子[10] (1.東京大学地震研究所、2.千葉大学大学院理学研究院、3.地震予知総合研究振興会、4.北海道総合地質学研究センター、5.防災科学技術研究所、6.石油資源株式会社、7.(株) ジオシス、8.(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、9.(株) 地球科学総合研究所、10.シュランベルジェ)

10:15 ~ 10:30

[SCG57-06] 北海道中軸部における比抵抗構造：超塩基性岩のテクトニクスへの制約

*市原 寛[1]、茂木 透[1]、山谷 祐介[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.産業総合研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長: 佐藤 比呂志(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)

10:45 ~ 11:00

[SCG57-07] 防災科研S-netデータを活用した日本列島下および太平洋下を含めた三次元地震波速度構造

*松原 誠[1]、佐藤 比呂志[2]、植平 賢司[1]、望月 将志[4]、金沢 敏彦[5]、高橋 成実[1]、鈴木 健介[3]、神谷 眞一郎[1] (1.防災科学技術研究所、2.東京大学地震研究所、3.海洋研究開発機構、4.文部科学省、5.地震予知総合研究振興会)

11:00 ~ 11:15

[SCG57-08] 白亜紀日本の前弧盆地の時空間的広がり

*磯崎 行雄[1]、長谷川 遼[1]、堤 之恭[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)

11:15 ~ 11:30

[SCG57-09] 破片化した過去の前弧砕屑岩類の地体構造上の帰属：関東に散在する浅海/河川成白亜系・古第三系砂岩の砕屑性ジルコンU-Pb年代測定

*長谷川 遼[1]、磯崎 行雄[1]、堤 之恭[2] (1.東京大学大学院総合文化研究科、2.国立科学博物館地学研究部)

11:30 ~ 11:45

[SCG57-10] Laboratory Measurements of Vp, Vs and Vp/Vs for polycrystalline labradorite up to 800°C and 1GPa

*本多 聡子[1]、石川 正弘[1] (1.横浜国立大学環境情報学府)

11:45 ~ 12:00

[SCG57-11] 高分解能反射法地震探査から明らかになった中央構造線活断層系(四国地域)の地下形状

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、越谷 信[2]、佐藤 比呂志[1]、松原 誠[3]、YANO Tomoko Elizabeth[3]、小池 太郎[4]、野田 克也[4] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部システム創成工学科社会基盤・環境コース、3.防災科学技術研究所、4.株式会社ジオシス)

12:00 ~ 12:15

[SCG57-12] **Cenozoic evolution of the Tsushima Strait and the Fukue Basin, southern Sea of Japan: an interplay of tectonics, palaeo-environment, and volcanism**

*Johan S. Claringbould[1]、Hiroshi Sato[1]、Tatsuya Ishiyama[1]、Anne Van Horne[1,2]、Shinji Kawasaki[3]、Susume Abe[4] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming、3.JGI, Inc.、4.JAPEX)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)

[SCG57-P01] 地震探査による北海道南西沖・日本海盆～渡島半島沿岸部の島弧―背弧海盆域の地殻構造

*佐藤 壮[1]、野 徹雄[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]、石山 達也[2]、佐藤 比呂志[2] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.東京大学地震研究所)

[SCG57-P02] Three-dimensional plate geometry model from the Nankai to the Ryukyu subduction zone

*仲西 理子[1]、高橋 努[1]、山本 揚二朗[1]、山下 幹也[1]、勝山 美奈子[1]、三浦 誠一[1]、高橋 成実[3,1]、鎌田 弘己[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.香川大学、3.防災科学技術研究所)

[SCG57-P03] 下北半島，中新世泊層火山岩類の岩石化学　―微量元素組成およびSr-Nd-Hf-Pb同位体組成―

*相澤 正隆[1]、稲葉 充[2]、岡村 聡[3,4]、新城 竜一[5] (1.琉球大学　理工学研究科、2.GeoPuck Association、3.北海道教育大学、4.北海道土質試験協同組合、5.琉球大学　理学部)

[SCG57-P04] Acceleration of oceanic plate following megathrust earthquakes

*Mohammad Yuzariyadi[1]、Kosuke Heki[1] (1.Hokkaido University)

[SCG57-P05] 南海トラフ周辺海域の三次元速度構造

*勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、新井 麗[1]、田中 恵介[1]、高橋 成実[2]、鎌田 弘己[1]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.香川大学)

[SCG57-P06] 2018年大阪府北部の地震および2018年北海道胆振東部地震地域の地震発生層深さ

*YANO Tomoko Elizabeth[1]、松原 誠[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG57-P07] 中央構造線活断層系（愛媛・徳島地域）を横断する高分解能反射法地震探査

*加藤 直子[1]、石山 達也[1]、佐藤 比呂志[1]、越谷 信[2]、小池 太郎[3]、野田 克也[3] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部、3.株式会社ジオシス)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_34

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)

[SCG57-P01] 地震探査による北海道南西沖・日本海盆～渡島半島沿岸部の島弧―背弧海盆域の地殻構造

*佐藤 壮[1]、野 徹雄[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]、石山 達也[2]、佐藤 比呂志[2] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.東京大学地震研究所)

[SCG57-P02] Three-dimensional plate geometry model from the Nankai to the Ryukyu subduction zone

*仲西 理子[1]、高橋 努[1]、山本 揚二朗[1]、山下 幹也[1]、勝山 美奈子[1]、三浦 誠一[1]、高橋 成実[3,1]、鎌田 弘己[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.香川大学、3.防災科学技術研究所)

[SCG57-P03] 下北半島，中新世泊層火山岩類の岩石化学　―微量元素組成およびSr-Nd-Hf-Pb同位体組成―

*相澤 正隆[1]、稲葉 充[2]、岡村 聡[3,4]、新城 竜一[5] (1.琉球大学　理工学研究科、2.GeoPuck Association、3.北海道教育大学、4.北海道土質試験協同組合、5.琉球大学　理学部)

[SCG57-P04] Acceleration of oceanic plate following megathrust earthquakes

*Mohammad Yuzariyadi[1]、Kosuke Heki[1] (1.Hokkaido University)

[SCG57-P05] 南海トラフ周辺海域の三次元速度構造

*勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、新井 麗[1]、田中 恵介[1]、高橋 成実[2]、鎌田 弘己[1]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.香川大学)

[SCG57-P06] 2018年大阪府北部の地震および2018年北海道胆振東部地震地域の地震発生層深さ

*YANO Tomoko Elizabeth[1]、松原 誠[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG57-P07] 中央構造線活断層系（愛媛・徳島地域）を横断する高分解能反射法地震探査

*加藤 直子[1]、石山 達也[1]、佐藤 比呂志[1]、越谷 信[2]、小池 太郎[3]、野田 克也[3] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部、3.株式会社ジオシス)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

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

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:佐藤 友彦(東京工業大学地球生命研究所)

9:00 ~ 9:15

[BCG07-01] エディアカラ紀の熱水成炭酸塩に見られる鉄酸化細菌とストロマトライト

*狩野 彰宏[1]、宮崎 彩[1]、吉岡 純平[1]、Chraiki Ibtissam[2]、Barzouk Abdelhafed[2]、Youbi Nasrrddine[2,3]、Admou Hassan[2]、Boumehdi Moulay[2,3]、Maacha Lhou[4]、Baoutoul Hsaine[4]、Bouskri Ismail[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.Cadi Ayyad大学、3.Lisboa大学、4.Managem-ONA Group)

9:15 ~ 9:30

[BCG07-02] ガボン前期原生代フランスヴィル層群の炭酸塩炭素同位体層序

★招待講演

*佐藤 友彦[1]、澤木 佑介[2]、浅沼 尚[2]、上田 修裕[1]、丸山 茂徳[1] (1.東京工業大学、2.東京大学)

9:30 ~ 9:45

[BCG07-03] 後期古原生代の浅海域における酸化還元状態の変化：カナダ・ケープスミス帯

*元村 健人[1]、清川 昌一[1]、池原 実[2]、佐野 貴司[4]、田中 健太郎[3]、三木 翼[3]、佐野 有司[3] (1.九州大学、2.高知大学、3.東京大学、4.国立科学博物館)

9:45 ~ 10:00

[BCG07-04] 北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩の植物バイオマーカー分析による陸域古植生変動の復元

*池田 雅志[1]、沢田 健[2]、安藤 卓人[3]、中村 英人[4]、高嶋 礼詩[5]、西 弘嗣[5] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.北海道大学北極域研究センター、4.大阪市立大学大学院理学研究科、5.東北大学学術資源研究公開センター　東北大学総合学術博物館)

10:00 ~ 10:15

[BCG07-05] レアアース泥に関する最新研究成果の概観

*加藤 泰浩[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、高谷 雄太郎[3,1,2]、大田 隼一郎[2,1]、田中 えりか[1]、見邨 和英[1]、飯島 耕一[4,1]、町田 嗣樹[2,1]、野崎 達生[4,1,2,5]、木村 純一[4]、岩森 光[1,4,6] (1.東京大学、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.早稲田大学、4.海洋研究開発機構、5.神戸大学、6.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[BCG07-06] A cold and alkaline Hadean ocean caused by impact ejecta weathering

*門屋 辰太郎[1]、David Catling[1] (1.ワシントン大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

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

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:吉田 聡(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 広域システム科学系宇宙地球科学教室)

10:45 ~ 11:00

[BCG07-07] **Impact-induced magmatism on early Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1]、Uschi M. Graham[2]、Yuya Tsukamoto[3]、Yumiko Watanabe[3]、Takeshi Kakegawa[3]、Hiroshi Hamasaki[4]、Andrew Chorney[5]、Katherine Crispin[1]、Zi-Kui Liu[1] (1.The Pennsylvania State University、2.Univ. of Kentucky、3.Tohoku Univ.、4.Tokyo Gas、5.Temple Univ.)

11:00 ~ 11:15

[BCG07-08] An evaluation of impact dating for shocked zircons with planar features (PFs) in the Vredefort dome by LA-ICP-MS multi-spot analysis

*山本 伸次[1]、加藤 大雅[1] (1.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

11:15 ~ 11:30

[BCG07-09] **イスア表成岩帯変成岩の微量元素およびタングステン同位体分析への酸洗浄法の適用**

★招待講演

*榎本 葉月[1]、飯塚 毅[1]、本馬 佳賢[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

11:30 ~ 11:45

[BCG07-10] 太古代の低生物生産とその生物地球化学的影響

★招待講演

*尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

11:45 ~ 12:00

[BCG07-11] 太古代の炭素循環システムの挙動特性と高温環境の必然性

★招待講演

*渡辺 泰士[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]、洪 鵬[3] (1.東京大学、2.東邦大学、3.千葉工業大学)

12:00 ~ 12:15

[BCG07-12] 地質学的産状と化学組成を用いたグリーンランド・イスア表成岩帯の変成炭酸塩岩の起源の解明と初期太古代海洋環境の復元

*吉田 聡[1]、安川 和孝[2]、加藤 泰浩[2]、澤木 佑介[3]、小宮 剛[3] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、3.東京大学総合文化研究科広域科学専攻)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)

[BCG07-P01] カナダ北東部初期大古代ヌブアギツック表成岩帯の地質:堆積岩の原岩と年代の再検討

*小宮 剛[1]、山本 伸次[2]、上原 啓幹[1]、吉田 聡[1]、村上 葵[1]、石原 湧樹[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

[BCG07-P02] Behavior of phosphorus during hydrothermal alteration of basalt under CO_2-rich condition

*村上 葵[1]、澤木 佑介[2]、上田 修裕[3]、折橋 裕二[4]、町田 嗣樹[5]、小宮 剛[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系、4.弘前大学理工学部地球環境防災学科、5.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P03] 西グリーンランド南部アクレックテレーンに産するクロミタイトの成因

*高橋 歓太[1]、森下 知晃[1]、グオタナ ジュアン ミゲル[1]、谷 健一郎[2]、針金 由美子[3]、西尾 郁也[1]、ジラス クリストファー[4]、田村 明弘[1] (1.金沢大学、2.国立科学博物館地学研究部、3.産業技術総合研究所、4.コペンハーゲン大学)

[BCG07-P04] Metamorphic P–T condition of the Inyoni shear zone rocks in the Barberton Greenstone Belt, South Africa and its significance

*加藤 大地[1]、青木 一勝[1]、土屋 裕太[2]、青木 翔吾[2]、小宮 剛[3] (1.岡山理科大学理学部、2.岡山理科大学生物地球学部、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG07-P05] Discovery of possible traces of asteroid impact within the fossil-bearing carbonaceous chert from the 3.4 Ga Strelley Pool Formation, Pilbara Craton of Western Australia - a preliminary study

*杉谷 健一郎[1]、仙田 量子[3]、飯塚 毅[2]、Wallis Simon[2] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.九州大学)

[BCG07-P06] 原生代前期ストロマトライトの縞状構造における高分解能解析：安定同位体比と化学組成分析

宮西 勇太[1]、高村 一希[1]、*勝田 長貴[1]、森本 真紀[1]、安田 敦[2]、川上 紳一[3] (1.岐阜大学教育学部、2.東京大学地震研究所、3.岐阜聖徳学園大学)

[BCG07-P07] 物質循環モデルによって制約された大酸化イベントに伴う物質循環動態

*三浦 優奈[1]、尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

[BCG07-P08] 後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海水組成

*宮崎 彩[1]、狩野 彰宏[1]、白石 史人[2] (1.東京大学　理学系研究科　地球惑星科学専攻、2.広島大学　地球惑星システム学専攻)

[BCG07-P09] 独立成分分析により抽出された日本列島付加体中ペルム紀-トリアス紀境界黒色頁岩の地球化学的特徴

*矢野 萌生[1]、安川 和孝[1,3]、藤永 公一郎[3,2]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[2,1,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、3.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P10] オーストラリア・アジアテクタイトイベント起源のイジェクタ堆積物の分布：衝突地点への示唆

*多田 賢弘[1]、多田 隆治[1,2]、Carling Paul[3]、Songtham Wickanet[4]、Thuyen Xuan[5]、常 昱、田近 英一[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.雲南大学、3.サウサンプトン大学、4.ナコンラチャシマラジャハト大学、5.ホーチミン市工科大学)

[BCG07-P11] 新原生代変火山岩類からなるエジプト・中部東砂漠のエル・ダバー地域の層序/地質構造の復元

*清川 昌一[1]、鈴木 大志[1]、Maher Dawoud[3]、Mohamed El-Hasan[3]、堀江 憲路[2]、竹原 真美[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星部門、2.国立極地研究所、3.Menoufiya University,)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_35

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)

[BCG07-P01] カナダ北東部初期大古代ヌブアギツック表成岩帯の地質:堆積岩の原岩と年代の再検討

*小宮 剛[1]、山本 伸次[2]、上原 啓幹[1]、吉田 聡[1]、村上 葵[1]、石原 湧樹[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

[BCG07-P02] Behavior of phosphorus during hydrothermal alteration of basalt under CO_2-rich condition

*村上 葵[1]、澤木 佑介[2]、上田 修裕[3]、折橋 裕二[4]、町田 嗣樹[5]、小宮 剛[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系、4.弘前大学理工学部地球環境防災学科、5.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P03] 西グリーンランド南部アクレックテレーンに産するクロミタイトの成因

*高橋 歓太[1]、森下 知晃[1]、グオタナ ジュアン ミゲル[1]、谷 健一郎[2]、針金 由美子[3]、西尾 郁也[1]、ジラス クリストファー[4]、田村 明弘[1] (1.金沢大学、2.国立科学博物館地学研究部、3.産業技術総合研究所、4.コペンハーゲン大学)

[BCG07-P04] Metamorphic P–T condition of the Inyoni shear zone rocks in the Barberton Greenstone Belt, South Africa and its significance

*加藤 大地[1]、青木 一勝[1]、土屋 裕太[2]、青木 翔吾[2]、小宮 剛[3] (1.岡山理科大学理学部、2.岡山理科大学生物地球学部、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG07-P05] Discovery of possible traces of asteroid impact within the fossil-bearing carbonaceous chert from the 3.4 Ga Strelley Pool Formation, Pilbara Craton of Western Australia - a preliminary study

*杉谷 健一郎[1]、仙田 量子[3]、飯塚 毅[2]、Wallis Simon[2] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.九州大学)

[BCG07-P06] 原生代前期ストロマトライトの縞状構造における高分解能解析：安定同位体比と化学組成分析

宮西 勇太[1]、高村 一希[1]、*勝田 長貴[1]、森本 真紀[1]、安田 敦[2]、川上 紳一[3] (1.岐阜大学教育学部、2.東京大学地震研究所、3.岐阜聖徳学園大学)

[BCG07-P07] 物質循環モデルによって制約された大酸化イベントに伴う物質循環動態

*三浦 優奈[1]、尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

[BCG07-P08] 後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海水組成

*宮崎 彩[1]、狩野 彰宏[1]、白石 史人[2] (1.東京大学　理学系研究科　地球惑星科学専攻、2.広島大学　地球惑星システム学専攻)

[BCG07-P09] 独立成分分析により抽出された日本列島付加体中ペルム紀-トリアス紀境界黒色頁岩の地球化学的特徴

*矢野 萌生[1]、安川 和孝[1,3]、藤永 公一郎[3,2]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[2,1,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、3.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P10] オーストラリア・アジアテクタイトイベント起源のイジェクタ堆積物の分布：衝突地点への示唆

*多田 賢弘[1]、多田 隆治[1,2]、Carling Paul[3]、Songtham Wickanet[4]、Thuyen Xuan[5]、常 昱、田近 英一[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.雲南大学、3.サウサンプトン大学、4.ナコンラチャシマラジャハト大学、5.ホーチミン市工科大学)

[BCG07-P11] 新原生代変火山岩類からなるエジプト・中部東砂漠のエル・ダバー地域の層序/地質構造の復元

*清川 昌一[1]、鈴木 大志[1]、Maher Dawoud[3]、Mohamed El-Hasan[3]、堀江 憲路[2]、竹原 真美[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星部門、2.国立極地研究所、3.Menoufiya University,)

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | 201A 2F

[M-IS07] アストロバイオロジー

コンビーナ:薮田 ひかる(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、杉田 精司(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、深川 美里(国立天文台)、藤島 皓介(東京工業大学地球生命研究所)、座長:深川 美里(名古屋大学大学院 理学研究科)、藤島 皓介(ELSI 地球生命研究所)

15:35 ~ 15:50

[MIS07-01] METEOROID AND DEBRIS IMPACT FLUX IN LOW EARTH ORBIT WITNESSED BY THE TANPOPO CAPTURE PANELS ONBOARD THE ISS IN 2015-2017

*Hajime Yano[1]、K. Yamamoto[2]、E. Minakami[2]、M. Eitel[1,3]、S. Sasaki[4]、J. Imani[5]、K. Okudaira[6]、M. Higashide[7]、E. Imai[8]、Y. Kawaguchi[9]、Yoko Kebukawa[10]、H. Mita[11]、M. Nishi[12]、T. Noguchi[13]、Makoto Tabata[14]、A. Tsuchiyama[12]、Hikaru Yabuta[15]、K. Arai[8]、H. Hashimoto[1]、Kensei Kobayashi[10]、A. Yamagishi[16] (1.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency、2.Hosei University、3.University of Stuttgart、4.Tokyo University of Technology、5.Yuki Seimitsu, Co. Ltd.、6.University of Aizu、7.JAXA/Aerospace Research and Development Directorate、8.Nagaoka University of Technology、9.Chiba Institute of Technology、10.Yokohama National University、11.Fukuoka Institute of Technology、12.Kyoto University、13.Kyushu University、14.Chiba University、15.Hiroshima University、16.Tokyo University of Pharmacy and Life Science)

15:50 ~ 16:10

[MIS07-02] Growth and transport of dust, ice, and organics in the inner part of protoplanetary disks

★Invited Papers

*奥住 聡[1] (1.東京工業大学地球惑星科学系)

16:10 ~ 16:25

[MIS07-03] Model Prediction of Complex Organic Molecules in Protoplanetary Disks

*野村 英子[1]、Catherine Walsh[2]、Tom Millar[3] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.リーズ大学、3.クィーンズ大学ベルファスト)

16:25 ~ 16:40

[MIS07-04] Abiotic synthesis of organic matters in environments simulating asteroids and the catalytic effect of minerals on amino acid formation

*Walaa Elmasry[1]、Yoko Kebukawa[1]、Kensei Kobayashi[1] (1.Yokohama National University)

16:40 ~ 16:55

[MIS07-05] 模擬海底熱水系環境下でのアミノ酸前駆体からのペプチド生成

*小林 憲正[1]、内藤 敬介[1]、内藤 弘毅[1]、倉本 想士[1]、今井 栄一[2]、三田 肇[3]、癸生川 陽子[1] (1.横浜国立大学、2.長岡技術科学大学、3.福岡工業大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡崎 裕典

10:45 ~ 11:00

[MIS19-01] 超大陸パンゲア時代の大気循環パターンと縦列砂丘の発達

*庄崎 弘基[1]、長谷川 精[2] (1.国立大学法人　高知大学理学部、2.国立大学法人　高知大学理工学部)

11:00 ~ 11:15

[MIS19-02] 白亜紀の海洋無酸素イベントにおける基礎生産者の挙動

*芳賀 万由子[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2] (1.東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.東邦大学理学部生命圏環境科学科)

11:15 ~ 11:30

[MIS19-03] タリム盆地南西縁部第三系の供給源変動から推定される構造運動と砂漠化の関連性

*佐久間 杏樹[1]、多田 隆治[1]、吉田 知紘[1]、長谷川 精[2]、杉浦 なおみ[1]、烏田 明典[1]、王 可[1]、Zheng Hongbo[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.高知大学理学部、3.雲南大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS19-04] 千葉複合セクションの酸素同位体記録・浮遊性有孔虫群集によるMIS19における北西太平洋の古海洋変動復元

*羽田 裕貴[1]、横川 菜々子[1]、岡田 誠[1]、林 広樹[2]、久保田 好美[3]、菅沼 悠介[4] (1.茨城大学理学部、2.島根大学総合理工学部、3.国立科学博物館、4.国立極地研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS19-05] 千葉複合セクションに記録された磁場逆転境界付近における花粉分析を用いた古気候復元

*岡田 誠[1]、滝沢 ひとみ[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4]、シモン クォンタン[5] (1.茨城大学理学部理学科、2.茨城大学大学院理工学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.エクス−マルセイユ大学)

12:00 ~ 12:15

[MIS19-06] 過去100万年間の西赤道太平洋暖水塊における鉛直水温構造の復元

*水野 文人[1]、佐川 拓也[2]、向田 圭佑[3]、久保田 好美[4]、山崎 俊嗣[5]、黒田 潤一郎[5] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学理工研究域、3.金沢大学理工学域、4.国立科学博物館、5.東京大学大気海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

13:45 ~ 15:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)

13:45 ~ 14:00

[MIS19-07] 大気中二酸化炭素増大に伴う２つの気候変化への海洋石灰化生物の応答に関する将来展望

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:22

[MIS19-08] 生物源炭酸カルシウムのホウ素同位体分析に基づく海水pH・大気中CO_2濃度復元

★招待講演

*窪田 薫[1] (1.海洋研究開発機構 高知コア研究所)

14:22 ~ 14:37

[MIS19-09] サンゴ骨格の化学分析に基づくジャワ海における過去70年の環境変動

*源田 亜衣[1]、鈴木 淳[2]、石村 豊穂[3]、池原 実[4]、井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門、3.独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

14:37 ~ 14:52

[MIS19-10] **フィリピンのサンゴ試料を用いた過去220年間の西太平洋熱帯域の古環境復元**

智原 睦美[1]、福嶋 彩香[2]、池原 実[3]、川幡 穂高[2]、鈴木 淳[4]、*井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

14:52 ~ 15:15

[MIS19-11] Ocean deoxygenation from the Last Glacial Maximum to the future global warming: inshight from model simulations

★Invited Papers

*山本 彬友[1]、阿部 彩子[2,1]、大垣内 るみ[1]、伊藤 彰記[1]、重光 雅仁[1]、山中 康裕[3]、岡 顕[2] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.北海道大学大学院地球環境科学研究院統合環境科学部門)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡 顕

15:30 ~ 15:52

[MIS19-12] 湖底堆積物の花粉化石から高精度^{14}C年代を抽出する

★招待講演

*大森 貴之[1]、山田 圭太郎[2]、北場 育子[2]、中川 毅[2] (1.東京大学総合研究博物館、2.立命館大学古気候学研究センター)

15:52 ~ 16:07

[MIS19-13] 水月湖に保存された花粉化石の酸素安定同位体比変動

*山田 圭太郎[1]、大森 貴之[2]、北場 育子[1]、中川 毅[1] (1.立命館大学総合科学技術研究機構、2.東京大学総合研究博物館)

16:07 ~ 16:22

[MIS19-14] 珪藻化石記録に基づく最終氷期における琵琶湖湖水位変動の復元

*鈴木 勇志[1]、井内 美郎[2]、大塚 佳祐[1]、川上 薫[3] (1.早稲田大学大学院人間科学研究科、2.早稲田大学人間科学学術院、3.北海道大学大学院環境科学院)

16:22 ~ 16:45

[MIS19-15] 沿岸域におけるマイクロプラスチックの堆積フラックス

★招待講演

*日向 博文[1]、加 三千宣[1]、桝本 一成[1]、川又 勇人[1] (1.愛媛大学)

16:45 ~ 17:00

[MIS19-16] 別府湾堆積物: 人新世-完新世境界の補助ストラトタイプ候補としてのポテンシャル

*加 三千宣[1]、鈴木 克明[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.早稲田大学教育・総合科学学術院地球化学専修)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

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

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)

[MIS22-P01] 巨大地震前に起こるTEC変化：標準曲線の導出とそれが示唆する物理過程

*高坂 宥輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[MIS22-P02] HFドップラーを用いた異なる高度での東北地方太平洋沖地震に伴う電離圏擾乱の解析

*大野 夏樹[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、冨澤 一郎[2]、細川 敬祐[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.電気通信大学、3.情報通信研究機構)

[MIS22-P03] 短期・直前地震発生予測を目指したVLF帯パルス電磁波の観測

*長尾 年恭[1]、井筒 潤[2]、鴨川 仁[3]、織原 義明[1]、杉浦 繁貴[4]、近藤 斎[4] (1.東海大学海洋研究所、2.中部大学中部高等学術研究所 国際GISセンター、3.東京学芸大学物理学分野、4.（株）コンポン研究所)

[MIS22-P04] DEMETER衛星によって検知された地震先行的VLF強度現象時のELF帯電波強度について

*鴨川 仁[1]、児玉 哲哉[2]、長尾 年恭[3] (1.東京学芸大学教育学部物理学科、2.宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3.東海大学海洋研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)

[MIS22-P01] 巨大地震前に起こるTEC変化：標準曲線の導出とそれが示唆する物理過程

*高坂 宥輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[MIS22-P02] HFドップラーを用いた異なる高度での東北地方太平洋沖地震に伴う電離圏擾乱の解析

*大野 夏樹[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、冨澤 一郎[2]、細川 敬祐[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.電気通信大学、3.情報通信研究機構)

[MIS22-P03] 短期・直前地震発生予測を目指したVLF帯パルス電磁波の観測

*長尾 年恭[1]、井筒 潤[2]、鴨川 仁[3]、織原 義明[1]、杉浦 繁貴[4]、近藤 斎[4] (1.東海大学海洋研究所、2.中部大学中部高等学術研究所 国際GISセンター、3.東京学芸大学物理学分野、4.（株）コンポン研究所)

[MIS22-P04] DEMETER衛星によって検知された地震先行的VLF強度現象時のELF帯電波強度について

*鴨川 仁[1]、児玉 哲哉[2]、長尾 年恭[3] (1.東京学芸大学教育学部物理学科、2.宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3.東海大学海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)、座長:児玉 哲哉、長尾 年恭

15:30 ~ 15:45

[MIS22-01] **高温火成岩の圧力誘起電荷計測: 地震前電離層擾乱への影響**

*山中 千博[1]、前薗 大聖[1] (1.大阪大学大学院　理学研究科)

15:45 ~ 16:00

[MIS22-02] 1983〜2018年の柿岡観測点におけるULF磁場の異常変動と地震との相関に関する統計解析と地震前兆性の評価

*服部 克巳[1]、高橋 恵[2]、韓 鵬[3] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.千葉大学理学部、3.中国南方科技大学)

16:00 ~ 16:15

[MIS22-03] 2011東北沖地震発生薬10分後のパルス津波・電磁気現象について

*榎本 祐嗣[1]、山辺 典昭[1]、杉浦 繁貴[2]、近藤 斎[2] (1.信州大学　上田キャンパス　Fii、2.コンポン研究所)

16:15 ~ 16:30

[MIS22-04] なまずの会による地下水異常と地震との関係についての再調査

*織原 義明[1]、鴨川 仁[2]、長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所、2.東京学芸大学物理学科)

16:30 ~ 16:45

[MIS22-05] S-Booster2018参加報告

*児玉 哲哉[1] (1.宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)

16:45 ~ 17:00

[MIS22-06] IUGGインターナショナルワーキング・グループ, EMSEVの目指すもの

*長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)

[MGI30-P01] Superposition of atmospheric states using information redundancy for Numerical Weather Prediction

*石橋 俊之[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P02] **Numerical Weather Prediction Experiments using a Coupled Atmosphere-Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI** (3)

*石橋 俊之[1]、入口 武史[1]、藤井 陽介[1]、安田 珠幾[1]、高谷 祐平[1]、齊藤 直彬[1]、大野木 敏和[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P03] **Accurate estimation of posterior error covariance in a 4D-Var inverse analysis**

*丹羽 洋介[1,2]、藤井 陽介[2,3] (1.国立環境研究所、2.気象庁気象研究所、3.統計数理研究所)

[MGI30-P04] Assimilation CO_2 concentration data in the Kanto region using AIST-MM model and for the estimation of CO_2 emissions

*新井 豊[1]、今須 良一[1]、近藤 裕昭[2]、丹羽 洋介[3] (1.東京大学大気海洋研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立環境研究所)

[MGI30-P05] **Application of data assimilation method on parameter estimation of flow and nutrient behavior in watershed model**

*堀江 陽介[1] (1.日本工営株式会社)

[MGI30-P06] Bayesian inference of grain growth prediction via multi-phase-field models

*伊藤 伸一[1]、長尾 大道[1]、黒河 天[1]、糟谷 正[1]、井上 純哉[1] (1.東京大学)

[MGI30-P07] GNSS data assimilation for the Bungo channel Long-term SSEs using Ensemble Kalman Filter (EnKF)

*藤田 萌実[1]、西村 卓也[2]、平原 和朗[3]、宮崎 真一[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構)

[MGI30-P08] A data assimilation library with Python for parallel computing

*中野 慎也[1]、有吉 雄哉[2]、樋口 知之[1] (1.情報・システム研究機構　統計数理研究所、2.日本文理大学工学部)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)

[MGI30-P01] Superposition of atmospheric states using information redundancy for Numerical Weather Prediction

*石橋 俊之[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P02] **Numerical Weather Prediction Experiments using a Coupled Atmosphere-Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI** (3)

*石橋 俊之[1]、入口 武史[1]、藤井 陽介[1]、安田 珠幾[1]、高谷 祐平[1]、齊藤 直彬[1]、大野木 敏和[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P03] **Accurate estimation of posterior error covariance in a 4D-Var inverse analysis**

*丹羽 洋介[1,2]、藤井 陽介[2,3] (1.国立環境研究所、2.気象庁気象研究所、3.統計数理研究所)

[MGI30-P04] Assimilation CO_2 concentration data in the Kanto region using AIST-MM model and for the estimation of CO_2 emissions

*新井 豊[1]、今須 良一[1]、近藤 裕昭[2]、丹羽 洋介[3] (1.東京大学大気海洋研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立環境研究所)

[MGI30-P05] **Application of data assimilation method on parameter estimation of flow and nutrient behavior in watershed model**

*堀江 陽介[1] (1.日本工営株式会社)

[MGI30-P06] Bayesian inference of grain growth prediction via multi-phase-field models

*伊藤 伸一[1]、長尾 大道[1]、黒河 天[1]、糟谷 正[1]、井上 純哉[1] (1.東京大学)

[MGI30-P07] GNSS data assimilation for the Bungo channel Long-term SSEs using Ensemble Kalman Filter (EnKF)

*藤田 萌実[1]、西村 卓也[2]、平原 和朗[3]、宮崎 真一[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構)

[MGI30-P08] A data assimilation library with Python for parallel computing

*中野 慎也[1]、有吉 雄哉[2]、樋口 知之[1] (1.情報・システム研究機構　統計数理研究所、2.日本文理大学工学部)

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)、座長:三好 建正(理化学研究所計算科学研究機構)、中野 慎也(情報・システム研究機構 統計数理研究所)

13:45 ~ 14:00

[MGI30-01] Recent progresses and applications of geomagnetic data assimilation

★Invited Papers

*Julien Aubert[1]、Vincent Lesur[1]、Alexandre Fournier[1]、Gauthier Hulot[1] (1.Institut de Physique du Globe de Paris, France)

14:00 ~ 14:15

[MGI30-02] Accounting for non-locality of vertical error correlation within ETKF through eigen-spectral localization

★Invited Papers

*堀田 大介[1] (1.気象庁気象研究所)

14:15 ~ 14:30

[MGI30-03] Data assimilation experiments with MODIS LAI observations and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM over Siberia

★Invited Papers

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、澤田 洋平[1,2]、三好 建正[1] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.気象庁気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MGI30-04] アジョイント法による定常トレーサー分布から海洋鉛直拡散係数分布を推定する試み

★招待講演

*岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

14:45 ~ 15:00

[MGI30-05] Nonlinear data assimilation with 4DEnVar using iterative weather forecast model

*横田 祥[1]、小泉 耕[1]、國井 勝[2,1]、伊藤 耕介[3,1] (1.気象庁気象研究所、2.気象庁予報部数値予報課、3.琉球大学)

15:00 ~ 15:15

[MGI30-06] Development of Data Assimilation System for Atmospheric Density to Improve Satellite's Orbit Prediction Accuracy

*加藤 博司[1]、日南川 英明[1]、秋山 恭平[1]、秋山 祐貴[1]、中野 将弥[2]、大日向 大地[2]、中村 信一[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.富士通株式会社)

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

15:30 ~ 17:00 | 104 1F

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)、座長:宮崎 真一(京都大学)、藤井 陽介

15:30 ~ 15:45

[MGI30-07] An LETKF-based ocean reanalysis for the Asia-Oceania region using Himawari-8 SSTs and SMOS/SMAP SSS

★Invited Papers

*大石 俊[1]、日原 勉[2]、相木 秀則[1]、石坂 丞二[1]、宮澤 泰正[2]、可知 美佐子[3] (1.名古屋大学、2.JAMSTEC、3.JAXA)

15:45 ~ 16:00

[MGI30-08] Validation of JCOPE-T DA ocean assimilation product

*日原 勉[1]、Varlamov Sergey[1]、宮澤 泰正[1]、美山 透[1]、可知 美佐子[2]、村上 浩[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

16:00 ~ 16:15

[MGI30-09] **Do surface lateral flows matter for land data assimilation?: Implication for hyper-resolution land modeling and observation**

*澤田 洋平[1] (1.気象庁気象研究所)

16:15 ~ 16:30

[MGI30-10] Geodynamo data assimilation for candidate models of IGRF13-SV from Japan team

*南 拓人[1]、中野 慎也[2]、高橋 太[3]、松島 政貴[4]、清水 久芳[1]、藤 浩明[5] (1.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2.統計数理研究所、3.九州大学大学院理学研究院、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系、5.京都大学大学院理学研究科)

16:30 ~ 16:45

[MGI30-11] A pilot study of geomagnetic data assimilation into a geodynamo model

*中野 慎也[1]、南 拓人[2]、高橋 太[3]、松島 政貴[4]、藤 浩明[5]、清水 久芳[2] (1.情報・システム研究機構　統計数理研究所、2.東京大学地震研究所、3.九州大学大学院理学研究院、4.東京工業大学理学院、5.京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター)

16:45 ~ 17:00

[MGI30-12] Bayesian parameter estimation of a physics-based model of postseismic crustal deformation

★Invited Papers

*福田 淳一[1]、Johnson Kaj[2] (1.東京大学地震研究所、2.Department of Earth and Atmospheric Sciences, Indiana University)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[M-GI36] ソーシャルメディアと地球惑星科学

コンビーナ:天野 一男(茨城大学理学部地球生命環境科学科)、小口 高(東京大学空間情報科学研究センター)、伊藤 昌毅(東京大学生産技術研究所)、山本 佳世子(国立大学法人　電気通信大学)

[MGI36-P01] 防災チャットボットの研究開発

*東 宏樹[1]、萩行 正嗣[2]、大竹 清敬[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.株式会社ウェザーニューズ、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[MGI36-P02] 極地研究所における画像プラットフォームとソーシャルメディアとの連携

*照井 健志[1]、南山 泰之[2]、肥田野 正輝[3] (1.国立極地研究所、2.東京財団政策研究所、3.インフォ・ラウンジ株式会社)

[MGI36-P03] 日本地理学会のツイッターアカウントの開設と初期運用

*小口 高[1]、西村 雄一郎[2]、河本 大地[3]、新名 阿津子[4]、齋藤 仁[5] (1.東京大学空間情報科学研究センター、2.奈良女子大学人文科学系研究院、3.奈良教育大学、4.伊豆半島ジオパーク推進協議会、5.関東学院大学経済学部)

[MGI36-P04] 茨城県北ジオパーク構想におけるJGC認定取り消し後のSNSの活用

*天野 一男[1]、細井 淳[2] (1.日本大学文理学部自然科学研究所、2.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

[M-GI36] ソーシャルメディアと地球惑星科学

コンビーナ:天野 一男(茨城大学理学部地球生命環境科学科)、小口 高(東京大学空間情報科学研究センター)、伊藤 昌毅(東京大学生産技術研究所)、山本 佳世子(国立大学法人　電気通信大学)

[MGI36-P01] 防災チャットボットの研究開発

*東 宏樹[1]、萩行 正嗣[2]、大竹 清敬[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.株式会社ウェザーニューズ、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[MGI36-P02] 極地研究所における画像プラットフォームとソーシャルメディアとの連携

*照井 健志[1]、南山 泰之[2]、肥田野 正輝[3] (1.国立極地研究所、2.東京財団政策研究所、3.インフォ・ラウンジ株式会社)

[MGI36-P03] 日本地理学会のツイッターアカウントの開設と初期運用

*小口 高[1]、西村 雄一郎[2]、河本 大地[3]、新名 阿津子[4]、齋藤 仁[5] (1.東京大学空間情報科学研究センター、2.奈良女子大学人文科学系研究院、3.奈良教育大学、4.伊豆半島ジオパーク推進協議会、5.関東学院大学経済学部)

[MGI36-P04] 茨城県北ジオパーク構想におけるJGC認定取り消し後のSNSの活用

*天野 一男[1]、細井 淳[2] (1.日本大学文理学部自然科学研究所、2.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

9:00 ~ 10:30 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:本多 嘉明

9:05 ~ 9:20

[MSD44-01] 気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム

*三好 建正[1]、小槻 峻司[1]、寺崎 康児[1]、大塚 成徳[1]、本田 匠[1]、岡﨑 淳史[1]、高玉 孝平[1] (1.理化学研究所)

9:20 ~ 9:35

[MSD44-02] 次世代降水観測レーダの技術実証ミッション

*牛尾 知雄[1]、井口 俊夫[2]、中村 健治[4]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、上土井 大介[3] (1.首都大学東京（東京都立大学）、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.獨協大学)

9:35 ~ 9:50

[MSD44-03] 災害およびモニタリングへの公共インフラとしてのベースマップ作成ミッション

*石塚 直樹[1] (1.日本リモートセンシング学会)

9:50 ~ 10:05

[MSD44-04] 多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視，同化予測および再解析プロダクトの作成

*弓本 桂也[1,2]、眞木 貴史[2]、田中 泰宙[2]、関山 剛[2]、竹村 俊彦[1] (1.九州大学、2.気象研究所)

10:05 ~ 10:20

[MSD44-05] 衛星搭載多波長偏光高スペクトル分解ライダーによる全球エアロゾル・雲観測

*西澤 智明[1]、岡本 創[2]、石井 昌憲[3]、神 慶孝[1] (1.国立環境研究所、2.九州大学、3.情報通信研究機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

10:45 ~ 12:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:浅井 和弘(東北工業大学)、木村 俊義(宇宙航空研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[MSD44-06] 雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション

*岡本 創[1]、鈴木 健太郎[2]、西澤 智明[3]、石井 昌憲[4] (1.九州大学、2.東京大学、3.国立環境研究所、4.情報通信研究機構)

11:00 ~ 11:15

[MSD44-07] 数値予報精度向上のための衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測

*石井 昌憲[1]、岡本 幸三[2,1]、久保田 拓志[3]、佐藤 篤[4,1]、境澤 大亮[3]、西澤 智明[5]、松本 紋子[6]、津上 哲也[6]、石橋 俊之[2]、田中 宙中[2]、Philippe Baron[1]、青木 誠[1]、沖 理子[3]、佐藤 正樹[7]、岩崎 俊樹[8] (1.情報通信研究機構、2.気象庁気象研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東北工業大学、5.国立環境研究所、6.ANAホールディングス株式会社、7.東京大学、8.東北大学)

11:15 ~ 11:30

[MSD44-08] 衛星搭載水蒸気分布観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証

*阿保 真[1]、長澤 親生[1]、柴田 泰邦[1]、内野 修[2]、柴田 隆[3] (1.首都大学東京大学院システムデザイン研究科、2.国立環境研究所、3.名古屋大学)

11:30 ~ 12:00

[MSD44-09] ポスターセッションのショートプレゼンテーション

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:沖 理子(宇宙航空研究開発機構)

13:45 ~ 14:00

[MSD44-10] **ひまわり後継衛星計画の概要**

*別所 康太郎[1] (1.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[MSD44-11] ひまわり後継衛星に向けたハイパースペクトル赤外サウンダのインパクト調査

*岡本 幸三[1]、大和田 浩美[2]、計盛 正博[2]、大塚 道子[1]、太田 芳文[2]、上清 直隆[1]、瀬古 弘[1]、安藤 昭芳[2]、吉田 良[2]、石元 裕史[1]、林 昌宏[1]、石田 春磨[3]、佐藤 芳昭[2]、国松 洋[2]、別所 康太郎[2]、横田 寛伸[2] (1.気象研究所、2.気象庁、3.気象衛星センター)

14:15 ~ 14:30

[MSD44-12] 静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダの観測システムシミュレーション実験

*大和田 浩美[1]、岡本 幸三[2]、計盛 正博[1]、上清 直隆[2]、石元 裕史[2]、林 昌宏[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MSD44-13] 静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

14:45 ~ 15:00

[MSD44-14] **Geostationary Optical Earth Observation Satellite**

*沖 一雄[1]、木村 俊義[2]、水谷 忠均[2]、田殿 武雄[2] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構)

[J] Eveningポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P01] 気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明 (AMSR3)

*増永 浩彦[1]、江淵 直人[2]、田村 岳史[3]、芳村 圭[4]、青梨 和正[5]、計盛 正博[6]、斎藤 克弥[7] (1.名古屋大学、2.北海道大学、3.国立極地研究所、4.東京大学、5.気象研究所、6.気象庁、7.漁業情報サービスセンター)

[MSD44-P02] 衛星搭載アクティブセンサによる降水観測

*高橋 暢宏[1]、高薮 縁[2]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、山本 晃輔[3]、金子 有紀[3] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大気海洋研究所、3.宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P03] 小型降水レーダコンステレーション

*古川 欣司[1]、小川 俊明[2]、沖 理子[1]、久保田 拓志[1]、山地 萌果[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.日本電気株式会社)

[MSD44-P04] 円偏波SARの軌道上実証

*スリスマンティヨ ヨサファットテトォコ[1]、久世 宏明[1]、井村 信義[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

[MSD44-P05] Global wind measurement system using Doppler Wind Lidar and Imaging FTS

*岡本 創[1]、木村 俊義[2]、境澤 大亮[2]、石井 昌憲[3] (1.九州大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.情報通信研究機構)

[MSD44-P06] 地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション

*本多 嘉明[1]、青木 輝夫[2]、中島 孝[3]、虎谷 充浩[4] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.東海大学情報技術センター、4.東海大学大学院地球環境科学研究科)

[MSD44-P07] CO_2大規模点排出源観測衛星の提案

*大山 博史[1]、松永 恒雄[1]、森野 勇[1]、吉田 幸生[1]、齊藤 誠[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

[MSD44-P08] 地球の健康診断 -温暖化対策効果の早期検証と大気汚染実態把握のためのSLCPイメージング分光観測-

*笠井 康子[1]、金谷 有剛[2]、谷本 浩志[3]、大気化学会 大気環境衛星検討委員会[4] (1.情報通信研究機構、2.海洋研究開発機構、3.国立環境研究所、4.大気化学会　大気環境衛星検討委員会)

[MSD44-P09] 衛星搭載植生ライダー(MOLI)

*浅井 和弘[1]、平田 泰雅[2]、鷹尾 元[2]、下田 陽久[3]、本多 嘉明[4]、梶原 康司[4]、粟屋 善雄[5]、須崎 純一[9]、遠藤 貴宏[6]、松永 恒雄[7]、澤田 義人[7]、杉本 伸夫[7]、西澤 智明[7]、水谷 耕平[8]、石井 昌憲[8]、木村 俊義[10]、今井 正[10]、林 真智[10]、境澤 大亮[10]、室岡 純平[10]、三橋 怜[10] (1.東北工業大学、2.森林総合研究所、3.東海大学、4.千葉大学、5.岐阜大学、6.リモート・センシング技術センター、7.国立環境研究所、8.情報通信研究機構、9.京都大学、10.宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P10] Estimation of forest resources by a dual-wavelength imaging LiDAR system

*平田 竜一[1]、澤田 義人[1]、林 真智[2]、齋藤 英樹[3]、高橋 與明[3]、松永 恒雄[1] (1.国立環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.森林総合研究所)

[MSD44-P11] 陸域植生のSIF・PRIモニタリングのための高空間・波長分解能観測衛星の開発

*野田 響[1]、大政 謙次[2]、彦坂 幸毅[3]、市井 和仁[4]、小林 秀樹[5]、加藤 知道[6]、村岡 裕由[7] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.東京大学、3.東北大学、4.千葉大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構、6.北海道大学、7.岐阜大学)

[MSD44-P12] Satellite Observation of the Whole Atmosphere - Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2)

*塩谷 雅人[1]、齊藤 昭則[1]、坂崎 貴俊[1]、落合 啓[2]、バロン フィリップ[2]、西堀 俊幸[3]、鈴木 睦[3]、阿部 琢美[3]、前澤 裕之[4]、大山 伸一郎[5,6,7] (1.京都大学、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.大阪府立大学、5.名古屋大学、6.オウル大学、7.国立極地研究所)

[MSD44-P13] Simulation studies for Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder-2 (SMILES-2)

*Philippe Baron[1]、Satoshi Ochiai[1]、Donal Murtagh[5]、Hideo Sagawa[2]、Akinori Saito[3]、Masato Shiotani[3]、Makoto Suzuki[4] (1.National Institute of Information and Communications Technology、2.Kyoto Sangyo University、3.Kyoto

University、4.Japan Aerospace Exploration Agency、5.Chalmers University of Technology, Sweden)

[MSD44-P14] 超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2の衛星搭載性検討

*落合 啓[1]、バロン フィリプ[1]、入交 芳久[1]、西堀 俊幸[2]、鈴木 睦[2]、鵜澤 佳徳[3]、前澤 裕之[4]、真鍋 武嗣[4]、齊藤 昭則[5]、塩谷 雅人[5] (1.情報通信研究機構、2.宇宙航空研究開発機構、3.国立天文台、4.大阪府立大学、5.京都大学)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-TT 計測技術・研究手法

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[M-TT45] 雪氷圏地震学

コンビーナ:豊国 源知(東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)、金尾 政紀(国立極地研究所)、坪井 誠司(海洋研究開発機構)

[MTT45-P01] Application of neural network and theoretical seismograms as training data to locate ice quakes

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1] (1.海洋研究開発機構)

[MTT45-P02] **P-wave tomography beneath Greenland**

*松野 貴也[1]、豊国 源知[1]、趙 大鵬[1] (1.東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)

[MTT45-P03] **Seismic observations in Greenland by a joint USA and Japanese GLISN team (2011–2018)**

*豊国 源知[1]、金尾 政紀[2]、坪井 誠司[3]、東野 陽子[4] (1.東北大・理・予知セ、2.極地研、3.JAMSTEC、4.東大・地震研)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-TT 計測技術・研究手法

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_40

[M-TT45] 雪氷圏地震学

コンビーナ:豊国 源知(東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)、金尾 政紀(国立極地研究所)、坪井 誠司(海洋研究開発機構)

[MTT45-P01] Application of neural network and theoretical seismograms as training data to locate ice quakes

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1] (1.海洋研究開発機構)

[MTT45-P02] **P-wave tomography beneath Greenland**

*松野 貴也[1]、豊国 源知[1]、趙 大鵬[1] (1.東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)

[MTT45-P03] **Seismic observations in Greenland by a joint USA and Japanese GLISN team (2011–2018)**

*豊国 源知[1]、金尾 政紀[2]、坪井 誠司[3]、東野 陽子[4] (1.東北大・理・予知セ、2.極地研、3.JAMSTEC、4.東大・地震研)

[J] ポスター発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

🏛2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 🏛ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)

破壊・噴火・衝突といった現象はマントル対流のような長いスケールの地質現象とは異なるカタストロフィックな現象である。しかし、恐竜の絶滅に代表される隕石衝突などの地球規模の現象は長期的な変動だけではなく、このような劇的な高速の現象で引き起こされる。つまり、地球の進化・防災を考える上でも、高速のダイナミクスの理解を深めることは重要である。放射光技術の進展で極限状況におけるフェムト秒から数分スケールまでの速い現象を捉えることが可能になりつつある現状を踏まえて、物質科学・観測・数値モデルといった多くの手法から高速のダイナミクスの包括的な理解を目指す。

[U04-P01] X線吸収分光法を利用したSPring-8における時間分解計測の現状

*新田 清文[1]、関澤 央輝[1]、加藤 和男[1]、大沢 仁志[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

[U04-P02] Ultrafast time-resolved XFEL diffraction study on shock-compressed corundum

*丹下 慶範[1] (1.高輝度光科学研究センター)

X線吸収分光法を利用したSPring-8における時間分解計測の現状
Present status of time resolved measurement using X-ray absorption spectroscopy at SPring-8

*新田 清文[1]、関澤 央輝[1]、加藤 和男[1]、大沢 仁志[1]
*Kiyofumi Nitta[1], Oki Sekizawa[1], Kazuo Kato[1], Hitoshi Osawa[1]

1. 公益財団法人高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X-ray Absorption Fine Structure (XAFS) is powerful tool to investigate electric structure and local structure around X-ray absorption atom. Time resolved XAFS measurement developed from appearance of synchrotron radiation and have been applied to many fields. For example, time-resolved XAFS is applied for the catalytic reaction at the in-situ condition and give us the information about how the chemical reaction progresses. We will introduce three representative time-resolved XAFS measurement.

(Super) Quick XAFS (QXAFS),
In QXAFS, the monochromator sweeps quickly (or oscillates at high frequency in Super QXAFS) and it measures the incident X-ray and transmission/fluorescence X-ray intensity continuously. The time resolution depends on the sweep speed of monochromator and the flux of X-ray. The fastest time-resolution of QXAFS in SPring-8 is 800 μs/spectrum which using galvano motor driven monochromator and very compact Si channel-cut crystal without cooling system.

Energy Dispersive XAFS (DXAFS)
DXAFS is a method of measuring the XAFS spectrum by one-shot acquisition. DXAFS measurement is done by converting the energy of X rays into position information using a polychromator and monitoring the position and intensity using a position sensitive detector. So DXAFS has higher time-resolution than QXAFS and the time-resolution is about few ms as usual.

Pump-probe XAFS
Pump-probe XAFS is a method that uses bunch structures of synchrotron radiation. X-ray from the synchrotron facility has a time width. For example at SPring-8, the time width of each X-ray is about 50ps and interval between each X-ray is about 100nsec. Pump-probe XAFS use such time-structure and achieve high time-resolution. However, this method can only apply for repeated reactions.

キーワード：X線吸収分光法、時間分解、放射光
Keywords: X-ray Absorption Spectroscopy, time-resolved, synchrtron

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ultrafast time-resolved XFEL diffraction study on shock-compressed corundum

*丹下 慶範[1]
*Yoshinori Tange[1]

1. 高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X-ray Free Electron Lasers (XFEL) allow us ultrafast observations due to its quite short X-ray exposure time of <10 fs (10^{-14} s) with extremely high peak brilliance of >10^{30} photons/sec·mm^2·mrad^2·0.1%b.w., which corresponds to 10^9-times higher compared to synchrotron radiation X-rays made by undulators in third-generation radiation facility such as SPring-8 in general. These extremely-intense and ultrashort-pulsed X-ray flash lamps made it possible to probe samples before the samples are damaged by external forces, conditions, and also XFEL itself.

In an XFEL facility SACLA, constructed at next to SPring-8, laser-driven shock-compression experiments are available with a high-power long-pulse laser system installed by Dr. N. Ozaki’ s group and the Photon Pioneers Center in Osaka university. Using the high-power laser system (Nd:YAG, 532 nm, Hamamatsu Photonics K.K.) with the maximum energy of 50 J and pulse width of <10 ns (10^{-8} s), now we are able to reproduce ultrahigh-pressure and ultrahigh-temperature conditions to 1000 GPa (1 TPa) and >10,000 K regime. Here we show a result of in situ observation of shock-compressed polycrystalline corundum utilizing the high-power ns-pulsed pump laser with fs-pulsed intense probe X-ray based on pump-probe techniques.

The pump-probe measurements were carried out varying delay times of XFEL-probe exposure after flashing pump laser to generate shock wave on the surface of targets, which were composed of polypropylene ablator and corundum sample. After series of the pump-probe measurements, pseudo time-resolved profiles were obtained as a function of elapsed time after shock wave arrival to the sample through the ablator. As a result of the pump-probe laser-shock experiments, elastic/plastic compression, uniaxial/quasi-hydrostatic compression, and dynamic recrystallization were observed during shock-wave propagation in the corundum sample with the passing time in the maximum time-resolution of 0.2 ns. In the presentation, we will show the experimental setups and features of XRD profiles of the shock-compressed material in detail.

キーワード：高速測定、X線自由電子レーザー、衝撃圧縮、コランダム
Keywords: ultrafast measurement, XFEL, shock compression, corundum

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)

破壊・噴火・衝突といった現象はマントル対流のような長いスケールの地質現象とは異なるカタストロフィックな現象である。しかし、恐竜の絶滅に代表される隕石衝突などの地球規模の現象は長期的な変動だけではなく、このような劇的な高速の現象で引き起こされる。つまり、地球の進化・防災を考える上でも、高速のダイナミクスの理解を深めることは重要である。放射光技術の進展で極限状況におけるフェムト秒から数分スケールまでの速い現象を捉えることが可能になりつつある現状を踏まえて、物質科学・観測・数値モデルといった多くの手法から高速のダイナミクスの包括的な理解を目指す。

[U04-P01] X線吸収分光法を利用したSPring-8における時間分解計測の現状

*新田 清文[1]、関澤 央輝[1]、加藤 和男[1]、大沢 仁志[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

[U04-P02] Ultrafast time-resolved XFEL diffraction study on shock-compressed corundum

*丹下 慶範[1] (1.高輝度光科学研究センター)

X線吸収分光法を利用したSPring-8における時間分解計測の現状
Present status of time resolved measurement using X-ray absorption spectroscopy at SPring-8

*新田 清文[1]、関澤 央輝[1]、加藤 和男[1]、大沢 仁志[1]
*Kiyofumi Nitta[1], Oki Sekizawa[1], Kazuo Kato[1], Hitoshi Osawa[1]

1. 公益財団法人高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X-ray Absorption Fine Structure (XAFS) is powerful tool to investigate electric structure and local structure around X-ray absorption atom. Time resolved XAFS measurement developed from appearance of synchrotron radiation and have been applied to many fields. For example, time-resolved XAFS is applied for the catalytic reaction at the in-situ condition and give us the information about how the chemical reaction progresses. We will introduce three representative time-resolved XAFS measurement.

(Super) Quick XAFS (QXAFS),
In QXAFS, the monochromator sweeps quickly (or oscillates at high frequency in Super QXAFS) and it measures the incident X-ray and transmission/fluorescence X-ray intensity continuously. The time resolution depends on the sweep speed of monochromator and the flux of X-ray. The fastest time-resolution of QXAFS in SPring-8 is 800 μs/spectrum which using galvano motor driven monochromator and very compact Si channel-cut crystal without cooling system.

Energy Dispersive XAFS (DXAFS)
DXAFS is a method of measuring the XAFS spectrum by one-shot acquisition. DXAFS measurement is done by converting the energy of X rays into position information using a polychromator and monitoring the position and intensity using a position sensitive detector. So DXAFS has higher time-resolution than QXAFS and the time-resolution is about few ms as usual.

Pump-probe XAFS
Pump-probe XAFS is a method that uses bunch structures of synchrotron radiation. X-ray from the synchrotron facility has a time width. For example at SPring-8, the time width of each X-ray is about 50ps and interval between each X-ray is about 100nsec. Pump-probe XAFS use such time-structure and achieve high time-resolution. However, this method can only apply for repeated reactions.

キーワード：X線吸収分光法、時間分解、放射光
Keywords: X-ray Absorption Spectroscopy, time-resolved, synchrtron

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ultrafast time-resolved XFEL diffraction study on shock-compressed corundum

*丹下 慶範[1]
*Yoshinori Tange[1]

1. 高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X-ray Free Electron Lasers (XFEL) allow us ultrafast observations due to its quite short X-ray exposure time of <10 fs (10^{-14} s) with extremely high peak brilliance of >10^{30} photons/sec·mm^2·mrad^2·0.1%b.w., which corresponds to 10^9-times higher compared to synchrotron radiation X-rays made by undulators in third-generation radiation facility such as SPring-8 in general. These extremely-intense and ultrashort-pulsed X-ray flash lamps made it possible to probe samples before the samples are damaged by external forces, conditions, and also XFEL itself.

In an XFEL facility SACLA, constructed at next to SPring-8, laser-driven shock-compression experiments are available with a high-power long-pulse laser system installed by Dr. N. Ozaki’ s group and the Photon Pioneers Center in Osaka university. Using the high-power laser system (Nd:YAG, 532 nm, Hamamatsu Photonics K.K.) with the maximum energy of 50 J and pulse width of <10 ns (10^{-8} s), now we are able to reproduce ultrahigh-pressure and ultrahigh-temperature conditions to 1000 GPa (1 TPa) and >10,000 K regime. Here we show a result of in situ observation of shock-compressed polycrystalline corundum utilizing the high-power ns-pulsed pump laser with fs-pulsed intense probe X-ray based on pump-probe techniques.

The pump-probe measurements were carried out varying delay times of XFEL-probe exposure after flashing pump laser to generate shock wave on the surface of targets, which were composed of polypropylene ablator and corundum sample. After series of the pump-probe measurements, pseudo time-resolved profiles were obtained as a function of elapsed time after shock wave arrival to the sample through the ablator. As a result of the pump-probe laser-shock experiments, elastic/plastic compression, uniaxial/quasi-hydrostatic compression, and dynamic recrystallization were observed during shock-wave propagation in the corundum sample with the passing time in the maximum time-resolution of 0.2 ns. In the presentation, we will show the experimental setups and features of XRD profiles of the shock-compressed material in detail.

キーワード：高速測定、X線自由電子レーザー、衝撃圧縮、コランダム
Keywords: ultrafast measurement, XFEL, shock compression, corundum

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)、座長:芳野 極(岡山大学)、河野 義生(愛媛大学地球深部ダイナミクスセンター)、丹下 慶範

破壊・噴火・衝突といった現象はマントル対流のような長いスケールの地質現象とは異なるカタストロフィックな現象である。しかし、恐竜の絶滅に代表される隕石衝突などの地球規模の現象は長期的な変動だけではなく、このような劇的な高速の現象で引き起こされる。つまり、地球の進化・防災を考える上でも、高速のダイナミクスの理解を深めることは重要である。放射光技術の進展で極限状況におけるフェムト秒から数分スケールまでの速い現象を捉えることが可能になりつつある現状を踏まえて、物質科学・観測・数値モデルといった多くの手法から高速のダイナミクスの包括的な理解を目指す。

13:45 ~ 13:48

Introduction

13:48 ~ 14:00

[U04-01] 地球惑星科学における高速過程　研究組織の構築に向けて

★招待講演

*芳野 極[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

14:00 ~ 14:15

[U04-02] 粉砕岩のフラクタル特性と岩石の動的粉砕

★招待講演

*武藤 潤[1]、西川 治[2]、長濱 裕幸[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.秋田大学工学資源学研究科)

14:15 ~ 14:30

[U04-03] 滑りの不安定化における普遍的加速過程

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

[U04-04] Semi-brittle flow in dunite and harzburgite at upper mantle pressures

★Invited Papers

*大内 智博[1]、雷 興林[2]、肥後 祐司[3]、丹下 慶範[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.産業技術総合研究所、3.高輝度光科学研究センター)

14:45 ~ 15:00

[U04-05] 微視的構造解析から迫るマグマ破砕メカニズム：爆発的火山噴火の発生原因の解明へ向けて

★招待講演

*奥村 聡[1]、上杉 健太朗[2]、坂巻 竜也[1]、後藤 章夫[3] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻地球惑星物質科学科、2. 国立研究開発法人理化学研究所高輝度光科学センター、3.東北大学東北アジア研究センター)

15:00 ~ 15:15

[U04-06] 火山噴出物の解析にもとづく噴火物理パラメータの推定 –噴火ダイナミクスの理解進展に向けて–

★招待講演

*前野 深[1] (1.東京大学地震研究所)

地球惑星科学における高速過程　研究組織の構築に向けて
Toward organization of a new field on fast process in Earth and planetary science

*芳野 極[1]
*Takashi Yoshino[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Materials, Okayama University

地球惑星の進化において、巨大隕石の衝突による恐竜の絶滅に代表される地質学的時間スケールでの進化とは異なる短いスケールで起こったイベントが全地球惑星規模の進化、環境に劇的な変化をもたらす。このような事象の理解には、地震活動に代表されるような破壊過程・火山活動における噴火過程・巨大隕石衝突過程のような高速過程の理解が不可欠である。これらの現象は現在においてもいつ起きてもおかしくない事象であることから、防災面においても重要な研究課題である。本講演ではこれらの現象の素過程の解明とそれが及ぼす影響に関する研究を融合させることを提案し、分野融合型の研究組織の構築することを目的とする。

近年、大型放射光施設やX線自由電子レーザー施設における測定実験技術の進展により、極限環境下で起こるカタストロフィックな現象は、数分（$>10^2$s）からフェムト秒（10^{-15}s）にわたる幅広い時間スケールで補足可能になってきた。放射光と大容量プレスによる高圧実験を組み合わせた測定では、静的な過程の観察から変形・減衰・破壊といった動的な過程を捉える方向へと研究の力点がシフトしつつあり、ミリ秒スケールまでの高速過程を検出できる状況が整備されつつある。またX線自由電子レーザーを用いた研究では、高強度レーザーを用いた衝撃圧縮実験時に、衝突過程を100ピコ秒スケールで詳細に追える状況が実現している。さらにスーパーコンピューターを用いた計算機科学分野でも高速過程再現実験の進展が著しく、原子スケールから巨大天体衝突に至るまでシームレスに高速過程を捉える研究を統括できる時期が到来している。高速過程の研究は、それぞれの事象において独立して研究が進められてきたが、高速過程を捉える手法、その素過程における現象は共通する面も多い。これら物質科学・観測・数値モデルといった数多くの手法を取り入れ、効率的に「知」を運用できる研究ネットワークを形成することを目標として、本セッションを企画した。このネットワークを確立し活用することによって、地球惑星科学における高速のダイナミクスを包括的に理解すると同時に、地球規模でのインパクトについても新しい知見を得て、新たなパラダイムシフトを起こすことが期待される。

キーワード：高速過程、破壊、衝突、噴火
Keywords: high speed process, failure, collision, eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粉砕岩のフラクタル特性と岩石の動的粉砕
Fractal particle size distribution of pulverized fault rocks and dynamic fragmentation of rocks

*武藤 潤[1]、西川 治[2]、長濱 裕幸[1]
*Jun Muto[1], Osamu Nishikawa[2], Hiroyuki Nagahama[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 秋田大学工学資源学研究科
1. Department of Earth Sciences, Tohoku University, 2. Graduate School of Engineering and Resource Sciences, Akita University

Earthquake is a catastrophic phenomenon caused by the rapid slip on fault. Development of high-speed rotary shear apparatus enables us to conduct friction experiments of various rocks at seismic slip rates to investigate dynamic fault behaviors [1]. The nominal strain rate at the seismic slip reaches 100 /s under the slip rate of 1 m/s occurring across the 1 cm width of the slip zone. On the other hand, the field observations along large-scale strike-slip faults reported the peculiar fault rocks with in-situ shattered microstructures [2]. The rocks are called pulverized fault rocks and characterized by a lack of shear deformation and intense fragmentation. These intensive damage zones have been suggested to form dynamically during earthquake rupture propagation. Theoretical calculation of the rupture propagation predicts much higher strain-rate deformation exceeding 10000 /s near the rupture tip [3]. However, because such high strain rate can be achieved only along the very close to the tip, several models have also been proposed to explain the wide distribution (~ 100 m from the fault core) of the pulverized rocks along the fault [2,4,5]. From the microstructural analysis of pulverized rocks, we reported the measurements of size distributions of fractured particles [6]. Fragments in those rocks in both fault zones show a fractal size (power-law) distribution down to the micron scale. Fractal dimensions of fragments, dependent on mineral types, reaches 2.92 near the fault cores. The value exceeds a theoretical upper fractal limit of confined comminution (~2.58 [7]) and experimentally created gouges by high-speed friction experiment (~2.6 [8]). Fractal dimensions close to 3.0 have been reported in high-speed impact loading experiments. The observed fractal properties imply that pulverization is likely to have occurred by a dynamic stress pulse with instantaneous volumetric expansion, possibly during seismic rupture propagation similar to impact loading. The obtained results from fractal properties of the pulverized rocks are consistent with laboratory experiments for dynamic fragmentation of rocks using Split-Hopkinson Pressure Bar (SHPB or Kolsky Bar) apparatus [5, 9]. SHPB is a loading apparatus that transmits planar elastic compressive waves into a sample under strain rates of 10 ~ 1000/s. Using the apparatus, Doan and Gary [5] clearly showed that the high strain rate exceeds 150 /s is required to cause pulverization of granite. Moreover, from the analysis of grain size distribution of fragments created by SHPB experiments of fine-grained novaculite, Barber and Griffith [9] showed that energy dissipation by fragmentation is not trivial than previously considered (10 % to as much as 40 %). According to dynamic fragmentation model by Hild [10], strength of rocks in multiple fragmentation regime dramatically increases with strain rate. This implies that the significant strain-rate hardening accompanying pulverization may be the responsible for the significant energy sink of the earthquake [9]. In the presentation, we review the dynamic fragmentation phenomena based on field evidence, theoretical models and laboratory experiments using SHPB apparatus to shed light on the dynamic fault behavior.

References: [1] Di Toro, G. et al. (2011), Nature, 471, 494-498. [2] Dor, O. et al. (2006) EPSL, 245,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

642-654. [3] Reches, Z., Dewers, T. A. (2005) EPSL, 235, 361-374. [4] Ben-Zion, Y., Shi, Z.Q. (2005) EPSL, 236, 486-496. [5] Doan, M. L., Gary, G. (2009) Nature Geosci., 2, 709-712. [6] Muto, J., Nakatani, T., Nishikawa, O., Nagahama, H. (2015) GRL, 42, 3811–3819, doi:10.1002/2015GL064026. [7] Sammis, C. et al. (1987) Pageoph, 125, 777-812. [8] Stünitz, H. et al. (2010) JSG, 32, 59-69. [9] Barber, T., Griffith, W. A. (2017) Phil. Trans. R. Soc. A, 375, 20160002. [10] Hild, F. et al. (2003) Rev. Franco. Gen. Civ., 7, 973-1003.

キーワード：粉砕岩、動的粉砕、スプリットホプキンソン圧力棒試験、フラクタル、地震の破壊伝播
Keywords: Pulverized rocks, Dynamic fragmentation, Split-Hopkinson Pressure Bar Apparatus, Fractal, Earthquake rupture propagation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

滑りの不安定化における普遍的加速過程
Universal aspects of acceleration process toward unstable fast rupture

*波多野 恭弘[1]
*Takahiro Hatano[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

In this talk, we will elaborate the acceleration process of unstable slip on a model of earthquake fault. Based on an empirical friction law that has been verified in the laboratory scale, it is shown that slip velocity increases in a power law manner tracing the inverse Omori law. This acceleration process has been known empirically, and is derivable theoretically for a class of simple systems. We will show that this power-law acceleration is realized in a wider class of systems including non-planer faults and random brittle media. Analysis on a mean-field model indicates saddle node bifurcation is responsible for the power law behavior.

キーワード：地震、核形成過程、先行現象
Keywords: earthquake, slip nucleation, precursory phenomena

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Semi-brittle flow in dunite and harzburgite at upper mantle pressures

*大内 智博[1]、雷 興林[2]、肥後 祐司[3]、丹下 慶範[3]
*Tomohiro Ohuchi[1], Xinglin Lei[2], Yuji Higo[3], Yoshinori Tange[3]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 産業技術総合研究所、3. 高輝度光科学研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

The mechanism of intraslab earthquakes (> 40 km depth) is fundamentally different from those of shallower ones. This is because the frictional strength is much higher and fracture process associates ductile flow (i.e., semi-brittle flow) at deeper parts. The location of the double seismic zone in the subducting Pacific slab corresponds to the main dehydration field in the pressure-temperature diagram of the hydrous peridotite (Omori et al., 2002). The cause of intraslab seismicity at intermediate depths has been attributed to breakdown of hydrous minerals such as serpentinite (e.g., Ferrand et al., 2017) and lawsonite (Okazaki et al., 2016) because it causes unstable fault slip or shear localization. However, the role of aqueous fluid in fracturing at high pressures is still unclear.

To evaluate the effect of water on semi-brittle behavior of dunite and harzburgite, we conducted in-situ uniaxial deformation experiments on as-is/water-saturated dunite and harzburgite at pressures 1-3 GPa and temperatures 670-1250 K with a constant displacement rate using a deformation-DIA apparatus. Pressure, stress, and strain were measured in situ by using x-ray diffraction patterns and radiographs. Radiographs were taken at each several minutes in most of deformation experiments, though radiographs were continuously taken (each 5 seconds) during a deformation run (at 2 GPa and 860 K). Acoustic emissions (AEs) were also recorded continuously on six sensors, and three-dimensional AE source location were determined.

Formation of throughgoing faults was observed in water-saturated dunite and harzburgite at 860 K and lower temperatures. Fault slip rate is between 3E-5 and 4E-4 s^{-1} which are comparable to the background strain rate just before a faulting (1E-5 and 3E-4 s^{-1}), showing that shear localization is ineffective under water-saturated conditions. Addition of the aqueous fluid resulted in the reduction in the number of AE events in the faulted sample (i.e., aseismic faulting). A high time-resolution strain monitoring revealed that fault slip rate fluctuate within several ten seconds (i.e., stick-slip phenomena). Because the high time-resolution strain monitoring is a preliminary experiment, the relationship between stick-slip phenomena and aqueous fluid is unclear. We will investigate that point in near future.

キーワード：水、半脆性流動、断層形成
Keywords: water, semi-brittle flow, faulting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微視的構造解析から迫るマグマ破砕メカニズム：爆発的火山噴火の発生原因の解明へ向けて

A mechanism of magma fracturing revealed by in-situ X-ray imaging and diffraction

*奥村 聡[1]、上杉 健太朗[2]、坂巻 竜也[1]、後藤 章夫[3]
*Satoshi Okumura[1], Kentaro Uesugi[2], Tatsuya Sakamaki[1], Akio Goto[3]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻地球惑星物質科学科、2. 国立研究開発法人理化学研究所高輝度光科学センター、3. 東北大学東北アジア研究センター
1. Division of Earth and Planetary Materials Science, Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. SPring-8/JASRI, 3. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

Explosive volcanism is one of the most spectacular phenomena on Earth. Explosive volcanism is characterized by the vigorous release of magma fragments and volcanic gases to the surface. In such cases, the magma is the continuum in the crust but becomes fragmented during its ascent. In particular, brittle fragmentation of silicic (relatively SiO2-rich) magma results in explosive eruptions. Therefore, the cause of brittle fragmentation of magma determines whether the eruption will be explosive or effusive.

The viscoelasticity of magma and the relaxation timescale of its structure are currently thought to control fragmentation (Dingwell, 1996 Science). Under rapid deformation rates, magma exhibits elastic behaviour, while viscous magma behaviour is dominant when the deformation rate is slow. Fiber elongation experiments for magmas clearly demonstrate the transition from viscous elongation to brittle fracturing with increased elongation rates. This transition is empirically formulated and can be applied to the modelling of volcanic eruptions (Gonnermann and Manga, 2003 Nature). In contrast, the atomic- to nano-scale structure of melt across this transition is poorly understood. For example, magma exhibits shear thinning (viscosity decreases as shear rate increases) behaviour when the shear rate is close to the conditions at which magma fracturing occurs. No explanation for the relationship between shear thinning and brittle fracturing has yet been proposed. Understanding the atomic- to nano-scale structures across viscous to brittle transition will provide important information for clarifying the mechanism of magma fragmentation. We have investigated magma fracturing by using in-situ X-ray imaging and diffraction techniques. Some preliminary results of our work will be introduced in this presentation.

キーワード：火山噴火、マグマ、破砕、X線イメージング、X線回折
Keywords: Volcanic eruption, Magma, Fracturing, X-ray imaging, X-ray diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火山噴出物の解析にもとづく噴火物理パラメータの推定 –噴火ダイナミクスの理解進展に向けて–

Estimation of physical parameters of volcanic eruptions based on analysis of eruptive products –Toward understanding of eruption dynamics–

*前野 深[1]
*Fukashi Maeno[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

火山噴火で地表に噴出するマグマの噴出量・噴出率は，地殻浅部におけるマグマの蓄積・移動の時空間スケールや，噴火に伴う地表現象の種類・性質の理解において重要な指標となる。１回の火山噴火の「噴出量」は，噴火の規模を決めるための最も基礎的物理パラメータであるとともに，その中長期におよぶ変遷はマグマの蓄積過程や噴火発生頻度と関係し，火山活動全体の理解においても重要である。一方，噴火時のマグマの「噴出率」は，マグマ上昇過程と密接に関係し，噴火様式の多様性や推移，噴火の強度，噴煙高度などを支配するパラメータで，噴出量とともに噴火現象の理解において重要である。これらマグマの噴出量・噴出率（噴火物理パラメータ）の解明は，マグマ上昇に伴い地殻内および地表で発生する様々な火山現象の理解において鍵となり，その推定精度の向上は，火山活動と噴火現象の多様性の原因や，マグマ溜り–火道システムの理解を進めるために必要不可欠である。噴火の多様性を支配する要因の一つである噴出率は，噴出物の微細構造・組織や化学組成不均質など，マグマの上昇・減圧に起因する噴出物の特徴に大きく影響を与える。このような噴火物理パラメータと噴出物の物質科学的特徴との関係解明は，火山噴火の理解を大きく進める可能性がある。一方，近年の火山噴火では，噴出物・堆積物データと地上や衛星からの多様かつ豊富な観測データと比較することで，マグマの地表への噴出から堆積までのプロセスが高い解像度で捉えられるようになってきており，そこから得られる知見は，過去の火山噴火の復元においても重要な制約となることが期待される。噴火物理パラメータの解明は，火山噴火ダイナミクスの理解のみならず，噴火に伴う災害や将来の噴火を予測するにおいても重要である。本発表では，近年の火山噴火や過去の超巨大噴火における噴火物理パラメータの解明研究について紹介し，課題についても述べる。

キーワード：火山噴火、噴出量、噴出率、物理パラメータ
Keywords: volcanic eruption, eruptive volume, discharge rate, physical parameter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

コンビーナ:芳野 極(岡山大学惑星物質研究所)、丹下 慶範(高輝度光科学研究センター)、座長:芳野 極(岡山大学)、河野 義生(愛媛大学地球深部ダイナミクスセンター)、丹下 慶範

破壊・噴火・衝突といった現象はマントル対流のような長いスケールの地質現象とは異なるカタストロフィックな現象である。しかし、恐竜の絶滅に代表される隕石衝突などの地球規模の現象は長期的な変動だけではなく、このような劇的な高速の現象で引き起こされる。つまり、地球の進化・防災を考える上でも、高速のダイナミクスの理解を深めることは重要である。放射光技術の進展で極限状況におけるフェムト秒から数分スケールまでの速い現象を捉えることが可能になりつつある現状を踏まえて、物質科学・観測・数値モデルといった多くの手法から高速のダイナミクスの包括的な理解を目指す。

15:30 ~ 15:45

[U04-07] 衝突蒸気雲内化学反応が結びつける小惑星リュウグウと地球初期進化

★招待講演

*杉田 精司[1,3]、桑原 秀治[2]、黒澤 耕介[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.愛媛大学、3.千葉工業大学)

15:45 ~ 16:00

[U04-08] Time-resolved synchrotron X-ray observations of mineral transformations under static pressures: applications to non-equilibrium behaviors in shocked meteorites

★Invited Papers

*久保 友明[1]、宮原 正明[2] (1.九州大学、2.広島大学)

16:00 ~ 16:15

[U04-09] Ultrafast pump-probe experiemnts for planetary materials using high-power lasers and XFEL

★Invited Papers

*尾崎 典雅[1] (1.大阪大学)

16:15 ~ 16:30

[U04-10] X線自由電子レーザーで捉える動的過程

★招待講演

*片山 哲夫[1] (1.公益財団法人　高輝度光科学研究センター)

16:30 ~ 16:45

[U04-11] 放射光 X 線を用いた高速度計測

★招待講演

*上杉 健太朗[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

16:45 ~ 16:58

[U04-12] 大容量プレスを活用した動的地球科学研究の開拓：特に液体の高圧放射光X線実験について

★招待講演

*河野 義生[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

16:58 ~ 17:00

Discussion

衝突蒸気雲内化学反応が結びつける小惑星リュウグウと地球初期進化
Chemical reaction processes bridge between asteroid Ryugu and early evolution of Earth

*杉田 精司[1,3]、桑原 秀治[2]、黒澤 耕介[3]
*Seiji Sugita[1,3], Hideharu Kuwahara[2], Kosuke Kurosawa[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 愛媛大学、3. 千葉工業大学
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science Sciece, The University of Tokyo, 2. Ehime University, 3. Chiba Institute of Technology

はやぶさ２は始源的小惑星リュウグウの素性が明らかにしつつある。だが、リュウグウのような炭素に富む小惑星が地球に衝突したときに、地球表層環境の進化にどんな影響を及ぼすかを理解することは容易ではない。この理解には、衝突時に起きる高速現象の理解が本質に重要である。本発表では、大気突入の力学過程と地表に衝突した際に発生する衝突蒸気雲内の高温化学反応過程についてレビューし、小惑星探査の結果が地球などの進化に与える影響を推察する。

キーワード：小惑星探査、超高速衝突、衝突蒸気雲、大気突入物理過程
Keywords: Asteroid missions, Hypervelocity impacts, Impact vapor clouds, Atmospheric entry physics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time-resolved synchrotron X-ray observations of mineral transformations under static pressures: applications to non-equilibrium behaviors in shocked meteorites

*久保 友明[1]、宮原 正明[2]
*Tomoaki Kubo[1], Masaaki Miyahara[2]

1. 九州大学、2. 広島大学
1. Kyushu University, 2. Hiroshima University

High-pressure transformations occur on timescales of ~0.01 to a few seconds in shocked meteorites. Reactions in such short timescales often remain incomplete and/or metastable state, which is usually problematic for the interpretation, but can be good information for shock durations if the kinetics is experimentally known. Here we present some experimental results on curious kinetic behaviors in seifertite and lingunite, those presences in shocked meteorites have been difficult to explain based on phase equilibrium. A conventional method combining multi-anvil high-pressure apparatus with synchrotron white X-ray was routinely used to observe non-equilibrium behaviors and their kinetics in minerals at pressures up to ~30 GPa by collecting time-resolved X-ray diffraction data every 10 sec with energy dispersive method. By using this system, we found that seifertite and lingunite are metastably formed at high pressures from silica and plagioclase, respectively. The problematic presence of these phases in shocked meteorites can be reasonably explained as metastable phases. Extrapolations of kinetic data obtained to shorter timescales at higher temperatures of shock events uniquely constrain the critical shock durations and the size of the impactor. Similar strategy has also been applied to the back-transformation recorded in shocked meteorites. Time-resolved X-ray observations have revealed that some high-pressure phases such as bridgmanite and lingunite do not directly transform to their low-pressure phases, but through the amorphous state. This may explain the presence of amorphous phases with enstatite and plagioclase compositions in shocked meteorites. Our studies demonstrate that the conventional 10-second time-resolved synchrotron X-ray observations under static pressures capture the critical processes of solid-state reactions during shock events. On the other hand, crystallization of high-pressure phases from shock-induced melt is another important process to be solved. Improvement of the system with better time resolution and grain observations by 2D detector are required to detect the rapid melt crystallization processes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ultrafast pump-probe experiemnts for planetary materials using high-power lasers and XFEL

*尾崎 典雅[1]
*Norimasa Ozaki[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

Materials at high pressures and temperatures are of great current interest for warm dense matter (WDM) physics, planetary sciences, and inertial fusion energy research. At the high-energy density (HED) conditions, the micro-structures of material significantly influence the behavior and properties. Ultra-short X-ray pulse, *i.e.*, X-ray free electron laser (XFEL), is a unique and powerful tool to directly observe a structure and to reveal the time scale of the structural change under the dynamic high pressures. Here we present recent experimental results on shock-compressed planetary materials using high-power laser and XFEL.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X線自由電子レーザーで捉える動的過程
Tracking dynamical phenomena with X-ray free-electron lasers

*片山 哲夫[1]
*Tetsuo Katayama[1]

1. 公益財団法人　高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X線自由電子レーザー（XFEL）は、フェムト秒の高強度X線パルスを発生する光源として、従来の放射光では観測することが困難だった高速過程（ダイナミクス）を捉える研究に利用されている。フェムト秒の時間領域では、XFELと同期レーザーと組み合わせた時間分解X線計測によって、原子レベルの時間・空間分解能を併せ持つ「分子動画」[1-3]が可能となった。一方、ナノ秒以上の時間領域であっても、放射光では捉えられなかった不可逆な現象を、XFELの高輝度性を生かしてシングルショットで観測しようという研究[4,5]も展開されている。

本講演では、XFELの光源特性やSACLAにおけるこれらの研究例を紹介し、地球惑星科学におけるXFELの可能性について議論する。

1. T. Katayama *et al.*, submitted.
2. K. H. Kim *et al.*, *Nature* **518**, 385-389 (2015).
3. T. Katayama *et al.*, *Struct. Dyn.* **3**, 034301 (2016).
4. K. H. Kim *et al.*, *Science* **358**, 1589-1593 (2017).
5. E. Nango *et al.*, *Science* **354**, 1552-1557 (2016).

キーワード：X線自由電子レーザー、動的過程
Keywords: X-ray free-electron laser, dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

放射光X線を用いた高速度計測
High speed measurement with synchrotron radiation X-ray.

*上杉 健太朗[1]
*Kentaro Uesugi[1]

1. 公益財団法人高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X線は物質に対する透過力が高く、物質の内部情報を得るためのプローブとして適している。たとえば単純レントゲン像に相当する透過X線強度分布により物質内部の状態観察が可能であるが、さらにそのエネルギースペクトルからは物質による吸収・蛍光スペクトルなどが分かる。また回折像からは、物質の鉱物相を同定することが可能である。

放射光X線は基本的には連続スペクトルを有している。これにより、物質の種類や必要とする情報に応じてX線照射エネルギー（波長）を調整し最適化することが可能となる。大型放射光施設SPring-8などの第三世代以降の放射光施設ではX線の光束密度(photons / sec / mm^2)あるいは輝度(photons / sec / mm^2 / $(mrad)^2$ / 0.1%b.w.)を高めるため、アンジュレーターなどの挿入光源が導入されている。アンジュレーターからの放射光X線とラボ用光源からのX線の輝度を比較すると、最大で10^9倍程度の開きがある。つまりアンジュレーターからはラボ用線源とは比較にならないほどのX線強度(正確には光束密度)が得られ、圧倒的な(時間・空間・エネルギー)分解能を実現できる。

たとえばX線画像計測(X線イメージングとも言う)では、1kHz程度のフレームレートでの観察は十分行えるし、小角散乱計測でも数kHzで昆虫が羽ばたく際の筋肉の運動がその場観察できる。湾曲型の結晶分光器を使うDispersive XAFSという手法ではミリ秒程度でXAFS信号の取得が可能である。これらは様々な非平衡あるいは動的現象を捉えるのに有効である。

講演では放射光X線を利用して実施された高速度計測の事例をいくつか示し、今後どのような地球科学的現象に適用できるか、参加者と議論したい。

キーワード：放射光X線、高速度計測、X線イメージング
Keywords: Synchrotron radiation X-ray, High speed measurement, X-ray imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大容量プレスを活用した動的地球科学研究の開拓：特に液体の高圧放射光X線実験について

Recent advances in high-pressure synchrotron X-ray experiments on magmas under pressure at the beamline 16-BM-B in Advanced Photon Source

*河野 義生[1]
*Yoshio Kono[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University

大容量高圧プレスを用いた高圧実験と組み合わせた放射光X線測定は、地球内部科学研究における最も有用な手法の一つであり、これまで高圧高温条件下における鉱物の相転移、結晶構造、状態方程式、弾性波速度の測定などにより、地球深部の鉱物相や化学組成などの‘静的’な地球内部構造が解明されてきた。一方、地球内部におけるマントル対流やプレートの沈み込み、それに伴う岩石の変形・破壊、また岩石の溶融や生成したマグマの輸送、初期地球のマグマオーシャンにおける液体地球のダイナミクスなど、数多くの‘動的’な地球科学現象を理解することが、地球内部のダイナミクスを解明する上で重要な課題として残されている。特に、岩石の破壊による地震発生現象やマグマの上昇による火山の噴火など、地球内部に端を発する自然災害のメカニズムの物質科学的理解は、地球内部科学のみでなく、社会的にも重要な課題である。このような‘動的’地球科学現象を理解するためには、これまで行われてきた‘静的’な高圧実験とは異なる ‘動的’な高圧実験研究の開拓が必要である。

本発表では、特に液体の高圧放射光X線実験による高圧マグマ研究の開拓について紹介する。マグマは高圧条件下で生成する高圧物質であり、高圧下におけるマグマなどの‘液体’の構造、物性の理解は、地球内部のマグマ活動やそれに関連した地球内部の熱輸送、化学的進化を議論する上で重要な課題である。特に、高圧下におけるマグマの構造変化は、地球内部における鉱物の相転移同様に、最も基礎的で重要な情報であるが、'固体'の高圧実験と比べて'液体'の高圧実験は、実験の困難さによりあまり行われていないのが現状である。最近、我々はアメリカの放射光X線施設Advanced Photon Source (APS)の16-BM-Bビームラインにおいて、液体の構造、物性測定技術の開発を精力的に行ってきた（例えば、Kono et al., 2014, Nature Communications, 5, 5091；Kono et al., 2014, Phys. Earth Planet. Inter., 228, 269-280）。その結果、高圧下においてケイ酸塩メルトは一気圧下と大きく異なる構造を持つことが明らかになり、高圧下におけるケイ酸塩メルトの構造変化がケイ酸塩メルトの密度や粘性に大きく影響を与えることが分かってきた（例えば、Wang et al., 2014, Nature Communications, 5, 3241）。このような高圧下におけるケイ酸塩メルトの構造変化とそれに伴う物性変化は、地球内部におけるマグマの輸送過程などに大きな影響を与え、地球内部のマグマの状態とその輸送を理解する上で非常に重要であると考えられる。本発表では、高圧放射光X線実験による高圧下におけるマグマの構造、物性測定について紹介し、高圧マグマ実験研究の現状と将来の新しい高圧放射光X線実験へ向けた課題を議論する。

キーワード：高圧、マグマ、放射光X線
Keywords: High pressure, Magma, Synchrotron X-ray

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[U-07] 連合の環境・災害への対応―予期せぬ地質災害の衝撃に備える―

コンビーナ:奥村 晃史(広島大学大学院文学研究科)、松本 淳(首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理環境科学専攻)、川畑 大作(国立研究開発法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)、松島 政貴(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、座長:川畑 大作、奥村 晃史(広島大学)

日本地球惑星科学連合は環境災害対応委員会を設置して、地球惑星科学と社会の接点にあって現在最も重要な課題である、環境や災害に関する研究の推進と調整や相次いで発生する自然災害への対応を進めてきた。2011年東北日本太平洋沖地震と津波災害は、空前の規模と広域かつ激甚な被害から、多数の学術団体が共同で調査研究を進めて災害の全貌を明らかにできた。近年多発する大規模な災害に対しても学術団体個別の対応には限界があり，日本地球惑星科学連合のような学際的な連合体の取り組みが不可欠である。本セッションでは、予期されないままに突発して大きな衝撃を与えた最近の地震・火山災害に対する加盟学協会の取り組みについて情報共有をはかり、複数の学協会にまたがる問題に対して実質的な連携を促進する上で連合にどのような体制を築いていくべきかを検討する。

10:45 ~ 10:55

[U07-01] 予期せぬ地質災害の衝撃を緩和する自然災害環境と景観の理解

*奥村 晃史[1] (1.広島大学大学院文学研究科)

10:55 ~ 11:10

[U07-02] 2018年1月23日草津白根山（本白根山）噴火への対応　－気象庁の取組を中心に－

*宮村 淳一[1] (1.気象庁)

11:10 ~ 11:25

[U07-03] 学会行事開催時の非常変災への対応　～日本地質学会年会における事例～

*松田 博貴[1,2] (1.熊本大学、2.日本地質学会)

11:25 ~ 11:40

[U07-04] 2018年北海道胆振東部地震のパルス状地震動解明のための震源域周辺における余震観測および微動アレイ探査

*吉見 雅行[1]、飯山 かほり[2]、盛川 仁[2]、後藤 浩之[3] (1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.東京工業大学、3.京都大学防災研究所)

11:40 ~ 11:55

[U07-05] 地震ハザードマップへの非線形地盤応答の影響

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

11:55 ~ 12:10

[U07-06] 中部ネパールヒマラヤにおける下刻と埋積にともなう地すべり地形発達 -カタストロフィックな斜面災害を知る-

★招待講演

*八木 浩司[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

12:10 ~ 12:15

Discussion

予期せぬ地質災害の衝撃を緩和する自然災害環境と景観の理解
Seismotectonic environments and landscape as keys to mitigate the impacts from unexpected hazards

*奥村 晃史[1]
*Koji Okumura[1]

1. 広島大学大学院文学研究科
1. Graduate School of Letters, Hiroshima University

地震や火山噴火による災害が起きるたびに，研究者の胸に繰り返し湧きあがる問いは，私たちはその災害について何を知っていたのか，そして何を知らなかったか，という問いではないだろうか．そして，たとえ不完全であったとしても，その知識をなぜ被害軽減に生かせなかったのか，という思いである．2018年に大きな衝撃を引き起こした地震の一つ，６月18日大阪府北部地震は有馬-高槻断層帯，生駒断層帯，上町断層帯の会合部近くで発生した．これら３つの断層は多くの不確かさを残しながらも，活動史が解明され将来予測も行われていた．また，震源を特定できない地震の発生は活断層とは別に予測評価をされている．さらに，震源断層の主部の活動がない場合でも，断層末端付近や他の断層との会合部付近にやや小さな地震が起きることは希ではない．人口と産業の集積によって災害への暴露と脆弱性が著しく高まっている大都市の直下型地震への備えるために，われわれが蓄積した知識を効果的に，多くのチャネルを通じて市民に伝えていく必要がある．淀川沿いに広がる低地は地震動を増幅する軟弱な地盤を示し，低地から急にそびえる生駒山地や六甲山地の急斜面は山地を隆起させる断層の存在を示している．日ごと目にする自然環境の中に地震災害のリスクを見て，被害を考えることは災害に対する備えの第一歩となるはずである．一方，９月６日胆振東部地震の震源域は，断層地塁山地と構造盆地が入り組む近畿地方とは異なり，急峻な山地もなく，起伏の小さななだらかな地形から断層運動や斜面災害を想像することは難しい．しかし９月の地震を起こした大地の動きを知らせてくれるのは，震央付近から日高海岸にかけて広がる広々とした海岸段丘の隆起であり，新第三系が作るなだらかな丘陵そのものである．日高地方・胆振東部の海岸線は広域に隆起する一方で，石狩低地帯とその南方延長には沈降域が広がっている．このコントラストは新第三紀末から第四紀の衝突テクトニクスによって形成された．このテクトニクスは現在まで継続していることが推定され，石狩低地帯東縁断層帯の活動も解明が進んでいた．胆振東部の自然景観を地震災害と結び作ることは容易ではないし，大きな被害をもたらした土砂災害を地形から予測することも困難であった．しかし，限られた知識をリスクの認識につなげて災害予測と被害軽減をはかることは重要な課題である．

キーワード：地震地体構造、地質、地形
Keywords: seismotectonics, geology, geomorphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年1月23日草津白根山（本白根山）噴火への対応　ー気象庁の取組を中心にー

Activities related with the eruption at Kusatsu-Shiranesan (Motoshiranesan) volcano on 23 Jan,2018 - Focusing on JMA’s activities -

*宮村 淳一[1]
*Junichi Miyamura[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

我が国は111の活火山を有する世界有数の火山国で、これまで多くの火山災害が繰り返されてきた。しかし、20世紀初頭を最後に大規模噴火が発生しておらず、近年の日本の火山活動は静穏に経過している。

その一方で、2014年御嶽山噴火では火口付近に居合わせた登山客が犠牲となり、戦後最大の火山災害となった。小規模噴火であっても火口近くで遭遇すると大きな災害につながることが噴火災害の特徴の一つである。最近の2018 年 1 月23日草津白根山噴火は、有史以来噴火の記録がなかった本白根山において突然発生し、噴火地点に近いスキー場で人的被害を生じた。

日本火山学会は1932年に火山に関する世界初の学会として設立された。2002年には、火山学に関連する学術調査・研究、普及・啓発及び研究奨励・表彰等の事業を通じて、火山学及びこれに関連のある諸科学の進歩及び普及をはかることを目的に特定非営利活動法人として再設立され、現在に至っている。会員の所属機関は大学・研究機関はもとより、防災対策に当たる自治体・行政機関、防災教育に当たる中・高等学校、民間企業など多岐にわたる。火山学研究を噴火災害の軽減につなげるため、一般市民を対象とした公開講座やシンポジウムを開催するなど、普及啓発にも力を入れている。

本講演では、2018年本白根山噴火に係る各機関の取組について、気象庁の対応を中心に紹介する。

キーワード：日本火山学会、2018年本白根山噴火、気象庁、火山防災対応支援
Keywords: The Volcanological Society of Japan, The 2018 Motoshiranesan Eruption, Japan Meteorological Agency, Support for Activities of Volcanic Disaster Mitigation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

学会行事開催時の非常変災への対応　～日本地質学会年会における事例～
Correspondences to society events at emergency disaster –In case of the Annual Meeting of the Geological Society of Japan -

*松田 博貴[1,2]
*Matsuda Hiroki[1,2]

1. 熊本大学、2. 日本地質学会
1. Kumamoto University, 2. the Geological Society of Japan

近年，台風やゲリラ豪雨による風水害，また予期せぬ地震による地震災害など，多くの自然災害が発生している．日本地質学会では，このような自然災害に対して，地質学の観点からメカニズムや防災・減災に関する学術研究，ならびに社会への教育・啓蒙活動を推進している．また学会行事中の非常変災では，参加者の安全確保と共に秩序立った運営に留意している．しかし実際には，現場での適切な対応が難しい場合もある．本講演では，この数年の学会行事中の非常変災とその対応・課題について紹介し，今後の皆様の一助になればと考える．

日本地質学会は，例年9月開催の学術大会（3日間）において，一般講演・公開シンポジウム・市民講演会を実施すると共に野外巡検・地質情報展などを行い，会員に加え，児童・生徒，市民の皆様の参加をいただいている．この時期は台風シーズンにあり，これまでも悪天候に見舞われたことがあった．特に第120年学術大会（仙台大会；2013年9月14～16日）では，大会最終日に18号台風が東北地方を直撃し，市民講演会は風雨の中での開催，また交通機関の乱れにより学会参加者の帰路に影響が出た．これを受け，学会では2014年7月に「一般公開行事実施の際の警報等発令時及び地震発生時の対応指針」を，さらに2016年1月には「日本地質学会学術大会に関する緊急時対応」を策定したところであった．

第124年学術大会（愛媛大会；2017年9月16～18日）

状況：本大会では，18号台風が四国地方を直撃した．九州南部に上陸した18号台風は，大会2日目17日に四国を横断した後，近畿地方を通過し，18日未明に日本海へと抜けた．

対応： 大会初日（16日），台風接近を受け，行事委員長ほか執行部で協議し，開催校愛媛大学の規則に則り，松山市に暴風警報が発令された場合には大会の一部を中止することとした．16日13時に17日の大会実施の決定時期についてML・HPにより配信し，17日7時に午前の中止を，そして9時30分に17日全行事の中止を発表した．17日発表予定であった学生・院生の口頭発表については，希望者分について18日午前中に特別セッションとして開催した．また中止となった講演の要旨は，今回に限りとして希望者には「台風によりプログラム中止」と明記の上，J-STAGEに公開し引用可能とした．

第125年学術大会（札幌大会；2018年9月5～7日）

＜21号台風＞

状況：21号台風は，大会前日9月4日午前中に関西地方に大きな被害を与えながら通過し，その後，日本海を北上，4日深夜，北海道西岸に達した．4日昼から関西・関東方面の航空便を中心に，交通機関に大きな乱れが生じた．

対応：大会前日，執行部で協議し，大会初日には台風は通過後と判断し，大会実施を予定した．大会初日，会場周辺に被害がないことを確認の上，予定通り大会を開催した（5日午前9時配信）．なお交通機関の乱れによる講演キャンセルについては「緊急時対応」に則り，講演発表取り消しとして扱った．

＜「平成30年北海道胆振東部地震」＞

状況：大会2日目未明（6日午前3時8分），「平成30年北海道胆振東部地震」（M=6.7，最大震度7）が発生し，札幌市内でも震度6弱を観測した．道内全域で大規模停電が発生し，交通機関のほぼすべてが停止し，それは大会3日目まで続いた．

対応：発災直後に執行部に非常呼集がかけられ，6時過ぎに対応を協議した．情報不足の上，復旧目処が不明の中，午前8時に大会2日目プログラム中止を配信した．しかしポスター発表の学生の一部が参集したた

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

め，ポスター発表については実施することとした．大会3日目には，一部通電したものの会場の停電は継続中であり，また交通機関・商業施設の再開の目処が立たないため，すべてのプログラム中止を決定した（7日午前6時30分配信）．中止となった講演の要旨については，愛媛大会に準拠した．

＜「つくば特別大会（12月1～2日）」＞

状況： 2年連続して大会の一部が中止になったことにより，講演中止を余儀なくされた参加者から何らかの対応の声が寄せられた．

対応：学会終了後，直ちに執行部で協議をし，代替大会開催を模索した．9月13日には会員に「代替大会開催についての緊急アンケート」を実施すると共に，代替会場・日程について協議した．その結果，「つくば特別大会」の実施を決定し，10月1日，会員に周知した．特別大会には，300名を超える参加者を得ることができ，代替大会の役目を果たした．

上述のように，台風のように事前に予測ができる場合には万全の対応はとれるが，地震などの場合，「緊急時対応」にはない判断が求められる．また情報伝達法，ならびに参加者の権利や公平性の配慮も必要となる．これらが今後の検討課題である．

キーワード：非常変災対応、台風、地震、日本地質学会
Keywords: correspondence at emergency disaster, typhoon, earthquake, the Geological Society of Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震のパルス状地震動解明のための震源域周辺における余震観測および微動アレイ探査

Aftershock and microtremor array observation around the source area of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*吉見 雅行[1]、飯山 かほり[2]、盛川 仁[2]、後藤 浩之[3]
*Masayuki Yoshimi[1], Kahori Iiyama[2], Hitoshi Morikawa[2], Hiroyuki Goto[3]

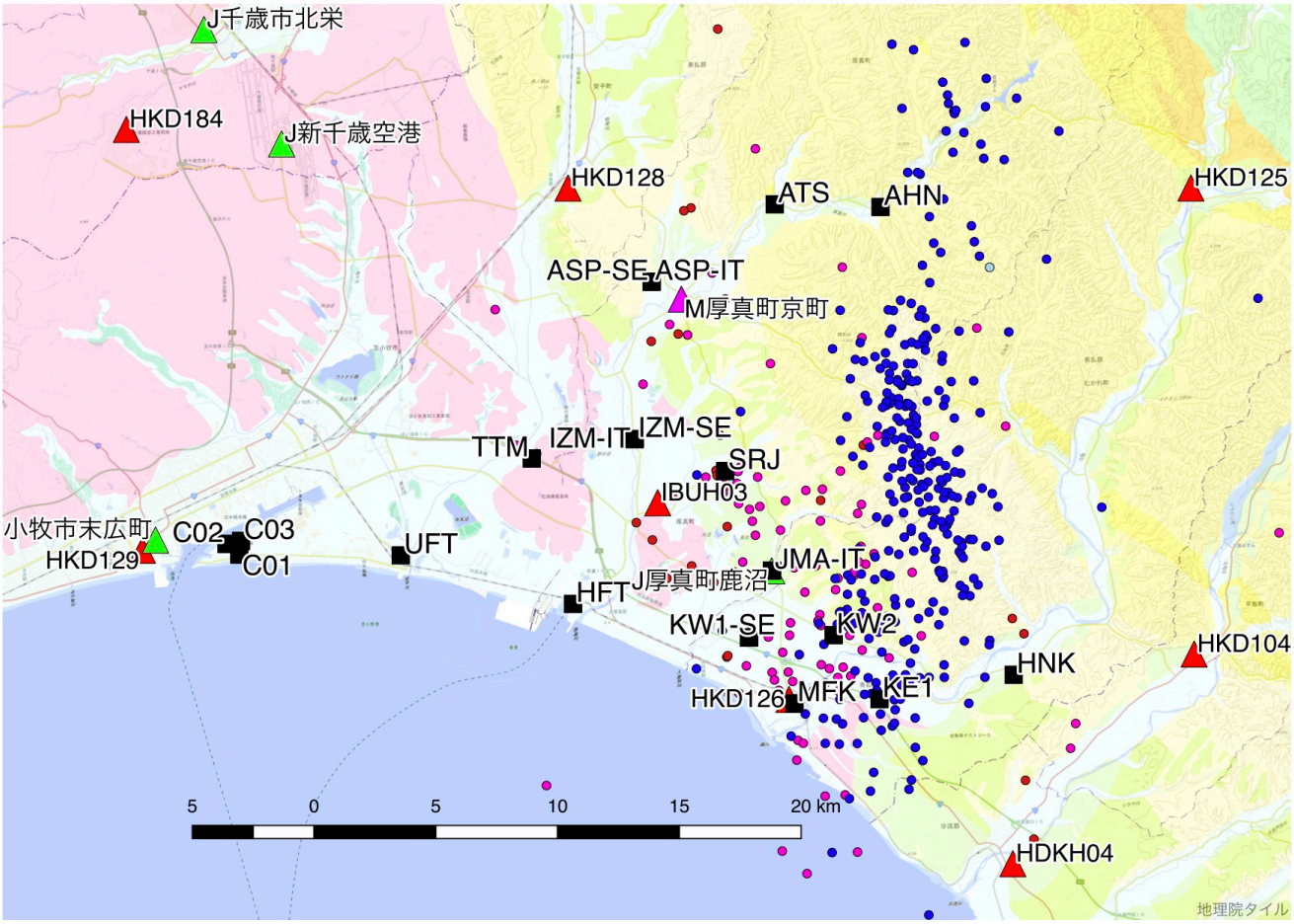
1. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 東京工業大学、3. 京都大学防災研究所
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. DPRI, Kyoto Univ.

2018年9月6日に発生した2018年北海道胆振東部地震（Mw6.6）は、深さ37kmで発生したやや深い内陸地殻内地震である。厚真町鹿沼で計測震度７を観測したほか、計測震度5強以上の領域は震源域周辺から石狩−勇払盆地一帯に広がった。震源域の西に位置する鵡川町、厚真町に位置する地震動観測点（K-NET鵡川、厚真町鹿沼、KiK-net厚真、厚真町京町）では卓越周期1～3秒の明瞭なパルス状の速度波形が観測され、地震動強度を示す応答スペクトルはこの周期帯域で1995年兵庫県南部地震の鷹取駅記録にも匹敵するものであった。やや深いMw6.6の地震で震度７および強いパルス状地震動が発生したメカニズムを解明することが地震防災上大変重要である。

パルス状地震動が観測された地域は石狩一勇払堆積盆の東縁に位置しており、堆積層厚が急変する場所である。震源特性に加え地盤増幅特性の把握が必要であることから、余震観測と余震観測点周辺での微動アレイ探査を実施した。胆振東部地方の定常地震観測点の間を埋め堆積盆の縁を跨ぐように14箇所に地震計を設置し、2018年9月16日～21日（最大期間）に連続観測を実施した。また、微動アレイは2018年10月に半径数mから30 mを標準とし、３成分の速度型微動計で１アレイあたり30分程度の微動観測を実施した。観測期間が短かったこともあり余震観測点で観測された地震は少なく、S/Nが確保できたのは高々20地震程度であったが、観測記録を元に地震波増幅特性を検討した。さらに微動アレイ探査により、震源域周辺の地下速度構造を推定した。

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、強震動、余震観測、微動アレイ探査、地下速度構造、地震動増幅
Keywords: The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, strong ground motion, aftershock observation, microtremor array survey, subsurface velocity structure, site amplification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震ハザードマップへの非線形地盤応答の影響
Effect of non-linear site response on earthquake hazard map

*香川 敬生[1]
*Takao Kagawa[1]

1. 鳥取大学大学院工学研究科
1. Tottori University Graduate School of Engineering

国，自治体レベルで様々な地震ハザードマップが作成・公開されている．その際の地盤増幅として，表層地盤をモデル化した上でサイト固有の非線形地盤応答を考慮することが望ましいが，単純な震度増分で表現されることも多い．これら表層地盤特性のモデル化は，常時微動や地震観測記録（弱震動）で行われることが多く，強震時の剛性低下や減衰の増加による地盤卓越周期の長周期化に十分対応できていない．実際，2016年熊本地震では非線形化による地盤卓越周期と建物の塑性化による固有周期の長周期化が連動し，建物被害を拡大したとの説もある．北海道胆振東部地震の斜面崩壊や宅地の地盤災害のトリガーとしても強震下での地盤の振る舞いが影響したとも考えられており，地震時の地盤災害を考える上でも重要である．地震学において非線形地盤応答が注目されはじめたのは1990年代だが，地震工学・地盤工学の分野では1970年代にはその影響を評価する手法（プログラムSHAKE）が提案されている．一方，常時微動や地震波干渉法，拡散波動場理論など地震学的アプローチによる新たな地下構造モデルの構築法も進展している．地球惑星科学の枠組みを越えた，これら諸分野との共同研究により，強震時の地盤応答を地震ハザードマップに反映させるための取り組みが求められている．

キーワード：非線形地盤応答、地震ハザードマップ、分野横断共同研究
Keywords: Non-linear site response, Earthquake hazard map, Joint study across research fields

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中部ネパールヒマラヤにおける下刻と埋積にともなう地すべり地形発達 -カタストロフィックな斜面災害を知る-
Evolution of catastrofic landslides due to rapid valley incision and filling since Last Glacial Age in central Nepal Himalayas

*八木 浩司[1]
*Hiroshi YAGI[1]

1. 山形大学地域教育文化学部
1. Faculty of Art, Science and Education, Yamagata University

地すべりを山地内の重要な地形形成営力と捉える研究も多く進められてきた(防災科研, 1982 ほか多数，日本地すべり学会東北支部, 1992).それらは地すべり現象が河川による浸食よりもより面的であり、土砂供給の点で重要であることを明らかにした。しかし後者には編年情報が少なく、炭素年代試料から後氷期の湿潤化に対応したものとしたものも、大きな地すべり地内のどの移動体から採取されたなどの議論がなされていないなど、気候変化との関連づけには大きな議論の余地が残されていた。近年，苅谷(2014)などによる大規模地すべりの編年資料が蓄積しつつあるが，流域の地形発達という観点での議論はまだ少ない状況ではなかろうか.

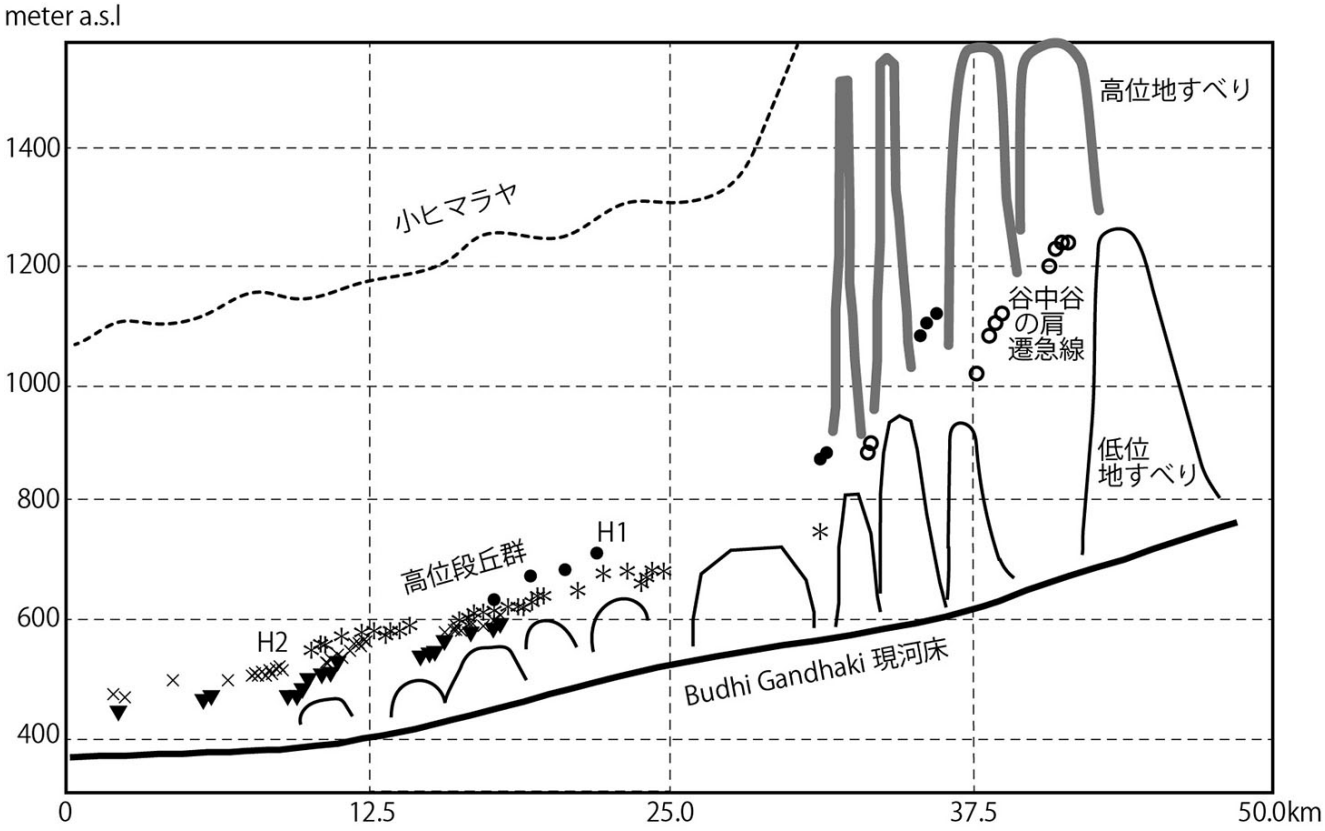
ここでは，演者が行ってきたネパール・大ヒマラヤ山麓～小ヒマラヤ帯における地すべり発達を河谷沿いに発達する河成段丘分布および編年を関連づけながら，急速な下刻･埋積そして更なる下刻の繰り返しによって発生している地変について報告する.

ネパール中部・マナスル山塊切るBudhi Gandhaki川が小ヒマラヤに流れこむ山麓Arghat付近には，現河床から比高150-170m程度の位置に赤色化した土層を載せる高位段丘群が広く発達する．高位段丘群のうちH2としたこの地域で最も広く発達するものは，OSL年代から2万年前頃の形成と考えられ，谷底から段丘頂部まで土石流性堆積物を含む礫質堆積物から構成される．Arghatから上流側には段丘面群は断片的に残存するが，さらに上流側には谷中谷が発達しその遷急線は，投影断面図上で高位段丘群にほぼ連続する(図１).

本地域にも地すべり地形は多数発達するが，変位が谷中谷の肩を挟んでその上位だけで止まっているもの(ここでは高位地すべりと称する)も見受けられる．一部では，高位段丘の背後に高位地すべりが見られるものの，段丘そのものは変位を受けていないものもある．従って，高位地すべりは高位段丘群の深い谷を掘り込んだ時期に活発に活動したが，その後の谷の埋積後（高位段丘礫層の流入後）安定化した．そしてさらなる下刻に伴い，現在河床に沿った位置で新たなすべり面を形成し活動しているものが多いと考えられる.
このように，ヒマラヤ山麓地域では最終氷期以降，数万年の時間オーダーで急激な下刻や埋積そして更なる下刻が繰り返され，それに伴う斜面の不安定化にともなう斜面変動も発生している．高位地すべりについても，現在安定率が平衡して動きが停止しているようなものもある．しかし，谷中谷の遷急線付近では重力性のクリープ変形を呈しているものも少なからず，地震や豪雨に伴っても再活動推察される．その際もっとも危惧される地変は，Budhi Gandhaki本線の河道閉塞であり，その決壊･土石流である．西側のマルシャンディ川では小ヒマラヤ内を30km以上流下した厚さ50m以上の4千年頃の土石流堆積物も認められる.
さまざまな時間スケールで発生している重力性斜面変形や近年の気候変化の複合現象として，予想を超えたカタストロフィックな斜面災害が今後も発生する可能性を，我々は記憶しておくべきであろう.

キーワード：ネパール小ヒマラヤ帯、急速な下刻と埋積、斜面不安定化、谷中谷、最終氷期
Keywords: Nepal Lessor Himalaya, rapid valley incision & valley filling, destabilization of valley slope, inner gorge, last glacial age

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)

Recent planetary explorations have revealed that almost all solid bodies in the solar system are covered with small particles, called regolith. The surface geology, especially regolith behavior on the surfaces of solid bodies, becomes increasingly more important as represented by Hayabusa mission and other on-going and planned sample-return missions such as Hayabusa2, OSIRIS-REx, and MMX.

For fully understanding the regolith science, it is required to know and compare the regolith conditions on various celestial bodies, from asteroids to planets, with various methods.

Therefore, this session welcomes broad topics related to regolith on various celestial bodies, such as asteroids, comets, the Moon, the martian moons, Mars, etc. Papers on the formation, evolution, and alteration processes of regolith particles and regolith systems on the surface of planetary bodies, remote and in-situ observational results and techniques, analyses and results of returned samples, and laboratory, numerical, and theoretical studies on the fundamental physical and chemical processes are all welcome.

Note that what we call regolith is not just fine grains: all kinds of materials (more or less loose) that lie on the surface, from cobbles to finer grains, are our targets.

[PPS02-P01] 隕石及び鉱物粒子の摩耗実験：摩耗速度の粒子サイズ、振動速度依存性とイトカワや月レゴリス粒子への応用

*山口 裕貴[1]、土山 明[1]、中村 昭子[2] (1.国立大学法人京都大学、2.国立大学法人神戸大学)

[PPS02-P02] 遠心法を用いた隕石粉の付着力測定

*長足 友哉[1]、中村 昭子[1] (1.神戸大学)

[PPS02-P03] Laboratory impact penetration experiments conducted at simulated reduced gravity

*中村 昭子[1]、森園 佳奈[2]、長足 友哉[1] (1.神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.神戸大学理学部)

[PPS02-P04] MARAUDERS: Using instrumented nano-impactors to probe the icy properties of Lunar permanently shadowed regions

*Ronald Ballouz[1]、Sarah T Crites[2]、Naoya Ozaki[2]、Shun Arahata[3]、Nicola Baresi[2]、Ralf Bolden、Onur Celik[4,2]、Yu Himeno[3]、Lucie Riu[2]、Kevin J Walsh[5] (1.Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan、3.University of Tokyo, Tokyo, Japan、4.Sokendai Graduate University, Japan、5.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA)

[PPS02-P05] Surface size-frequency distribution of accumulating boulders using discrete element simulations of spherical particles in 3D

*菊地 紘[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

[PPS02-P06] Experimental Study to Determine the Best Compression Ratio of High-Resolution Images of Small Bodies for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission

*清水 雄太[1]、上吉原 弘明[1]、新原 隆史[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

隕石及び鉱物粒子の摩耗実験：摩耗速度の粒子サイズ、振動速度依存性とイトカワや月レゴリス粒子への応用

Abrasion experiments of mineral and meteorite grains: Dependence of particle size and vibration rate on abrasion rate and its application to Itokawa and lunar regolith particles.

*山口 裕貴[1]、土山 明[1]、中村 昭子[2]
*Hirotaka Yamaguchi[1], Akira Tsuchiyama[1], Akiko Nakamura[2]

1. 国立大学法人京都大学、2. 国立大学法人神戸大学
1. National University Corporation, Kyoto University, 2. National University Corporation,Kobe University

小惑星イトカワ［1］や月［2］の表面から持ち帰ったレゴリス粒子にエッジの丸い粒子が見出されている。水などの流体が存在しない天体における粒子の摩耗では、機械的な運動により粒子同士が擦れ合うことが必要であり、現在考えられている小惑星イトカワの摩耗プロセスは、隕石衝突による地震波［1］やYORP効果［3］が考えられている。しかし実際にこれらの現象が天体表面の粒子をどの程度摩耗させるのかよく分かっていない。

イトカワなどの天体における摩耗現象を詳細に理解するため、我々は、これまでにさまざまな粒子サンプル（大きさが1 –2 mm）を用いた摩耗実験を行なってきた［4］。用いたサンプルは、鉱物粒子として石英、カンラン石、コランダム、岩石粒子として大理石、隕石粒子としてL5コンドライト隕石（Sayh al Uhaymir 001）、CMコンドライト隕石（Murchison）である。それぞれ粒子を10 mLの容器に充填率が50 %になるように入れ、マルチビーズショッカー（安井器械株式会社）を用いて振動速度が1000-3000 rpmの範囲で振動させた。このとき250μm未満の粒子を粉とみなし、1分間の摩耗実験で出た粉の質量を初期質量で規格化した値ΔP_1を摩耗量と定義し、ΔP_1の振動速度やサンプル強度依存性を明らかにした。しかしながら、実験に使用された粒子サイズは1-2 mmであり、数100μmあるイトカワ粒子より大きい。また用いた振動速度（1000-3000 rpm）は、天体表面に隕石が衝突したとき生じる地震加速度［5］から見積もった天体に対応する振動速度（イトカワで~100 rpm、月で~700 rpm）よりも大きい。このため本研究では、イトカワなどの天体における摩耗現象のより深い議論をすることを目的として、［4］と同様の実験装置、実験手順により、粒子サイズや振動速度などのパラメータを変えた実験を行った。本研究では主に石英、カンラン石、そして新しく玄武岩の粒子サンプルを用いて、（実験1）容器の充填率を変えた実験、（実験2）粒子サイズを変えた実験、（実験3）粒子サイズの異なる粒子を混合させた実験、（実験4）振動速度が1000 rpm以下での実験を行なった。新たに玄武岩を用いたのは、実際の天体構成物に類似した岩石粒子の摩耗挙動を求めるためである。

摩耗実験を行なった結果、容器への充填率が2/3のときが最も摩耗したが、その他の充填率では摩耗量ΔP_1はほぼ一定となった（実験1）。さらに、ΔP_1は粒子サイズに比例することが（実験2）、大きな粒子の混合比が25 %以上ではΔP_1は大きい粒子のみのΔP_1にほぼ等しくなることが（実験3）わかった。一方、振動数が1000 rpm以上の時には、ΔP_1は振動数の冪（冪数：1.1~2.9）に比例して大きくなることがわかっていたが[4]、1000 rpm以下では冪数が0.67~0.77と小さくなることがわかった（実験4）。この結果は、1000 rpmあたりを境に摩耗のモードが異なっていることを示している。摩耗モードについて議論するために、摩耗実験で生成された粉のSEM観察を新たに行い、粉体粒子形状の違いを考察した結果、100 rpmあたりの低振動速度では粒子のエッジの欠け（chipping）が起き、振動速度が大きくなるにつれて次第に粒子表面のすり減り（gradual wearing）の割合が増加すると考えられることが分かった。

今回の実験をもとにして、隕石衝突時、天体表面に生じる加速度によってレゴリス粒子がどの程度摩耗する

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

のかを考察した結果、イトカワに対応する振動速度~100 rpmでのカンラン石の摩耗量ΔP_1は約~0.1 %、月に対応する振動速度~700 rpmでの玄武岩の摩耗量ΔP_1は約~1 %となる。これにイトカワ粒子や月粒子が数100 μmサイズであることを考慮すれば、実験2の結果よりイトカワでのΔP_1は~0.01 %、月でのΔP_1は~0.1 %となる。この結果は［4］に比べ、摩耗量ΔP_1が1オーダ大きくなった。これらから月では摩耗は可能であり、イトカワでも摩耗は起こる可能性があることが示唆される。しかし本研究は1分間の摩耗量で議論しており、より実際の天体表面に近い条件で比較、議論する必要がある。

［1］Tsuchiyama et al. (2011).Science,333,1125-1128

［2］Sakurama et al. (2016).JpGU,Abstract,PPS03-13

［3］Connolly et al. (2015).Earth Planet and Space,67:12

［4］Tsuchiyama et al. (2018).LPSC,Abstract#1844

［5］Yasui et al. (2015).Icarus,260,320-331

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

遠心法を用いた隕石粉の付着力測定
Measurements of adhesive force of meteorite powders using centrifugal method

*長足 友哉[1]、中村 昭子[1]
*Yuuya Nagaashi[1], Akiko Nakamura[1]

1. 神戸大学
1. Kobe University

Introduction: Layer of fine particles in the laboratory shows fluffy structure owing to interparticle force (e.g., Kiuchi and Nakamura, 2014). On small bodies, interparticle forces are thought to be dominant compared to gravitational force for small particles. Fast rotators spin in excess of what gravity alone could hold together were shown to be explained by cohesive force between constituent particles (Sánchez & Scheeres, 2016). Measurements of cohesive force between micron-size spherical silica particles using an atomic force microscope cantilever (Heim et al., 1999) showed that the results agree with predictions of the JKR model (Johnson et al., 1971). On the other hand, measurements of cohesive force between 50 or 100 μm glass beads and a glass plate using centrifugal method showed that the results are by several orders of magnitude smaller than predictions of the JKR theory (Nagaashi et al., 2018). In addition, it was also shown that ~ 70 μm irregularly-shaped silica and alumina grains have the range of adhesive force similar to the glass beads, indicating that the adhesive force of the spherical and the irregular particles used in the measurement is dependent not on the macroscopic shape but on the microscopic surface roughness. However, it is not clear whether the adhesive force of the particles that actually form the asteroids is similar to those of silica grains. Measurements of adhesive force of meteorite powders will bring important knowledge of adhesive force of the asteroid-forming particles for understanding physical processes occurring on asteroids.

Experimental method: In this study, we used centrifugal method as in our previous study (Nagaashi et al., 2018) in order to measure cohesive or adhesive force between a particle and a plate. This method can directly measure the cohesive or adhesive force of many particles at the same time, which enables us to statistically analyze the results. Additionally, it can also deal with irregularly shaped particles. The measurements were conducted for carbonaceous chondrite (CV3: Allende, CM2: Murchison), ordinary chondrite (LL3.5: NWA 539, LL5: NWA 1794, LL6: NWA 542), and Eucrite (Millbillillie) powders of median diameter ~ 50 μm. We discretely increased the centrifugal acceleration from 10g to 5000g (g: the Earth's gravitational acceleration) and took optical microscope images of the same location of the plate before and after applying centrifugal force at each centrifugal acceleration. We determined the range of centrifugal acceleration within which the particle separated from the plate based on the microscope images and estimated the cohesive or adhesive force between the particle and the plate. More detail description of the procedure is described in Nagaashi et al. (2018).

Results: As compared with the JKR adhesion force $F_{ad} = 3\pi\gamma R$ (γ: surface energy, R: reduced radius of particle) for a spherical particle of silica composition, we calculated the effective surface energy of particles which reproduces the measurement value, and compared the results of each type of meteorite powders. Similar to the previous results described in the above (Nagaashi et al., 2018), the measurements of meteorite powders showed a wide range of adhesive force distributions over several orders of magnitude for all measured meteorite types. In addition, we found that the effective surface energy of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Allende and Murchison meteorite particles were several times smaller than those for the particles of the other meteorite types. There is no difference in the axial ratio of each type of meteorite powders, and therefore this is likely due to differences in material composition or micro-topography of the particles.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laboratory impact penetration experiments conducted at simulated reduced gravity

*中村 昭子[1]、森園 佳奈[2]、長足 友哉[1]
*Akiko Nakamura[1], Kana Morizono[2], Yuuya Nagaashi[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. 神戸大学理学部
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Faculty of Science, Kobe University

Small bodies are covered with a layer of regolith made up of particles of various sizes. It is important to understand the interactions that occur with surface regolith when a spacecraft lands on or when a block secondarily collide with the regolith layer at low velocity. Penetration depth of an impactor in granular layer was investigated under Earth’ s gravity and an empirical relationship between the drop height and penetration depth was shown to reproduce the experimental results for various granular materials (Uehara et al., 2013). Deceleration of spherical impactor in granular layer was experimentally and theoretically investigated and deceleration formulae were proposed (Katsuragi and Durian 2007, Nakamura et al., 2013; Katsuragi and Durian 2013). On the other hand, interactions of spheres with simulated regolith have been studied at reduced gravity and micro-gravity conditions (Murdoch et al., 2016; Brisset et al., 2018). However, more data of penetration depth of impactor are required to establish quantitative understanding of the penetration process in regolith under low gravity.

We conducted laboratory low-velocity impact experiments of a sphere into granular layer at reduced gravity. Impactor was a glass sphere with a diameter of 16.7 mm and granular layer consisted of glass beads with a diameter of 1 mm. The glass beads were packed in a bucket having a diameter of 15 cm and a depth of 15 cm. The bucket was hung with three constant load springs. The bucket was fixed with two electromagnets, and when the electromagnet was switched off, it dropped vertically downward with the gravity reduced. The simulated reduced gravity level was monitored by an accelerometer placed in a bucket and found to be on average 0.26 G. A plastic straw with horizontal line drawing was glued to the glass sphere. The glass sphere collided with the glass bead layer at a relative velocity between 2 and 4 ms $^{-1}$. The penetration process of the glass sphere with the straw was imaged at 240 fps by a camera attached to the bucket. The final depth of the glass sphere was found to be systematically deeper than the depth found in the experiment conducted at 1 G.

キーワード：レゴリス、低重力、衝突
Keywords: regolith, low gravity, impact

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MARAUDERS: Using instrumented nano-impactors to probe the icy properties of Lunar permanently shadowed regions

*Ronald Ballouz[1], Sarah T Crites[2], Naoya Ozaki[2], Shun Arahata[3], Nicola Baresi[2], Ralf Bolden, Onur Celik[4,2], Yu Himeno[3], Lucie Riu[2], Kevin J Walsh[5]

1. Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan, 3. University of Tokyo, Tokyo, Japan, 4. Sokendai Graduate University, Japan, 5. Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA

The Mini lAndeRs And boUncers Deployed for Exploration and Regolith Science (MARAUDERS) is a small satellite concept that aims to characterize the surface and volatile properties of regolith in permanently shadowed regions (PSRs) around the Moon’ s poles. Large PSRs are cold enough to trap scientifically and economically valuable volatiles such as water ice. However, despite ongoing studies, the distribution, abundance, and physical phase of volatiles at the Moon’ s poles remains elusive [1]. *In-situ* measurements are required to conclusively determine the geotechnical and physical properties of lunar polar volatiles. To address these needs, the MARAUDERS team is currently developing a technique using instrumented nano-impactors to determine the mechanical properties of regolith at the impact point.

Small spacecraft equipped with penetrators or inertial measurement units (IMU) can characterize the strength and structure of the planetary surface that they impact. Early space exploration used penetrometers to determine the surface properties of the Moon and Mars before the arrival of astronauts and rovers. In recent decades, spacecraft equipped with IMUs characterized the surface of Titan [1], and determined the sub-surface stratification of ice and rock on the comet 67P/C-G [2]. While this technique is unable to relay the detailed mineralogical and elemental composition at the impact point, it obtains a first-order structural knowledge of potentially hazardous surfaces and sub-surfaces that cannot be obtained through remote sensing. This is highly relevant for PSRs due to extreme environmental conditions such as the lack of solar illumination, cold temperatures, and challenging communications.

Here, we present preliminary analysis on the instrument capabilities based on the potential deployment scenarios to PSRs, and the possible mechanical properties of the regolith found within these regions (Fig. 1). We present a computational study of the varying response of an instrumented impactor impacting regolith with variable i) water ice content (0-10%), ii) impactor speeds (50-250 m/s], and iii) impact angles (45-90˚), using a discrete element method code [4]. Furthermore, we analyse the ejecta properties and resulting crater morphology in order to gain a better understanding of impact processes on icy bodies. Our next steps will be to conduct laboratory impact experiments using prototypes of our instrumented impactors to calibrate the impact response on lunar simulant with variable water-ice content.

References:

1. Lorenz, R. et al. (1994) Meas. Sci. Technol. 5, 1033-1041

2. Biele, J. et al. (2016), Science, 349, 6247.

3. Holsapple, K.A. (1994) LPSC 25, 559.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4. Richardson, D.C. et al. (2011) Icarus, 212, 427–437.

Acknowledgements:

This material is based upon work supported by ISAS/JAXA’s start-up fund for international collaborations, the Aerospace Project Research Associate Program, and the International Top Young Fellow Program.

Keywords: Moon, Permanently Shadowed Regions, Volatiles, Regolith Characterization

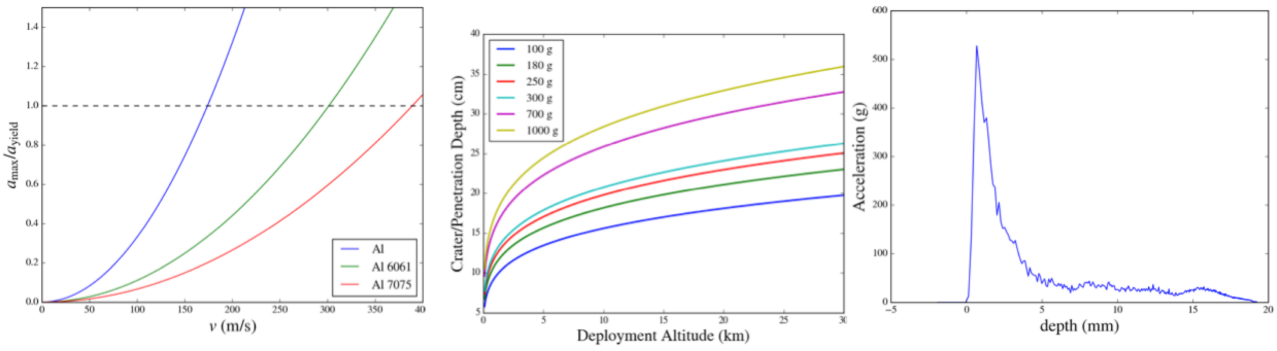


Fig. 1. Preliminary analysis showing shock tolerance, penetration depth, and instrument response for different instrument designs and impact speeds. Left: Maximum shock tolerance before material failure for three different aluminum alloy instrument housings. An Al-7075 housing can withstand impact speeds greater than 350 m/s. Middle: Penetrations depths for a 250 m/s impact for different impactor masses (100 - 1000 grams). For a nominal impactor mass of 180 g, a deployment from 15 km from the lunar surface results in a penetration depth of < 20 cm (based on [3]). Right: Simulated response of a 180 g impactor using a particle dynamics simulation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Surface size-frequency distribution of accumulating boulders using discrete element simulations of spherical particles in 3D

*菊地 紘[1]、宮本 英昭[1]
*Hiroshi Kikuchi[1], Hideaki Miyamoto[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

Several spacecraft have revealed new detail about small bodies such as asteroids, comets, and small satellites. Images from Hayabusa, Hayabusa2, and OSIRIS-REx showed more boulders on the surfaces than originally expected. Owing to the high resolution at which images were taken, a number of boulders could often be observed in clusters. In future explorations, because we expect to observe more cases of boulder-rich surfaces, the characterization of the size-frequency distribution (SFD) will be important especially for the missions involving a lander such as MMX. Basically, measuring the SFD of boulders on a surface is expected to represent that of the interior. However, considering that surface boulders can hide the underlying boulder, it is not clear that the SFD in a volume can adequately be represented by its surface. Therefore, in this work, we focus on how accumulating boulders with a known SFD appear from above.
In order to compare the SFD on a surface with that of a volume, the initial SFD has to be known. For the initial study, numerical simulations are convenient, because they can easily prepare the suitable conditions. In the previous studies, spherical boulders were randomly distributed in three-dimensional space, and only those on the surface were automatically extracted and measured (Tancredi et al., 2015). It was found that the particle distribution on the surface well reproduces the overall particle distribution. We consider that there is room for improvement in the arrangement of particles and the measurement of particles. Thus, we implement a three-dimensional discrete element method using rigid spherical particles to simulate the accumulation of a boulder-rich regolith. We then measure particles one by one manually when viewed from above the surface. For initial conditions, we set the size and the number of boulders randomly as specified by the power law index of -3. During a simulation, particles are not initially adjacent to each other and are instead dropped from the height of 30 m above the 54 x 54 m planar surface. The total number of particles is changed from 3000 to 7000 in 1000 increments. After the simulation, the size and number of the particles are measured manually when viewing the surface from the vertical direction. Then we refer to Clauset et al. (2009) for fitting and evaluating the data using the p-value metric.
We find that the power law index of the SFD is low when the number of particles is 3000. This may be because the larger particles are not buried in the smaller particles, resulting in only the number of smaller particles being reduced when viewed from above. When the total number is 4000 or more in a volume and p-value is high, the surface power law index from the multiple simulations is consistent with the specified value of -3 for some cases.
The SFD observed on the surface corresponds to the SFD in the interior of the body for the following conditions: the thickness of the deposited particles is larger than the largest particle and the p-value is high. For more detailed analyses, investigating the effects of the number of simulations, the complicated shapes of boulders, and parameter studies are needed. In addition, for a deeper understanding of the problem, experiments in a similar condition to the airless bodies using simulated regolith particles such as UTPS-TB and UTPS-IB (Miyamoto et al., 2018) are also required.

キーワード：個別要素法、ボルダーのサイズ頻度分布、小天体の内部

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Discrete element method, Boulder size-frequency distribution, Interior of small bodies

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental Study to Determine the Best Compression Ratio of High-Resolution Images of Small Bodies for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission

*清水 雄太[1]、上吉原 弘明[1]、新原 隆史[1]、宮本 英昭[1]
*Yuta Shimizu[1], Hiroaki Kamiyoshihara[1], Takafumi Niihara[1], Hideaki Miyamoto[1]

1. 東京大学
1. University of Tokyo

Data transmission rate becomes one of the biggest limiting factors in space explorations; technological advance in increasing pixel numbers of camera images dominates the improvement of the data transmission rate. Yet, high demand exists for high-resolution images especially in geological studies, and thus there is a tradeoff between the spatial resolutions (or pixel numbers) and the number of images to be transmitted to Earth. The telecommunications issue is critical for Martian Moons eXploration (MMX) mission that explore either/both Phobos and Deimos and return samples. Especially, timely transmission of high-resolution images is required for the selection of sampling site both in terms of scientific impacts and of the landing safety. The highest image resolution of the current camera configuration is as good as several tens of centimeters per pixel and the size of image is 3296 x 2472 pixels, which means 7 color (3 bands) images can be up to 1 GB if no compression is considered. During the landing phase, such large data have to be sent at the limited bitrate (< 32 kbps) to select landing and sampling sites, while the landing duration is about 4 hours. Thus, considering the best compression scheme of images is a big issue for landing operation. Lossy compression can significantly reduce the sizes of images, though images can be scientifically worthless when compressed too much. The best compression ratio should make the sizes of images as small as possible without losing scientific importance.

Here, we develop a method of rapidly determining the best compression ratio of high-resolution images of the surface of small bodies. For preparing the image studied in this research, we take an experimental scheme, where we develop a simulated Phobos surface by using a high-quality simulant of Phobos regolith (UTPS-TB) and take simulated images of the surface of Phobos in somehow similar condition with the camera of the MMX mission. The images are compressed by JPEG2000, which is planned to be used in MMX mission, and the influence of the compression is analyzed by objective methods such as Structural SIMilarity (SSIM) and entropy of image. The results shows that they are able to rapidly detect the exact ratio, in which the quality of the images started to be diminished.

Moreover, by defining scientific value of images as detectability of rock gravel on the surface of celestial bodies and showing that the loss of scientific value can be expressed by the change in the value of slope of Cumulative Size-Frequency Distribution (CSFD) of gravel, we carefully confirm whether the decrease in the image quality is truly connected with the loss of scientific information such as for landing operations and conclude that those objective methods can determine the best compression ratio. By using those methods, the spacecraft can autonomously complete the process of finding the best compression ratio, compressing images and sending it to the ground within a few minutes even if it has only a limited transmission rate.

キーワード：最適圧縮率、累積サイズ頻度分布、火星衛星探査計画 (MMX)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the best compression ratio, Cumulative Size-Frequency Distribution (CSFD), Martian Moons eXploration (MMX)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)

Recent planetary explorations have revealed that almost all solid bodies in the solar system are covered with small particles, called regolith. The surface geology, especially regolith behavior on the surfaces of solid bodies, becomes increasingly more important as represented by Hayabusa mission and other on-going and planned sample-return missions such as Hayabusa2, OSIRIS-REx, and MMX.

For fully understanding the regolith science, it is required to know and compare the regolith conditions on various celestial bodies, from asteroids to planets, with various methods.

Therefore, this session welcomes broad topics related to regolith on various celestial bodies, such as asteroids, comets, the Moon, the martian moons, Mars, etc. Papers on the formation, evolution, and alteration processes of regolith particles and regolith systems on the surface of planetary bodies, remote and in-situ observational results and techniques, analyses and results of returned samples, and laboratory, numerical, and theoretical studies on the fundamental physical and chemical processes are all welcome.

Note that what we call regolith is not just fine grains: all kinds of materials (more or less loose) that lie on the surface, from cobbles to finer grains, are our targets.

[PPS02-P01] 隕石及び鉱物粒子の摩耗実験：摩耗速度の粒子サイズ、振動速度依存性とイトカワや月レゴリス粒子への応用

*山口 裕貴[1]、土山 明[1]、中村 昭子[2] (1.国立大学法人京都大学、2.国立大学法人神戸大学)

[PPS02-P02] 遠心法を用いた隕石粉の付着力測定

*長足 友哉[1]、中村 昭子[1] (1.神戸大学)

[PPS02-P03] Laboratory impact penetration experiments conducted at simulated reduced gravity

*中村 昭子[1]、森園 佳奈[2]、長足 友哉[1] (1.神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.神戸大学理学部)

[PPS02-P04] MARAUDERS: Using instrumented nano-impactors to probe the icy properties of Lunar permanently shadowed regions

*Ronald Ballouz[1]、Sarah T Crites[2]、Naoya Ozaki[2]、Shun Arahata[3]、Nicola Baresi[2]、Ralf Bolden、Onur Celik[4,2]、Yu Himeno[3]、Lucie Riu[2]、Kevin J Walsh[5] (1.Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan、3.University of Tokyo, Tokyo, Japan、4.Sokendai Graduate University, Japan、5.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA)

[PPS02-P05] Surface size-frequency distribution of accumulating boulders using discrete element simulations of spherical particles in 3D

*菊地 紘[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

[PPS02-P06] Experimental Study to Determine the Best Compression Ratio of High-Resolution Images of Small Bodies for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission

*清水 雄太[1]、上吉原 弘明[1]、新原 隆史[1]、宮本 英昭[1] (1.東京大学)

隕石及び鉱物粒子の摩耗実験：摩耗速度の粒子サイズ、振動速度依存性とイトカワや月レゴリス粒子への応用

Abrasion experiments of mineral and meteorite grains: Dependence of particle size and vibration rate on abrasion rate and its application to Itokawa and lunar regolith particles.

*山口 裕貴[1]、土山 明[1]、中村 昭子[2]
*Hirotaka Yamaguchi[1], Akira Tsuchiyama[1], Akiko Nakamura[2]

1. 国立大学法人京都大学、2. 国立大学法人神戸大学
1. National University Corporation, Kyoto University, 2. National University Corporation,Kobe University

小惑星イトカワ［1］や月［2］の表面から持ち帰ったレゴリス粒子にエッジの丸い粒子が見出されている。水などの流体が存在しない天体における粒子の摩耗では、機械的な運動により粒子同士が擦れ合うことが必要であり、現在考えられている小惑星イトカワの摩耗プロセスは、隕石衝突による地震波［1］やYORP効果［3］が考えられている。しかし実際にこれらの現象が天体表面の粒子をどの程度摩耗させるのかよく分かっていない。

イトカワなどの天体における摩耗現象を詳細に理解するため、我々は、これまでにさまざまな粒子サンプル（大きさが1 –2 mm）を用いた摩耗実験を行なってきた［4］。用いたサンプルは、鉱物粒子として石英、カンラン石、コランダム、岩石粒子として大理石、隕石粒子としてL5コンドライト隕石（Sayh al Uhaymir 001）、CMコンドライト隕石（Murchison）である。それぞれ粒子を10 mLの容器に充填率が50 %になるように入れ、マルチビーズショッカー（安井器械株式会社）を用いて振動速度が1000-3000 rpmの範囲で振動させた。このとき250μm未満の粒子を粉とみなし、1分間の摩耗実験で出た粉の質量を初期質量で規格化した値ΔP_1を摩耗量と定義し、ΔP_1の振動速度やサンプル強度依存性を明らかにした。しかしながら、実験に使用された粒子サイズは1-2 mmであり、数100μmあるイトカワ粒子より大きい。また用いた振動速度（1000-3000 rpm）は、天体表面に隕石が衝突したとき生じる地震加速度［5］から見積もった天体に対応する振動速度（イトカワで~100 rpm、月で~700 rpm）よりも大きい。このため本研究では、イトカワなどの天体における摩耗現象のより深い議論をすることを目的として、［4］と同様の実験装置、実験手順により、粒子サイズや振動速度などのパラメータを変えた実験を行った。本研究では主に石英、カンラン石、そして新しく玄武岩の粒子サンプルを用いて、（実験1）容器の充填率を変えた実験、（実験2）粒子サイズを変えた実験、（実験3）粒子サイズの異なる粒子を混合させた実験、（実験4）振動速度が1000 rpm以下での実験を行なった。新たに玄武岩を用いたのは、実際の天体構成物に類似した岩石粒子の摩耗挙動を求めるためである。

摩耗実験を行なった結果、容器への充填率が2/3のときが最も摩耗したが、その他の充填率では摩耗量ΔP_1はほぼ一定となった（実験1）。さらに、ΔP_1は粒子サイズに比例することが（実験2）、大きな粒子の混合比が25 %以上ではΔP_1は大きい粒子のみのΔP_1にほぼ等しくなることが（実験3）わかった。一方、振動数が1000 rpm以上の時には、ΔP_1は振動数の冪（冪数：1.1~2.9）に比例して大きくなることがわかっていたが[4]、1000 rpm以下では冪数が0.67~0.77と小さくなることがわかった（実験4）。この結果は、1000 rpmあたりを境に摩耗のモードが異なっていることを示している。摩耗モードについて議論するために、摩耗実験で生成された粉のSEM観察を新たに行い、粉体粒子形状の違いを考察した結果、100 rpmあたりの低振動速度では粒子のエッジの欠け（chipping）が起き、振動速度が大きくなるにつれて次第に粒子表面のすり減り（gradual wearing）の割合が増加すると考えられることが分かった。

今回の実験をもとにして、隕石衝突時、天体表面に生じる加速度によってレゴリス粒子がどの程度摩耗する

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

のかを考察した結果、イトカワに対応する振動速度~100 rpmでのカンラン石の摩耗量ΔP_1は約~0.1 %、月に対応する振動速度~700 rpmでの玄武岩の摩耗量ΔP_1は約~1 %となる。これにイトカワ粒子や月粒子が数100 μmサイズであることを考慮すれば、実験2の結果よりイトカワでのΔP_1は~0.01 %、月でのΔP_1は~0.1 %となる。この結果は［4］に比べ、摩耗量ΔP_1が1オーダ大きくなった。これらから月では摩耗は可能であり、イトカワでも摩耗は起こる可能性があることが示唆される。しかし本研究は1分間の摩耗量で議論しており、より実際の天体表面に近い条件で比較、議論する必要がある。

［1］Tsuchiyama et al. (2011).Science,333,1125-1128

［2］Sakurama et al. (2016).JpGU,Abstract,PPS03-13

［3］Connolly et al. (2015).Earth Planet and Space,67:12

［4］Tsuchiyama et al. (2018).LPSC,Abstract#1844

［5］Yasui et al. (2015).Icarus,260,320-331

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

遠心法を用いた隕石粉の付着力測定
Measurements of adhesive force of meteorite powders using centrifugal method

*長足 友哉[1]、中村 昭子[1]
*Yuuya Nagaashi[1], Akiko Nakamura[1]

1. 神戸大学
1. Kobe University

Introduction: Layer of fine particles in the laboratory shows fluffy structure owing to interparticle force (e.g., Kiuchi and Nakamura, 2014). On small bodies, interparticle forces are thought to be dominant compared to gravitational force for small particles. Fast rotators spin in excess of what gravity alone could hold together were shown to be explained by cohesive force between constituent particles (Sánchez & Scheeres, 2016). Measurements of cohesive force between micron-size spherical silica particles using an atomic force microscope cantilever (Heim et al., 1999) showed that the results agree with predictions of the JKR model (Johnson et al., 1971). On the other hand, measurements of cohesive force between 50 or 100 μm glass beads and a glass plate using centrifugal method showed that the results are by several orders of magnitude smaller than predictions of the JKR theory (Nagaashi et al., 2018). In addition, it was also shown that ~ 70 μm irregularly-shaped silica and alumina grains have the range of adhesive force similar to the glass beads, indicating that the adhesive force of the spherical and the irregular particles used in the measurement is dependent not on the macroscopic shape but on the microscopic surface roughness. However, it is not clear whether the adhesive force of the particles that actually form the asteroids is similar to those of silica grains. Measurements of adhesive force of meteorite powders will bring important knowledge of adhesive force of the asteroid-forming particles for understanding physical processes occurring on asteroids.

Experimental method: In this study, we used centrifugal method as in our previous study (Nagaashi et al., 2018) in order to measure cohesive or adhesive force between a particle and a plate. This method can directly measure the cohesive or adhesive force of many particles at the same time, which enables us to statistically analyze the results. Additionally, it can also deal with irregularly shaped particles. The measurements were conducted for carbonaceous chondrite (CV3: Allende, CM2: Murchison), ordinary chondrite (LL3.5: NWA 539, LL5: NWA 1794, LL6: NWA 542), and Eucrite (Millbillillie) powders of median diameter ~ 50 μm. We discretely increased the centrifugal acceleration from 10g to 5000g (g: the Earth's gravitational acceleration) and took optical microscope images of the same location of the plate before and after applying centrifugal force at each centrifugal acceleration. We determined the range of centrifugal acceleration within which the particle separated from the plate based on the microscope images and estimated the cohesive or adhesive force between the particle and the plate. More detail description of the procedure is described in Nagaashi et al. (2018).

Results: As compared with the JKR adhesion force $F_{ad} = 3\pi\gamma R$ (γ: surface energy, R: reduced radius of particle) for a spherical particle of silica composition, we calculated the effective surface energy of particles which reproduces the measurement value, and compared the results of each type of meteorite powders. Similar to the previous results described in the above (Nagaashi et al., 2018), the measurements of meteorite powders showed a wide range of adhesive force distributions over several orders of magnitude for all measured meteorite types. In addition, we found that the effective surface energy of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Allende and Murchison meteorite particles were several times smaller than those for the particles of the other meteorite types. There is no difference in the axial ratio of each type of meteorite powders, and therefore this is likely due to differences in material composition or micro-topography of the particles.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laboratory impact penetration experiments conducted at simulated reduced gravity

*中村 昭子[1]、森園 佳奈[2]、長足 友哉[1]
*Akiko Nakamura[1], Kana Morizono[2], Yuuya Nagaashi[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. 神戸大学理学部
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Faculty of Science, Kobe University

Small bodies are covered with a layer of regolith made up of particles of various sizes. It is important to understand the interactions that occur with surface regolith when a spacecraft lands on or when a block secondarily collide with the regolith layer at low velocity. Penetration depth of an impactor in granular layer was investigated under Earth’ s gravity and an empirical relationship between the drop height and penetration depth was shown to reproduce the experimental results for various granular materials (Uehara et al., 2013). Deceleration of spherical impactor in granular layer was experimentally and theoretically investigated and deceleration formulae were proposed (Katsuragi and Durian 2007, Nakamura et al., 2013; Katsuragi and Durian 2013). On the other hand, interactions of spheres with simulated regolith have been studied at reduced gravity and micro-gravity conditions (Murdoch et al., 2016; Brisset et al., 2018). However, more data of penetration depth of impactor are required to establish quantitative understanding of the penetration process in regolith under low gravity.

We conducted laboratory low-velocity impact experiments of a sphere into granular layer at reduced gravity. Impactor was a glass sphere with a diameter of 16.7 mm and granular layer consisted of glass beads with a diameter of 1 mm. The glass beads were packed in a bucket having a diameter of 15 cm and a depth of 15 cm. The bucket was hung with three constant load springs. The bucket was fixed with two electromagnets, and when the electromagnet was switched off, it dropped vertically downward with the gravity reduced. The simulated reduced gravity level was monitored by an accelerometer placed in a bucket and found to be on average 0.26 G. A plastic straw with horizontal line drawing was glued to the glass sphere. The glass sphere collided with the glass bead layer at a relative velocity between 2 and 4 ms $^{-1}$. The penetration process of the glass sphere with the straw was imaged at 240 fps by a camera attached to the bucket. The final depth of the glass sphere was found to be systematically deeper than the depth found in the experiment conducted at 1 G.

キーワード：レゴリス、低重力、衝突
Keywords: regolith, low gravity, impact

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MARAUDERS: Using instrumented nano-impactors to probe the icy properties of Lunar permanently shadowed regions

*Ronald Ballouz[1], Sarah T Crites[2], Naoya Ozaki[2], Shun Arahata[3], Nicola Baresi[2], Ralf Bolden, Onur Celik[4,2], Yu Himeno[3], Lucie Riu[2], Kevin J Walsh[5]

1. Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan, 3. University of Tokyo, Tokyo, Japan, 4. Sokendai Graduate University, Japan, 5. Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA

The Mini lAndeRs And boUncers Deployed for Exploration and Regolith Science (MARAUDERS) is a small satellite concept that aims to characterize the surface and volatile properties of regolith in permanently shadowed regions (PSRs) around the Moon’ s poles. Large PSRs are cold enough to trap scientifically and economically valuable volatiles such as water ice. However, despite ongoing studies, the distribution, abundance, and physical phase of volatiles at the Moon’ s poles remains elusive [1]. *In-situ* measurements are required to conclusively determine the geotechnical and physical properties of lunar polar volatiles. To address these needs, the MARAUDERS team is currently developing a technique using instrumented nano-impactors to determine the mechanical properties of regolith at the impact point.

Small spacecraft equipped with penetrators or inertial measurement units (IMU) can characterize the strength and structure of the planetary surface that they impact. Early space exploration used penetrometers to determine the surface properties of the Moon and Mars before the arrival of astronauts and rovers. In recent decades, spacecraft equipped with IMUs characterized the surface of Titan [1], and determined the sub-surface stratification of ice and rock on the comet 67P/C-G [2]. While this technique is unable to relay the detailed mineralogical and elemental composition at the impact point, it obtains a first-order structural knowledge of potentially hazardous surfaces and sub-surfaces that cannot be obtained through remote sensing. This is highly relevant for PSRs due to extreme environmental conditions such as the lack of solar illumination, cold temperatures, and challenging communications.

Here, we present preliminary analysis on the instrument capabilities based on the potential deployment scenarios to PSRs, and the possible mechanical properties of the regolith found within these regions (Fig. 1). We present a computational study of the varying response of an instrumented impactor impacting regolith with variable i) water ice content (0-10%), ii) impactor speeds (50-250 m/s], and iii) impact angles (45-90˚), using a discrete element method code [4]. Furthermore, we analyse the ejecta properties and resulting crater morphology in order to gain a better understanding of impact processes on icy bodies. Our next steps will be to conduct laboratory impact experiments using prototypes of our instrumented impactors to calibrate the impact response on lunar simulant with variable water-ice content.

References:

1. Lorenz, R. et al. (1994) Meas. Sci. Technol. 5, 1033-1041

2. Biele, J. et al. (2016), Science, 349, 6247.

3. Holsapple, K.A. (1994) LPSC 25, 559.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4. Richardson, D.C. et al. (2011) Icarus, 212, 427–437.

Acknowledgements:

This material is based upon work supported by ISAS/JAXA’s start-up fund for international collaborations, the Aerospace Project Research Associate Program, and the International Top Young Fellow Program.

Keywords: Moon, Permanently Shadowed Regions, Volatiles, Regolith Characterization

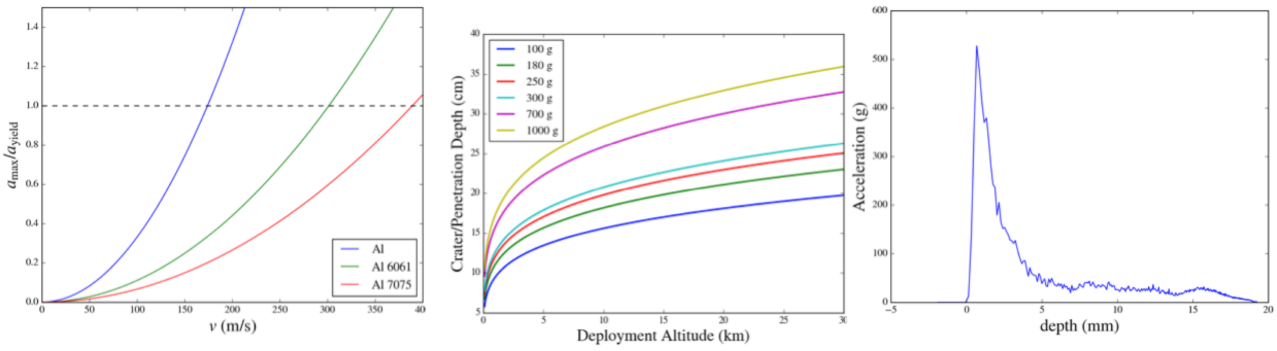


Fig. 1. Preliminary analysis showing shock tolerance, penetration depth, and instrument response for different instrument designs and impact speeds. Left: Maximum shock tolerance before material failure for three different aluminum alloy instrument housings. An Al-7075 housing can withstand impact speeds greater than 350 m/s. Middle: Penetrations depths for a 250 m/s impact for different impactor masses (100 - 1000 grams). For a nominal impactor mass of 180 g, a deployment from 15 km from the lunar surface results in a penetration depth of < 20 cm (based on [3]). Right: Simulated response of a 180 g impactor using a particle dynamics simulation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Surface size-frequency distribution of accumulating boulders using discrete element simulations of spherical particles in 3D

*菊地 紘[1]、宮本 英昭[1]
*Hiroshi Kikuchi[1], Hideaki Miyamoto[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

Several spacecraft have revealed new detail about small bodies such as asteroids, comets, and small satellites. Images from Hayabusa, Hayabusa2, and OSIRIS-REx showed more boulders on the surfaces than originally expected. Owing to the high resolution at which images were taken, a number of boulders could often be observed in clusters. In future explorations, because we expect to observe more cases of boulder-rich surfaces, the characterization of the size-frequency distribution (SFD) will be important especially for the missions involving a lander such as MMX. Basically, measuring the SFD of boulders on a surface is expected to represent that of the interior. However, considering that surface boulders can hide the underlying boulder, it is not clear that the SFD in a volume can adequately be represented by its surface. Therefore, in this work, we focus on how accumulating boulders with a known SFD appear from above.
In order to compare the SFD on a surface with that of a volume, the initial SFD has to be known. For the initial study, numerical simulations are convenient, because they can easily prepare the suitable conditions. In the previous studies, spherical boulders were randomly distributed in three-dimensional space, and only those on the surface were automatically extracted and measured (Tancredi et al., 2015). It was found that the particle distribution on the surface well reproduces the overall particle distribution. We consider that there is room for improvement in the arrangement of particles and the measurement of particles. Thus, we implement a three-dimensional discrete element method using rigid spherical particles to simulate the accumulation of a boulder-rich regolith. We then measure particles one by one manually when viewed from above the surface. For initial conditions, we set the size and the number of boulders randomly as specified by the power law index of -3. During a simulation, particles are not initially adjacent to each other and are instead dropped from the height of 30 m above the 54 x 54 m planar surface. The total number of particles is changed from 3000 to 7000 in 1000 increments. After the simulation, the size and number of the particles are measured manually when viewing the surface from the vertical direction. Then we refer to Clauset et al. (2009) for fitting and evaluating the data using the p-value metric.
We find that the power law index of the SFD is low when the number of particles is 3000. This may be because the larger particles are not buried in the smaller particles, resulting in only the number of smaller particles being reduced when viewed from above. When the total number is 4000 or more in a volume and p-value is high, the surface power law index from the multiple simulations is consistent with the specified value of -3 for some cases.
The SFD observed on the surface corresponds to the SFD in the interior of the body for the following conditions: the thickness of the deposited particles is larger than the largest particle and the p-value is high. For more detailed analyses, investigating the effects of the number of simulations, the complicated shapes of boulders, and parameter studies are needed. In addition, for a deeper understanding of the problem, experiments in a similar condition to the airless bodies using simulated regolith particles such as UTPS-TB and UTPS-IB (Miyamoto et al., 2018) are also required.

キーワード：個別要素法、ボルダーのサイズ頻度分布、小天体の内部

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Discrete element method, Boulder size-frequency distribution, Interior of small bodies

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental Study to Determine the Best Compression Ratio of High-Resolution Images of Small Bodies for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission

*清水 雄太[1]、上吉原 弘明[1]、新原 隆史[1]、宮本 英昭[1]
*Yuta Shimizu[1], Hiroaki Kamiyoshihara[1], Takafumi Niihara[1], Hideaki Miyamoto[1]

1. 東京大学
1. University of Tokyo

Data transmission rate becomes one of the biggest limiting factors in space explorations; technological advance in increasing pixel numbers of camera images dominates the improvement of the data transmission rate. Yet, high demand exists for high-resolution images especially in geological studies, and thus there is a tradeoff between the spatial resolutions (or pixel numbers) and the number of images to be transmitted to Earth. The telecommunications issue is critical for Martian Moons eXploration (MMX) mission that explore either/both Phobos and Deimos and return samples. Especially, timely transmission of high-resolution images is required for the selection of sampling site both in terms of scientific impacts and of the landing safety. The highest image resolution of the current camera configuration is as good as several tens of centimeters per pixel and the size of image is 3296 x 2472 pixels, which means 7 color (3 bands) images can be up to 1 GB if no compression is considered. During the landing phase, such large data have to be sent at the limited bitrate (< 32 kbps) to select landing and sampling sites, while the landing duration is about 4 hours. Thus, considering the best compression scheme of images is a big issue for landing operation. Lossy compression can significantly reduce the sizes of images, though images can be scientifically worthless when compressed too much. The best compression ratio should make the sizes of images as small as possible without losing scientific importance.

Here, we develop a method of rapidly determining the best compression ratio of high-resolution images of the surface of small bodies. For preparing the image studied in this research, we take an experimental scheme, where we develop a simulated Phobos surface by using a high-quality simulant of Phobos regolith (UTPS-TB) and take simulated images of the surface of Phobos in somehow similar condition with the camera of the MMX mission. The images are compressed by JPEG2000, which is planned to be used in MMX mission, and the influence of the compression is analyzed by objective methods such as Structural SIMilarity (SSIM) and entropy of image. The results shows that they are able to rapidly detect the exact ratio, in which the quality of the images started to be diminished.

Moreover, by defining scientific value of images as detectability of rock gravel on the surface of celestial bodies and showing that the loss of scientific value can be expressed by the change in the value of slope of Cumulative Size-Frequency Distribution (CSFD) of gravel, we carefully confirm whether the decrease in the image quality is truly connected with the loss of scientific information such as for landing operations and conclude that those objective methods can determine the best compression ratio. By using those methods, the spacecraft can autonomously complete the process of finding the best compression ratio, compressing images and sending it to the ground within a few minutes even if it has only a limited transmission rate.

キーワード：最適圧縮率、累積サイズ頻度分布、火星衛星探査計画 (MMX)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the best compression ratio, Cumulative Size-Frequency Distribution (CSFD), Martian Moons eXploration (MMX)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)、座長:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)

Recent planetary explorations have revealed that almost all solid bodies in the solar system are covered with small particles, called regolith. The surface geology, especially regolith behavior on the surfaces of solid bodies, becomes increasingly more important as represented by Hayabusa mission and other on-going and planned sample-return missions such as Hayabusa2, OSIRIS-REx, and MMX.

For fully understanding the regolith science, it is required to know and compare the regolith conditions on various celestial bodies, from asteroids to planets, with various methods.

Therefore, this session welcomes broad topics related to regolith on various celestial bodies, such as asteroids, comets, the Moon, the martian moons, Mars, etc. Papers on the formation, evolution, and alteration processes of regolith particles and regolith systems on the surface of planetary bodies, remote and in-situ observational results and techniques, analyses and results of returned samples, and laboratory, numerical, and theoretical studies on the fundamental physical and chemical processes are all welcome.

Note that what we call regolith is not just fine grains: all kinds of materials (more or less loose) that lie on the surface, from cobbles to finer grains, are our targets.

13:45 ~ 14:00

[PPS02-01] Moganite in a lunar meteorite as a trace of H_2O ice in the lunar regolith

★Invited Papers

*鹿山 雅裕[1] (1.東北大学)

14:00 ~ 14:15

[PPS02-02] Simulating the Lunar Soil: a Japanese Lunar Soil Simulant FJS-1 and Its Properties

★Invited Papers

*鵜山 尚大[1]、金森 洋史[1]、青木 滋[1] (1.清水建設株式会社)

14:15 ~ 14:30

[PPS02-03] Experimental estimation of regolith scattering behavior when a space lander touches on a planetary body

★Invited Papers

*馬場 満久[1]、Ronald Ballouz[2]、大槻 真嗣[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、2.アリゾナ大学)

14:30 ~ 14:45

[PPS02-04] Ray systems in granular cratering

*Tapan Sabuwala[1]、Christian Butcher[1]、Gustavo Gioia[1]、Pinaki Chakraborty[1] (1.Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University)

14:45 ~ 15:00

[PPS02-05] Scaling of oblique impact cratering onto inclined granular layer

滝澤 真太[1]、*桂木 洋光[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

15:00 ~ 15:15

[PPS02-06] Experimental study on gravitational effects on crater size formed by low-velocity impacts into granular media

*木内 真人[1]、中村 昭子[2]、和田 浩二[3] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.神戸大学大学院理学研究科、3.千葉工業大学惑星探査センター)

Moganite in a lunar meteorite as a trace of H_2O ice in the lunar regolith

*鹿山 雅裕[1]
*Masahiro KAYAMA[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

A large amount of H_2O ice has been observed on the regolith surface near the lunar poles by remote sensing spacecraft. However, only sparse evidence for H_2O ice beneath the top few millimeters of the regolith exists because neutron spectrometers cannot distinguish forms of H and near-infrared spectrometers are only sensitive to the optical surface. Furthermore, traces of H_2O ice have not yet been found from the lunar samples. Here, 13 different lunar meteorites with various lithologies have been investigated using micro-Raman spectrometry, electron microscopy, and synchrotron angle-dispersive x-ray diffraction (SR-XRD) to find a trace of H_2O ice in the subsurface. Consequently, moganite has been discovered from the KREEP (high potassium, rare-earth element, and phosphorous)-like gabbroic-basaltic brecciated meteorite NWA 2727 that may originate from the local crater sites within the Procellarum terranes.

Moganite (monoclinic SiO_2 phase that belongs to the *I2/a* space group) coexisting with coesite and stishovite (high-pressure SiO_2 polymorphs) was discovered only in NWA2727 by the micro-Raman spectrometry. NWA 2727 is mainly composed of gabbroic and basaltic clasts containing their breccia matrix, where only the breccia matrix contain moganite-bearing silica micrograins (2 to 13 mm in radius) between the constituent minerals (olivine, pyroxene and plagioclase). The SR-XRD analyses of these silica micrograins in the breccia matrix indicate a characteristic diffraction pattern that is in good agreement with the structure of moganite. However, no moganite was discovered from the basaltic and gabbroic clasts of NWA 2727 as well as in the other lunar meteorites selected here. Transmission electron microscopy of the silica micrograins demonstrates the aggregates of numerous euhedral or subhedral moganite nanoparticles (average radius of 4.5 nm).

Moganite was discovered in only one of those 13 samples. If terrestrial weathering had produced moganite in the lunar meteorites, there should be moganite present in all the samples, especially lunar meteorites fell to Earth around the same time (NWA 2977, 3333, and 6950 as measured here), but this was not the case. Furthermore, many previous researches on natural occurrences and laboratory experiments conclude that moganite is restricted to formation by precipitating from alkaline silicic acid (H_4SiO_4) water under high-pressure consolidation at >100 MPa, which is distinctly different environment from the desert that NWA 2727 found. A part of the moganite had changed into the coesite and stishovite, indicating their formation through heavy impact collisions on the Moon. These facts confirm our theory that it could not have formed in the desert.

Formation of lunar moganite can be interpreted based on the present and previous works as follows. Alkaline water-bearing carbonaceous chondrite collisions delivered abundant alkaline water to the lunar surface at <2.67 Ga. After the collisions, the delivered water was captured as fluid inside the breccia during the shock-induced consolidation. On the sunlit surface, lunar moganite precipitated from this captured alkaline water. Simultaneously, such captured water got cold-trapped at the lunar regolith in the subsurface and may still remain as ice underneath the local crater sites within the Procellarum terranes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Lunar moganite coexists with coesite and stishovite, thereby implying that a trace of the subsurface water ice was brought from the Moon by the recent impact at <1–30 Ma. Our moganite-precipitation simulation modeling concludes a subsurface H_2O concentration higher than the estimated bulk content of 0.6 wt % is expected to still remain as ice. This value is in excellent agreement with the concentrations of H_2O ice on the poles by remote sensing spacecraft observation. Thus, the subsurface is expected to be the abundant and available water resource for future lunar explorations.

キーワード：モガナイト、月隕石、氷、レゴリス
Keywords: Moganite, Lunar meteorite, H2O ice, Regolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulating the Lunar Soil: a Japanese Lunar Soil Simulant FJS-1 and Its Properties

*鵜山 尚大[1]、金森 洋史[1]、青木 滋[1]
*Naohiro Uyama[1], Hiroshi Kanamori[1], Shigeru Aoki[1]

1. 清水建設株式会社
1. Shimizu Corporation

Going back to the Moon is a world-wide trend of space exploration based on the international cooperation as the Global Exploration Roadmap (GER3) stated. JAXA also proposed future human exploration missions around 2030 within the international cooperation. All scenarios have their bases on the scientific observation that a plenty of water (hydrogen) is trapped in the polar regions, especially inside the craters of permanent shadow. In order to investigate those water and other existing volatiles, however, many engineering challenges wait for human and robotic missions even only from the view of lunar soil, such as traversing the soft soil, drilling and/or excavating the soil, and handling the soil for desired sample collections and scientific processes, and more for the in-situ resource utilization and human missions. Thus, the ground tests prior to launches are of great importance to increase the possibility of mission success.

In order to offer opportunities for the community to perform ground tests, we have manufactured a lunar soil simulant, called FJS-1. The investigation of FJS-1 shows that many properties of FJS-1 lies close to the data collected from Apollo samples. For instance, the particle size distribution lies below 2 [mm]; the median particle size is between 70 and 75 [micro-m]; the shear strength, i.e. cohesion c, is 0 to 10 [kN/m2]; and the internal friction angle, phi, is 30 to 50 [deg]. The chemical composition is also close to Apollo samples with slight difference that FJS-1 contains more ferric oxide and Alkaline components than Apollo samples.

In addition to the basic properties, we started investigating the strength of frozen lunar soil using FJS-1. Determining the optimized configuration of a sampler such as a drill or an excavator needs the information of actual lunar soil; however, nobody knows the actual state, in other words, the ground truth of lunar water/ice yet. We therefore decided to investigate the strength of frozen soil, utilizing FJS-1, for the future use for drill or excavator designs. The qualitative observation from our first experiment is that the frozen FJS-1 at temperature below 0 [degC] became slightly loose when FJS-1 contained 0.5 to 1.0 [wt%] of water, and that the strength drastically increased above 2 [wt%]. We will conduct more experiments to collect a set of frozen soil strength to offer the estimates of the strength of lunar soil for future lunar exploration missions.

キーワード：月土壌、模擬土壌、FJS-1、模擬土壌特性、凍結土壌
Keywords: Lunar soil, Soil simulant, FJS-1, Soil simulant properties, Frozen soil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental estimation of regolith scattering behavior when a space lander touches on a planetary body

*馬場 満久[1]、Ronald Ballouz[2]、大槻 真嗣[1]
*Mitsuhisa Baba[1], Ronald Louis Ballouz[2], Masatsugu Otsuki[1]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、2. アリゾナ大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. The University of Arizona

A planetary lander, which needs to land on and lift up from a planetary surface, needs to be concerned with levitated regolith. Regolith scattered by the landing foot pad might attach to or damage on-board instruments, such as the spacecraft’ s camera suite. To design the landing probe, it is necessary to estimate the expected area of the regolith that the probe may scatter. Here we show an experimental approach that was developed to study the behavior of scattered regolith under a vacuum environment. For the probe design, it is necessary to precisely measure the initial ejection angle, ejection velocity, and the amount of regolith that the landing foot pad scatters.

In order to characterize scattered-particle behavior, drop tests in a large vacuum chamber were conducted. A cylindrical mass projectile, mimicking the lander foot pad, fell freely from various heights in the vacuum chamber. The mass lands in a sandbox filled with silica sand and forms a crater with scattered sand particles. During silica sand scattering, a high-speed camera detected particle highlighted by a line laser. Initial ejection velocities and the ejection angles were estimated by processing the images of the impact site, captured by the high-speed camera.

The result of our study revealed that the ejection angle of scattered grains is not sensitive to the impact kinetic energy of the projectile. Our results are consistent with previous studies that showed a similar relationship between impact kinetic energy and ejection angle, but for lower impact energies. Moreover, we find that for impact speeds of ~ 4 m/s, the initial ejection velocity of a majority of the silica sand particle is distributed around 1 m/s.

Our experimental approach can be applied to various kinds of planetary regolith, such as Phobos simulant for the Martian Moons eXploration(MMX). These results help us to understand how to determine the optimal design conditions for a landing probe. Further studies that account for the effect of microgravity and changes to the bulk density and porosity of the regolith need to be undertaken based on drop tower test and numerical simulation.

キーワード：レゴリス、室内実験、着陸装置
Keywords: Regolith, Laboratory Experiment, Landing Gear

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ray systems in granular cratering

*Tapan Sabuwala[1], Christian Butcher[1], Gustavo Gioia[1], Pinaki Chakraborty[1]

1. Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University

In classical experiments of granular cratering, a ball dropped on a smooth bed of grains ends up within a crater surrounded by a uniform blanket of ejecta. We show that such a uniform blanket of ejecta changes to a ray system, or set of radial streaks of ejecta, where the surface of the granular bed includes undulations. By carrying out numerous experiments and computational simulations thereof, we ascertain that the number of rays in a ray system $\propto D/\lambda$, where D is the diameter of the ball and λ the wavelength of the undulations. Further, we show that the ejecta in a ray system originates from valleys located in a narrow annulus of diameter D with center at the site of impact. The impacting ball creates a hemispherical shockwave, whose interaction with the surficial valleys engenders the ray system. Our findings may help shed light on the enigmatic ray systems that ring many impact craters on the Moon and other planetary bodies.

Keywords: impact crater, crater rays, granular cratering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Scaling of oblique impact cratering onto inclined granular layer

滝澤 真太[1]、*桂木 洋光[1]
Shinta Takizawa[1], *Hiroaki Katsuragi[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Empirical (Pi-group) scaling laws for craters created on an inclined granular layer by an oblique impact of a spherical projectile were experimentally obtained. In the experiment, inclination angle and incident angle were systematically (and independently) varied in the ranges of 0 to 33 degree and 10 to 170 degree, respectively. A spherical projectile (diameter 6 mm) was impacted onto a surface of inclined granular layer with an impact speed 10 - 100 m/s. Two high-speed cameras and laser profilometry system were used to measure the impact speed, angle, and final crater shape. From the experimental results, we found following behaviors. When the incident angle is small, almost symmetric craters were observed. However, the collapse of the upper crater wall was triggered when the inclination angle is large enough. The scale of the collapse grows as the inclination angle is increased. In addition, the crater volume strongly depends on inclination angle. By combining these experimental findings, we developed the empirical scaling for crater dimensions and aspect ratios. The obtained scaling is consistent with previous works on the normal impact to horizontal granular surface with high impact speed. We also discuss a possible way to evaluate the impact conditions from the actual astronomical impact craters.

キーワード：斜め衝突、傾斜粉体層
Keywords: oblique impact , inclined granular layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental study on gravitational effects on crater size formed by low-velocity impacts into granular media

*木内 真人[1]、中村 昭子[2]、和田 浩二[3]
*Masato Kiuchi[1], Akiko M Nakamura[2], Koji Wada[3]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 神戸大学大学院理学研究科、3. 千葉工業大学惑星探査センター
1. Japan aerospace exploration agency, Institute of space and astronautical science, 2. Department of Planetology, Kobe University, 3. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

Craters on regolith surface can be formed at various impact velocities. When secondary craters form on the surface of small bodies, such as asteroids and comets, the impactors have very low-velocities of several m s^{-1} or less due to the small escape velocity of the bodies. These secondary collisions can increase the number of small craters on the surface and will affect the surface topography of small bodies. Therefore, it is important to investigate low-velocity impacts on granular materials that simulate regolith particles to understand the low-velocity cratering process on the surface of small bodies.

Low-velocity impact experiments with velocities in the range of several m s^{-1} and granular targets have been conducted to investigate crater size and develop empirical relationships between impact conditions and crater size under 1 G (e.g., Uehara et al., 2003; Walsh et al., 2003). However, it was found that the impact velocity dependence of crater diameter was inconsistent between the hypervelocity impact experiments conducted at low and high-gravity conditions (Gault and Wedekind, 1977; Schmidt and Housen, 1987) and the low-velocity impact experiments conducted under 1 G (Kiuchi et al., 2018, JpGU meeting).

We collected data of crater diameter on granular materials with impact velocities ranging from 1 to 4.6 m s^{-1} under a gravity range of 0.20 to 1 G to investigate the effects of gravity on crater diameter using a drop system developed for reduced gravity impact experiments (Kiuchi and Nakamura, 2015 JPGU meeting). Most of our experiments were conducted under 10^5 Pa for comparison with the low-velocity experiments under 1 G reported in previous studies, but we also conducted several experiments under 7 Pa according to the atmosphere-less condition of small bodies.

This time we newly organized our experimental results in which the gravity was changed using the atmospheric pressure dependence. As a result, the exponent values of gravity became close to that obtained by the high-velocity experiment (Gault and Wedekind, 1977). We compared our results with high-velocity experiments reported in previous studies. Our results for the glass projectile and the sand target almost agreed with the previous high-velocity crater-size scaling- law (Housen and Holsapple, 2011) when the atmospheric effect was taken into account, but the crater diameter for the steel projectile and the sand target was lower than that for the glass projectile. This result shows that the crater-size scaling- law obtained for high-velocity impact can be applied to low-velocity impacts of several m s^{-1} under reduced pressure when the density ratio of the projectile to the target is close to unity. The same scaling applies over a very wide range of impact velocities.

キーワード：低速度衝突実験、クレーターサイズの重力依存性
Keywords: Impact experiments at low-velocity, Gravitational effects on crater size

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS02] Regolith Science

コンビーナ:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、中村 昭子(神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、Patrick Michel(Observatoire De La Cote D'Azur)、Kevin John Walsh(Southwest Research Institute Boulder)、座長:中村 昭子(Graduate School of Science, Kobe University)

Recent planetary explorations have revealed that almost all solid bodies in the solar system are covered with small particles, called regolith. The surface geology, especially regolith behavior on the surfaces of solid bodies, becomes increasingly more important as represented by Hayabusa mission and other on-going and planned sample-return missions such as Hayabusa2, OSIRIS-REx, and MMX.

For fully understanding the regolith science, it is required to know and compare the regolith conditions on various celestial bodies, from asteroids to planets, with various methods.

Therefore, this session welcomes broad topics related to regolith on various celestial bodies, such as asteroids, comets, the Moon, the martian moons, Mars, etc. Papers on the formation, evolution, and alteration processes of regolith particles and regolith systems on the surface of planetary bodies, remote and in-situ observational results and techniques, analyses and results of returned samples, and laboratory, numerical, and theoretical studies on the fundamental physical and chemical processes are all welcome.

Note that what we call regolith is not just fine grains: all kinds of materials (more or less loose) that lie on the surface, from cobbles to finer grains, are our targets.

15:30 ~ 15:45

[PPS02-07] Impact Ejecta Environment of an Eccentric Asteroid: 3200 Phaethon

*Jamey Szalay[1]、Peter Pokorny[2]、Mihaly Horanyi[3]、Diego Janches[2]、Menelaos Sarantos[2]、Ralf Srama[4] (1.Princeton University、2.NASA/GSFC、3.University of Colorado Boulder、4.University of Stuttgart)

15:45 ~ 16:00

[PPS02-08] On the Detection of an Ejecta Dust Cloud Around Asteroid (3200) Phaethon by the DESTINY$^+$ Dust Analyzer

*Hiroshi Kimura[1]、Masanori Kobayashi[1]、Koji Wada[1]、Tomoko Arai[1]、Hiroki Senshu[1]、Masateru Ishiguro[2]、Hidekazu Hanayama[3]、Ko Ishibashi[1]、Takayuki Hirai[1]、Fumi Yoshida[1]、Peng Hong[1] (1.Planetary Exploration Research Center、2.Seoul National University、3.Ishigakijima Astronomical Observatory)

16:00 ~ 16:15

[PPS02-09] Close-up thermal and optical observation of asteroid Ryugu

★Invited Papers

*坂谷 尚哉[1]、岡田 達明[1]、田中 智[1]、千秋 博紀[2]、嶌生 有理[1]、荒井 武彦[3]、神山 徹[5]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、関口 朋彦[4]、滝田 隼[15]、福原 哲哉[4]、田口 真[4]、Thomas Müller[7]、Axel Hargermann[8]、Jens Biele[9]、Matthias Grott[9]、Marco Delbo[10]、杉田 精司[13]、本田 理恵[12]、諸田 智克[11]、山田 学[2]、亀田 真吾[4]、巽 瑛理[13]、横田 康弘[1]、鈴木 秀彦[14]、本田 親寿[6]、小川 和律[16]、早川 雅彦[1]、松岡 萌[1]、長 勇一郎[13]、澤田 弘崇[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.千葉工業大学、3.足利大学、4.立教大学、5.産業技術総合研究所、6.会津大学、7.Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics、8.University of Stirling、9.German Aerospace Center、10.Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS、11.名古屋大学、12.高知大学、13.東京大学、14.明治大学、15.北海道教育大学、16.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[PPS02-10] In-Situ Investigation of Asteroid (162173) Ryugu by the Hayabusa2 MASCOT Lander

★招待講演

*矢野 創[1]、Ho Tra-Mi[2]、Jaumann Ralf[3]、Bibring Jean-Pierre[4]、 Glassmeier Karl-Heinz[5]、Grott Matthias[3]、Hercik David[5]、Biele Jens[6]、Hamm Maximilian[3]、Schmitz Nicole[3]、 Schröder Stefanus[3]、Otto Katharina[3]、Krause Christian[6]、Lorda Laurence[7]、Moussi-Soffys Aurelie[7]、Pilorget Cedric[4]、Hamm Vincent[4]、Riu Lucie[1]、Okada Tatsuaki[1]、Sakatani Naoya[1]、Reill Josef[8]、Sasaki Kaname[2]、Schlotterer

Markus [2]、Tsuda Yuichi [1]、Ulamec Stephan [6]、Wolff Friederike [8]、Michel Patrick[9]、Delbo Marco [9]、Ogawa Kazunori[10]、Senshu Hiroki[11]、Yoshimitsu Tetsuo [1]、Preusker Frank [3]、Scholten Frank [3]、Elgner Stephan[3]、Mottola Stefano[3]、Kührt Ekkehard[3]、Saiki Takanao[1]、Mimasu Yuya [1] (1.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, Japan, 、2.German Aerospace Center DLR Bremen, Bremen, Germany、3.German Aerospace Center, Berlin, Germany、4.Univ. de Paris Sud-Orsay, IAS, Orsay, France、5.TU Braunschweig, Braunschweig, Germany、6.German Aerospace Center DLR Cologne, Cologne, Germany、7.National Centre for Space Studies, CNES, Toulouse, France、8.German Aerospace Center, DLR, Oberpfaffenhofen, Germany、9.Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France、10.Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, Kobe, Japan、11.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, Narashino, Japan)

16:30 ~ 16:45

[PPS02-11] Evidence of Mass Movement and Boulder Transport on Bennu from NASA's OSIRIS-REx Space Mission

★Invited Papers

*Erica R Jawin[1]、Kevin J Walsh[2]、Tim McCoy[1]、Harold C Connolly[3]、Dante S Lauretta[4]、Ron L Ballouz[4]、Jamie L Molaro[5]、Olivier S Barnouin[6]、Mike Nolan[4] (1.Smithsonian National Institute, Washington, DC, USA、2.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA、3.Dept. of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA、4.Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA、5.Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA、6.The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA)

16:45 ~ 17:00

[PPS02-12] Resurfacing processes on small asteroids constrained by crater size distributions on Ryugu, Itokawa, and Eros

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

Impact Ejecta Environment of an Eccentric Asteroid: 3200 Phaethon

*Jamey Szalay[1], Peter Pokorny[2], Mihaly Horanyi[3], Diego Janches[2], Menelaos Sarantos[2], Ralf Srama[4]

1. Princeton University, 2. NASA/GSFC, 3. University of Colorado Boulder, 4. University of Stuttgart

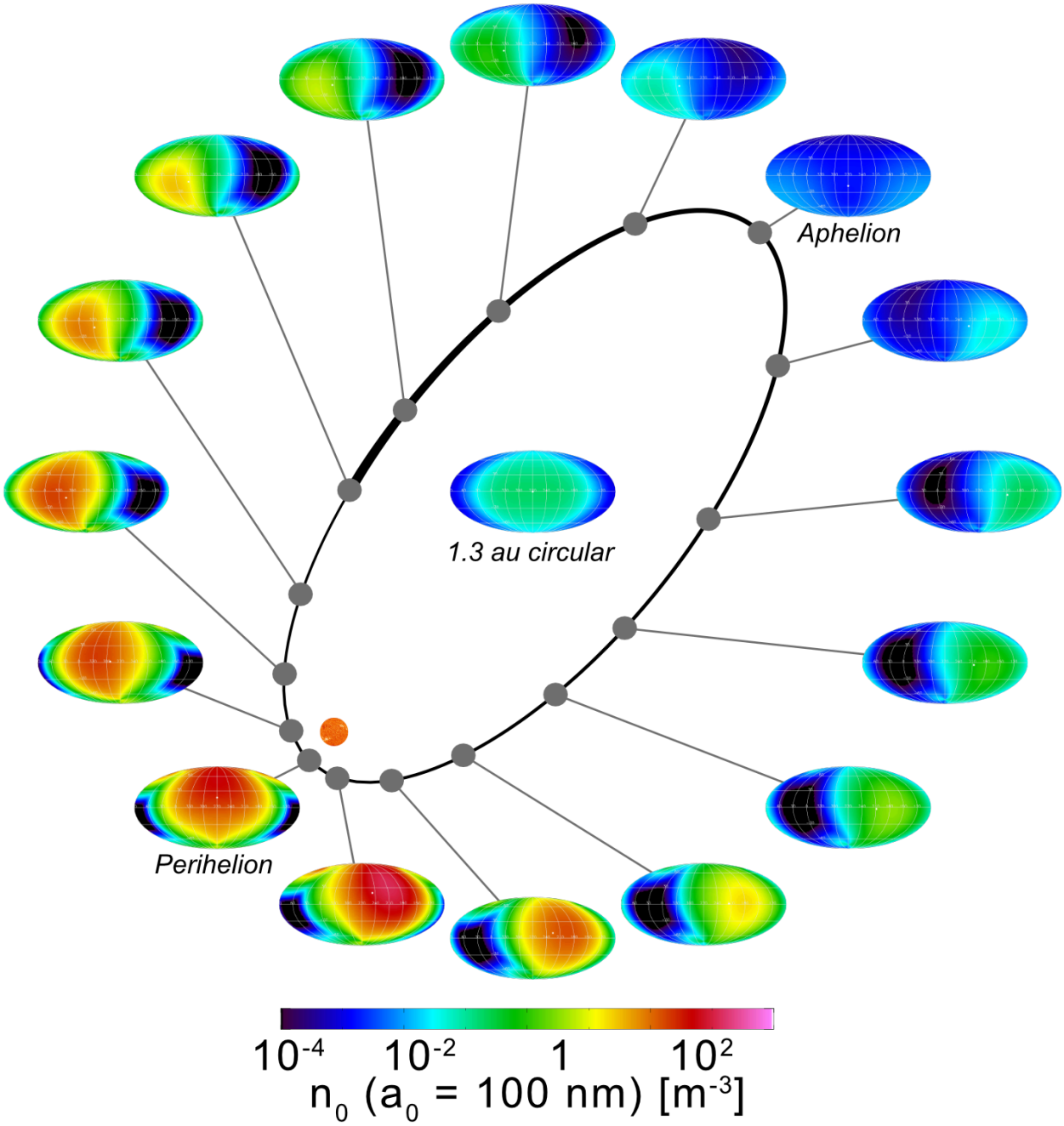
Airless regolith bodies in the solar system are continually bombarded by meteoroids, modifying their surfaces and sustaining impact ejecta clouds. While large bodies like the Moon retain a significant fraction of ejected regolith, small asteroids shed this material into the interplanetary dust complex. Measurements of the lunar impact ejecta cloud found it was sustained by the known sporadic meteoroid sources. Here, we extend lunar ejecta measurements using a model of the meteoroid environment at 1 au to investigate the structure of an ejecta cloud at an eccentric airless body, asteroid 3200 Phaethon: the target of JAXA’ s DESTINY+ mission.

Due to Phaethon's large eccentricity, Phaethon's peak ejecta density at 1 au is approximately 30 times higher compared to a body in a circular orbit at 1 au, largely due to enhanced ejecta production from meteoroids shed from Jupiter Family Comets. Such asymmetric ejecta production suggests Phaethon experiences significantly different meteoroid-specific space weathering processes than a body with a similar semi-major axis on a circular orbit. We estimate impact ejecta processes at Phaethon shed approximately 1 ton per year, which is not sufficient to appreciably contribute to the Geminids meteoroid complex, yet provides ample ejecta densities to measure with an in-situ dust detector aboard DESTINY+. These results suggest eccentric asteroids shed more material than those on near-circular orbits, and are suitable candidates for in-situ dust detection and chemical characterization due to their amplified asymmetric ejecta production.

In this presentation, we will summarize recent efforts to constrain the evolution and ejection of asteroid regolith for 3200 Phaethon. We will present predicted impact counts for a dust detector on close flybys of Phaethon in preparation for JAXA’ s DESTINY+ mission and discuss how such measurements would provide critical insight into Phaethon’ s origin and evolution in a manner unique to dust detection data.

Keywords: Ejecta, Meteoroids, Regolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the Detection of an Ejecta Dust Cloud Around Asteroid (3200) Phaethon by the DESTINY$^+$ Dust Analyzer

*Hiroshi Kimura[1], Masanori Kobayashi[1], Koji Wada[1], Tomoko Arai[1], Hiroki Senshu[1], Masateru Ishiguro[2], Hidekazu Hanayama[3], Ko Ishibashi[1], Takayuki Hirai[1], Fumi Yoshida[1], Peng Hong[1]

1. Planetary Exploration Research Center, 2. Seoul National University, 3. Ishigakijima Astronomical Observatory

We will provide the most recent report on the detectability of an ejecta cloud around Asteroid (3200) Phaethon by the DESTINY$^+$ Dust Analyzer (DDA), based on a model of dust dynamics in the cloud. We demonstrate that solar radiation pressure plays a vital role in shaping the spatial distribution of dust particles in Phaethon's ejecta cloud, because small particles, albeit the majority, are expelled from the sunward direction. We find that the DDA will have an opportunity of detecting dust particles in the ejecta cloud of Phaethon during a flyby, depending on the closest approach to the asteroid, heliocentric distance, and the initial velocity of ejecta. There are no hazard from impacts of 100 μm-sized ejecta particles that potentially could make tiny holes on the surface of the spacecraft during a flyby.

Keywords: Asteroid (3200) Phaethon, ejecta dust cloud, DESTINY+

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Close-up thermal and optical observation of asteroid Ryugu

*坂谷 尚哉[1]、岡田 達明[1]、田中 智[1]、千秋 博紀[2]、嶌生 有理[1]、荒井 武彦[3]、神山 徹[5]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、関口 朋彦[4]、滝田 隼[15]、福原 哲哉[4]、田口 真[4]、Thomas Müller[7]、Axel Hargermann[8]、Jens Biele[9]、Matthias Grott[9]、Marco Delbo[10]、杉田 精司[13]、本田 理恵[12]、諸田 智克[11]、山田 学[2]、亀田 真吾[4]、巽 瑛理[13]、横田 康弘[1]、鈴木 秀彦[14]、本田 親寿[6]、小川 和律[16]、早川 雅彦[1]、松岡 萌[1]、長 勇一郎[13]、澤田 弘崇[1]
*Naoya Sakatani[1], Tatsuaki Okada[1], Satoshi Tanaka[1], Hiroki Senshu[2], Yuri Shimaki[1], Takehiko Arai[3], Toru Kouyama[5], Hirohide Demura[6], Kentaro Suko[6], Tomohiko Sekiguchi[4], Jun Takita[15], Tetsuya Fukuhara[4], Makoto Taguchi[4], Thomas Müller[7], Axel Hargermann[8], Jens Biele[9], Matthias Grott[9], Marco Delbo[10], Seiji Sugita[13], Rie Honda[12], Tomokatsu Morota[11], Manabu Yamada[2], Shingo Kameda[4], ERI TATSUMI[13], Yasuhiro Yokota[1], Hidehiko Suzuki[14], Chikatoshi Honda[6], Kazunori Ogawa[16], Masahiko Hayakawa[1], Moe Matsuoka[1], Yuichiro Cho[13], Hirotaka Sawada[1]

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2. 千葉工業大学、3. 足利大学、4. 立教大学、5. 産業技術総合研究所、6. 会津大学、7. Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics、8. University of Stirling、9. German Aerospace Center、10. Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS、11. 名古屋大学、12. 高知大学、13. 東京大学、14. 明治大学、15. 北海道教育大学、16. 神戸大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Chiba Institute of Technology, 3. Ashikaga University, 4. Rikkyo University, 5. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 6. University of Aizu, 7. Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics, 8. University of Stirling, 9. German Aerospace Center, 10. Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, 11. Nagoya University, 12. Kochi University, 13. University of Tokyo, 14. Meiji University, 15. Hokkaido University for Education, 16. Kobe University

In 2018, the Hayabusa2 spacecraft successfully carried out four descend operations toward Ryugu’s surface. During these operations, we acquired highly resolved optical and thermal images from altitudes below several hundred meters, using Hayabusa2’s Optical Navigation Camera (ONC-T) and Thermal Infrared Imager (TIR), respectively. Close-up thermal images by TIR indicate thermophysical properties of the surface materials and its regional difference, which cannot be resolved by higher altitude observations (e.g., home-position observations from 20 km altitude). The temperature depends mainly on the thermal inertia of the observed medium; higher thermal inertia materials have lower daytime temperatures. Optical images by ONC-T show detailed physical conditions of the surface materials, such as particle size distribution of pebbles, surface morphology of small boulders and craters. At the spacecraft altitude of 100 m, for example, TIR and ONC-T have pixel resolutions of 8.9 cm/pix and 1.1 cm/pix, respectively. In this study, we report on a comparison of TIR and ONC images, especially for boulders and craters.

BOULDERS: TIR close-up observations showed various boulders with different daytime temperatures, or different thermal inertia. Typical thermal inertia of boulders is about 300 J m^{-2} K^{-1} $s^{-0.5}$, but there are a few boulders with thermal inertia up to 1000 J m^{-2} K^{-1} $s^{-0.5}$. The thermal inertia of rocks is mainly controlled by porosity, and porous rock has lower thermal inertia. Therefore, TIR observations show that the porosity of boulders is variable. Furthermore, boulders with high thermal inertia (low porosity) observed by ONC-T were found to be relatively brighter and had a smooth surface. Such variation in porosity, optical brightness, and surface morphology of boulders on Ryugu’s surface might reflect the degree of thermal metamorphism (depth of the source) in the parent body. If the constituents of Ryugu originate from variable depths inside the parent body, this supports the idea of a rubble pile formation of Ryugu after the catastrophic disruption of the parent body. This will place important constraints on the thermal evolution of the parent body.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CRATERS: During the MINERVA descend operations at 21st Sep., we acquired highly resolved images of two craters with diameter of less than 35 m by TIR, but both craters exhibit different thermal characteristics. One crater has a hot spot close to the center of crater, where the thermal inertia is estimated to be less than 150 J m^{-2} K^{-1} $s^{-0.5}$. On the other hand, there seems to be no hot spot in the other crater. The difference in thermophysical properties between these craters might be attributed to formation age or original surface conditions. Our finding of a hot spot with low thermal inertia indicates the presence of a fine-particle deposit in the crater and regolith generation related to the cratering process on this low-gravity asteroid.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In-Situ Investigation of Asteroid (162173) Ryugu by the Hayabusa2 MASCOT Lander

In-Situ Investigation of Asteroid (162173) Ryugu by the Hayabusa2 MASCOT Lander

*矢野 創[1]、Ho Tra-Mi[2]、Jaumann Ralf[3]、Bibring Jean-Pierre[4]、 Glassmeier Karl-Heinz[5]、Grott Matthias [3]、Hercik David [5]、Biele Jens [6]、Hamm Maximilian [3]、Schmitz Nicole [3]、 Schröder Stefanus[3]、Otto Katharina[3]、Krause Christian[6]、Lorda Laurence [7]、Moussi-Soffys Aurelie [7]、Pilorget Cedric [4]、Hamm Vincent [4]、Riu Lucie [1]、Okada Tatsuaki[1]、Sakatani Naoya[1]、Reill Josef [8]、Sasaki Kaname [2]、Schlotterer Markus [2]、Tsuda Yuichi [1]、Ulamec Stephan [6]、Wolff Friederike [8]、Michel Patrick[9]、Delbo Marco [9]、Ogawa Kazunori[10]、Senshu Hiroki[11]、Yoshimitsu Tetsuo [1]、Preusker Frank [3]、Scholten Frank [3]、Elgner Stephan[3]、Mottola Stefano[3]、Kührt Ekkehard[3]、Saiki Takanao[1]、Mimasu Yuya [1]
*Hajime Yano[1], Tra-Mi Ho[2], Ralf Jaumann[3], Jean-Pierre Bibring[4], Karl-Heinz Glassmeier[5], Matthias Grott[3], David Hercik[5], Jens Biele[6], Maximilian Hamm[3], Nicole Schmitz[3], Stefanus Schröder[3], Katharina Otto[3], Christian Krause[6], Laurence Lorda[7], Aurelie Moussi-Soffys[7], Cedric Pilorget[4], Vincent Hamm[4], Lucie Riu[1], Tatsuaki Okada[1], Naoya Sakatani[1], Josef Reill[8], Kaname Sasaki[2], Markus Schlotterer[2], Yuichi Tsuda[1], Stephan Ulamec[6], Friederike Wolff[8], Patrick Michel[9], Marco Delbo[9], Kazunori Ogawa[10], Hiroki Senshu[11], Tetsuo Yoshimitsu[1], Frank Preusker[3], Frank Scholten[3], Stephan Elgner[3], Stefano Mottola[3], Ekkehard Kührt[3], Takanao Saiki[1], Yuya Mimasu[1]

1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, Japan, 、2. German Aerospace Center DLR Bremen, Bremen, Germany、3. German Aerospace Center, Berlin, Germany、4. Univ. de Paris Sud-Orsay, IAS, Orsay, France、5. TU Braunschweig, Braunschweig, Germany、6. German Aerospace Center DLR Cologne, Cologne, Germany、7. National Centre for Space Studies, CNES, Toulouse, France、8. German Aerospace Center, DLR, Oberpfaffenhofen, Germany、9. Université Côte d’Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France、10. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, Kobe, Japan、11. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, Narashino, Japan
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, Japan, , 2. German Aerospace Center DLR Bremen, Bremen, Germany, 3. German Aerospace Center, Berlin, Germany, 4. Univ. de Paris Sud-Orsay, IAS, Orsay, France, 5. TU Braunschweig, Braunschweig, Germany, 6. German Aerospace Center DLR Cologne, Cologne, Germany, 7. National Centre for Space Studies, CNES, Toulouse, France, 8. German Aerospace Center, DLR, Oberpfaffenhofen, Germany, 9. Université Côte d’Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France, 10. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, Kobe, Japan, 11. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, Narashino, Japan

After a journey of almost four years to the C-type asteroid (162173) Ryugu, the MASCOT lander of the Hayabusa2 mission was delivered to the asteroid’s surface on October 3rd in 2018 and successfully performed in situ investigations. MASCOT was released from the mother spacecraft at an altitude of 41 m and came to rest on the surface at a site located at 22.31±0.05˚S, 317.16±0.05˚E. MASCOT observed the surface for a full day-night cycle using its four science instruments until batteries ran out after 17h and 7min. The payload consisting of a wide angle camera (MASCAM), an imaging IR spectrometer (MicrOmega), a multi-channel radiometer (MARA), and a magnetometer (MasMAG) provided a wealth of data which helped to characterize the asteroid’s surface down to millimeter scale. MasCAM images revealed a surface dominated by rocks and boulders without showing fine-grained material. Boulders appeared either bright with smooth faces and sharp edges or dark with cauliflower-like crumbly surfaces.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inclusions observed in high-resolution images showed that rocks had strong similarities with carbonaceous chondrites. Temperatures of a ~60 cm diameter rock that have been measured in situ, were found to be consistent with a thermal inertia of 282(+93, -35) J m^{-2} K^{-1} $s^{-1/2}$, much lower than anticipated when compared to samples in our meteorite collections. This indicated that rocks on Ryugu were highly porous and likely very friable. The remnant magnetization of Ryugu's surface material on scales larger than 1 m was estimated to be lower than $3{\cdot}10^{-6}$ Am^2/kg (the measurement limit of MasMAG). A preliminary analysis of the induction effect in Ryugu caused by the variation in the solar wind magnetic field revealed significantly high electrical conductivity (of the order 1 S/m).

キーワード：Ryugu、Hayabusa2、Asteroid Surface、Lander、Carbonaceous Chondrites、High Porosity
Keywords: Ryugu, Hayabusa2, Asteroid Surface, Lander, Carbonaceous Chondrites, High Porosity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evidence of Mass Movement and Boulder Transport on Bennu from NASA's OSIRIS-REx Space Mission

*Erica R Jawin[1], Kevin J Walsh[2], Tim McCoy[1], Harold C Connolly[3], Dante S Lauretta[4], Ron L Ballouz[4], Jamie L Molaro[5], Olivier S Barnouin[6], Mike Nolan[4]

1. Smithsonian National Institute, Washington, DC, USA, 2. Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA, 3. Dept. of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA, 4. Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA , 5. Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA, 6. The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA

The near-Earth Asteroid (101955) Bennu is currently being studied by the NASA OSIRIS-REx mission. This small, top-shaped asteroid has evidence of a diverse suite of geologic units, including impact craters, linear features, and abundant boulders at a range of sizes, geometric albedos, and morphologies. The surface of the asteroid appears to be old; however localized evidence of mass movement has been detected in various locations that suggests the surface is dynamic. The abundance of boulders on the surface varies widely with location, with concentrations of boulders located in local topographic lows (e.g. the interior of candidate impact craters, between linear ridges), suggesting that boulders travelled across the surface to result in these concentrations. Several locations that are abundant in boulders show evidence of imbrication in the local downslope direction, but evidence of imbrication is more localized than on other asteroids such as Itokawa. Evidence of mass movement at smaller particles sizes is also evident by burial of boulders: evidence of largescale W-E movement of material and burial of rocks has been identified, as well as pileup of boulders at locations downslope of scarps. In addition, the largest boulder on Bennu (~95 m diameter) appears to be partly buried, with a portion of the boulder of unknown size remaining in the subsurface. This boulder has an exposed face that extends vertically off the surface by ~20 m, suggesting that several tens of meters of finer-grained material could have accumulated to bury part of the boulder. The direction that material would have traveled to bury this boulder follows the regional slopes. As a comparison, the second largest boulder on Bennu (~50 m diameter) that is nearby albeit at a slightly higher latitude (45 S latitude, versus the buried boulder at 25 S latitude) is not buried –rather, this boulder appears to be perched on the surface. The variation in very large boulder burial suggests the surface of Bennu has potentially experienced large-scale material transport.

Keywords: OSIRIS-REx, Bennu, Mass-movement, Asteroid, Regolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Resurfacing processes on small asteroids constrained by crater size distributions on Ryugu, Itokawa, and Eros

*高木 直史[1]、長 勇一郎[1]、諸田 智克[3]、巽 瑛理[1]、吉岡 和夫[1]、澤田 弘崇[5]、横田 康弘[2,5]、坂谷 尚哉[5]、早川 雅彦[5]、松岡 萌[5]、本田 理恵[2]、亀田 真吾[4]、山田 学[6]、神山 徹[8]、鈴木 秀彦[10]、本田 親寿[7]、小川 和律[9]、宮本 英昭[1]、Olivier Barnouin[11]、Patrick Michel[12]、Carolyn Ernst[11]、杉田 精司[1,6]
*Naofumi Takaki[1], Yuichiro Cho[1], Tomokatsu Morota[3], ERI TATSUMI[1], Kazuo Yoshioka[1], Hirotaka Sawada[5], yokota yasuhiro[2,5], Naoya Sakatani[5], Masahiko Hayakawa[5], Moe Matsuoka[5], Rie Honda[2], Shingo Kameda[4], Manabu Yamada[6], Toru Kouyama[8], Hidehiko Suzuki[10], Chikatoshi Honda[7], Kazunori Ogawa[9], Hideaki Miyamoto[1], Olivier Barnouin[11], Patrick Michel[12], Carolyn Ernst[11], Seiji Sugita[1,6]

1. 東京大学、2. 高知大学、3. 名古屋大学、4. 立教大学、5. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6. 千葉工業大学 惑星探査センター、7. 会津大学、8. 産総研、9. 神戸大学、10. 明治大学、11. ジョンズホプキンス大学 応用物理学研究所、12. ニース天文台
1. University of Tokyo, 2. Kochi University, 3. Nagoya University, 4. Rikkyo University, 5. JAXA, 6. Chiba Institute of Technology, Planetary Exploration Res. Center, 7. University of Aizu, 8. AIST, 9. Kobe University, 10. Meiji University, 11. Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, 12. Nice Observatory

Recent ion irradiation experiments in laboratories suggest that space weathering may take place very rapidly [1], but telescopic observations of asteroids support much slower space weathering [2]. The spectral rejuvenation process on asteroid surfaces may hold a key for bridging the gap between the two opposite conclusions [3]. However, the nature of the spectral rejuvenation process has not been understood well yet. One approach for understanding the spectral rejuvenation process is to constrain the depth-age relation of surface layers on asteroids. In fact, imaging observations by Hayabusa2 revealed that smaller craters are highly depleted on the surface of the asteroid Ryugu [4], strongly suggesting that resurfacing is acting efficiently on near-surface layers. This depletion was already observed on Eros and Itokawa [5]. In this study, we analyze this depletion in small craters to constrain the resurfacing mechanism on small asteroids, such as Ryugu, Itokawa, and Eros. More specifically, we estimate the resurfacing age of Ryugu, Itokawa and Eros based on crater counting and crater production functions. Then we compare the analysis results with theoretical models for resurfacing mechanisms on such small asteroids.

Crater retention age can be estimated by using both the crater size frequency distribution (CSFD) and the crater production function (CPF). The CSFD on Ryugu shows that the large craters distribution (≧100m in diameter) is close to saturation level, but the number density of small craters (~10 m) is reduced by a factor of 100 [4]. Similar depletion in small craters is also observed on Itokawa [5]. We calculated crater retention ages for different size craters and derived the relation between crater retention ages and excavation depth of craters.

The CPFs on Ryugu, Itokawa, and Eros are estimated based on a classical main belt collisional evolution model and a scaling relation for crater formation. We used a scaling relation including armoring effect [6] for Ryugu and Itokawa to account for the high abundance of boulders on them. In this analysis, we used

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

larger craters than ~10m in diameter. Finally, we derived the relation between crater retention age, *t*, and depth, *d*, of crater, $t \sim d^a$, where *a* is found to be 1.8±0.4 on Ryugu, 1.1±0.3 on Itokawa, and 1.9±0.3 on Eros, respectively. If crater degradation is controlled by a diffusion process, the relation between crater retention age *t* is proportional to the square of crater depth *d*, i.e.,$t \sim d^2$. Ryugu's and Eros's power-law indices (*a* ~1.8-1.9) are consistent with diffusion (*a* = 2), which is not the case of Itokawa's power-law index. However, Itokawa's power-law index *a* increase to 1.9 if we include smaller craters than ~10m in diameter in this analysis. This value is consistent with diffusion (*a* = 2). Actually, Michel et al. 2009 suggests that the depletion of small craters on Itokawa is reproduced by a seismic shaking model without taking an armoring effect into account [7]. The efficiency of an armoring effect for small craters on asteroids is uncertain, but an armoring effect may change the interpretation of CSFDs. In order to understand crater scaling for smaller craters, Small Carry-on Impactor (SCI) experiment on Hayabusa2 is important.

[1] Lantz+2018, Icarus, **302**, 10–17

[2] Lazzarin+2009 AA, **498**, 307-311

[3] Shestopalov+2013, Icarus, **225**, 781-798

[4] Sugita+2019, Science in revision

[5] Hirata+2009, Icarus, **200**, 486-502

[6] Tatsumi & Sugita 2018, Icarus, **300**, 227-248

[7] Michel+2009, Icarus, **200**, 503-513

キーワード：小惑星、クレーター、表面更新、リュウグウ、イトカワ、はやぶさ2
Keywords: asteroid, crater, resurfacing, Ryugu, Itokawa, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A01 東京ベイ幕張ホール

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

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

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[PPS03-19] The shape of Bennu: Implications for internal structure.

★Invited Papers

*Olivier S Barnouin[1]、Micheal G. Daly[2]、Eric E Palmer[3]、Robert W Gaskell[3]、John R. Weirich[3]、Catherine L Johnson[4]、Manar Al Asad[4]、James H Roberts[1]、Mark E. Perry[1]、Hannah C.M. Sursorney[4]、R. Terik Daly[1]、Edward B. Bierhaus[5]、Jeff A Seabrook[2]、Raymond C. Espiritu[1]、A. Hari Nair[1]、Lilian Nguyen[1]、Gregory A Neumann[6]、Carolyn M Ernst[1]、William V Boynton[7]、Micheal C. Nolan[7]、Coralie D. Adams[9]、Micheal C. Moreau[6]、Bashar Rizk[7]、Christian Drouet D'Aubigny[7]、Erica R. Jawin[8]、Kevin J Walsh[10]、Patrick Michel[11]、Stephen R. Schwartz[7]、Ronald L. Ballouz[7]、Erwan M Mazarico[6]、Daniel J. Scheeres[12]、Jay W. McMahon[12]、W Bottke[10]、Seiji Sugita[13]、Naru Hirata[14]、Noayuki Hirata[15]、Sei-ichiro Watanbe[16]、Keara N. Burke[7]、Daniella N. DellaGuistina[7]、Carinna A. Bennet[7]、Dante Lauretta[7] (1.Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory、2.The Centre for Research in Earth and Space Science, York University, Toronto, Ontario, Canada.、3.Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA、4.Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, University of British Columbia, Vancouver, Canada.、5.Lockheed Martin Space Systems Company, Denver, CO, USA.、6.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.、7.Lunar Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA.、8.Smithsonian Institution National Museum of Natural History, Washington, DC, USA.、9.KinetX Aerospace, Inc. Simi Valley, CA, USA、10.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA.、11.Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France.、12.Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA.、13.University of Tokyo, Tokyo, Japan.、14.Aizu University, Aizu-Wakamatsu, Japan.、15.Kobe University, Kobe, Japan.、16.Nagoya University, Nagoya, Japan.)

9:15 ~ 9:30

[PPS03-20] Global Geology of Bennu from NASA's OSIRIS-REx Space Mission

★Invited Papers

*Erica R Jawin[1]、Kevin J Walsh[2]、Tim McCoy[1]、Harold C Connolly[3]、Dante S Lauretta[4]、Ron L Ballouz[4]、Olivier S Barnouin[5]、C Beddingfield[6]、Carina A Bennett[4]、Edward B Bierhaus[7]、Keara N Burke[4]、Ben Clark[8]、Michael G Daly[9]、Marco Delbo[10]、Daniella DellaGiustina[4]、Jason P Dworkin[11]、Christine Hartzell[12]、John Marshall[6]、Patrick Michel[10]、Jamie L. Molaro[13]、Mike Nolan[4]、Maurizio Pajola[14]、Mark Perry[5]、Bashar Rizk[4]、Scott Sandford[15]、Dan J Scheeres[16]、Stephen R Schwartz[4]、David Trang[17] (1.Smithsonian National Institute, Washington, DC, USA、2.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA、3.Dept. of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA、4.Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA 、5.The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA、6.SETI Institute, Mountain View, CA, USA、7.Lockheed Martin Space Systems Company, USA、8.Space Science Institute, Boulder CO, USA、9.York University, Canada、10.Laboratoire Lagrange, Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France、11.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA、12.Department of

Aerospace Engineering, University of Maryland, College Park MD, USA、13.Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA、14.INAF - Astronomical Observatory of Padova, Italy、15.NASA Ames Research Center, USA、16.Dept. of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA、17.HIGP/University of Hawaii at Manoa, USA)

9:30 ~ 9:45

[PPS03-21] Modeling surface mobility mechanisms on a top-shaped near-Earth asteroid

★Invited Papers

*Ronald Ballouz[1]、Nicola Baresi[2]、Olivier S Barnouin[3]、Carina A Bennet[1]、Edward B Bierhaus[4]、Keara N Burke[1]、Harold C Connolly[5]、Sarah T Crites[2]、Daniella DellaGiustitna[1]、Erica Jawin[6]、Dante S Lauretta[1]、Patrick Michel[7]、Derek C Richardson[8]、Dan J Scheeres[9]、Stephen Schwartz[1]、Seiji Sugita[10]、Eri Tatsumi[10]、Florian Thuillet[7]、Kevin Walsh[11] (1.Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan、3.The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA、4.Lockheed Martin, Boulder, CO, USA、5.Department of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA、6.Smithsonian National Museum of Natural History, Washington, DC, USA、7.UCA-OCA-CNRS, Lagrange Laboratory, Nice, France、8.Dept. of Astronomy, University of Maryland, College Park, MD, USA、9.Dept. of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA、10.University of Tokyo, Tokyo, Japan、11.Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA)

9:45 ~ 10:00

[PPS03-22] **Visualization and Analysis of Solar System Small Bodies with NASA's Solar System Treks Project**

*Brian Hamilton Day[1]、Emily Law[2] (1.NASA Solar System Exploration Research Virtual Institute, NASA Ames Research Center、2.NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology)

10:00 ~ 10:15

[PPS03-23] Density Distribution within Small Solar System Bodies Based on Smooth Terrain Shape: Asteroid 25143 Itokawa and Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko

*金丸 仁明[1]、佐々木 晶[1]、Mark Wieczorek[2] (1.大阪大学、2.コートダジュール天文台)

10:15 ~ 10:30

[PPS03-24] 彗星探査計画CAESARに向けた非晶質珪酸塩の低温水質変成実験

*瀧川 晶[1,4]、木村 勇気[1]、古川 善博[2]、中村 智樹[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.北海道大学低温科学研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.京都大学白眉センター)

The shape of Bennu: Implications for internal structure.

*Olivier S Barnouin[1], Micheal G. Daly[2], Eric E Palmer[3], Robert W Gaskell[3], John R. Weirich[3], Catherine L Johnson[4], Manar Al Asad[4], James H Roberts[1], Mark E. Perry[1], Hannah C.M. Sursorney[4], R. Terik Daly[1], Edward B. Bierhaus[5], Jeff A Seabrook[2], Raymond C. Espiritu[1], A. Hari Nair[1], Lilian Nguyen[1], Gregory A Neumann[6], Carolyn M Ernst[1], William V Boynton[7], Micheal C. Nolan[7], Coralie D. Adams[9], Micheal C. Moreau[6], Bashar Rizk[7], Christian Drouet D'Aubigny[7], Erica R. Jawin[8], Kevin J Walsh[10], Patrick Michel[11], Stephen R. Schwartz[7], Ronald L. Ballouz[7], Erwan M Mazarico[6], Daniel J. Scheeres[12], Jay W. McMahon[12], W Bottke[10], Seiji Sugita[13], Naru Hirata[14], Noayuki Hirata[15], Sei-ichiro Watanbe[16], Keara N. Burke[7], Daniella N. DellaGuistina[7], Carinna A. Bennet[7], Dante Lauretta[7]

1. Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, 2. The Centre for Research in Earth and Space Science, York University, Toronto, Ontario, Canada., 3. Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA, 4. Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, University of British Columbia, Vancouver, Canada., 5. Lockheed Martin Space Systems Company, Denver, CO, USA., 6. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA., 7. Lunar Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA., 8. Smithsonian Institution National Museum of Natural History, Washington, DC, USA., 9. KinetX Aerospace, Inc. Simi Valley, CA, USA, 10. Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA., 11. Université Côte d’Azur, Observatoire de la Côte d’Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France., 12. Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA., 13. University of Tokyo, Tokyo, Japan., 14. Aizu University, Aizu-Wakamatsu, Japan., 15. Kobe University, Kobe, Japan., 16. Nagoya University, Nagoya, Japan.

Introduction: We used data collected by the Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, and Security–Regolith Explorer (OSIRIS-REx) spacecraft since November 1, 2018 to develop a global digital terrain model (DTM) of Bennu. The DTM is developed from images collected by the OSIRIS-REx Camera Suite using stereophotoclinometry (SPC). We validated the DTM independently using limb data and by the identification of keypoints between actual images and synthetic images rendered from the DTM. The results are also compared to an independent model derived from range measurements collected by the OSIRIS-REx Laser Altimeter (OLA). While developing the global model, we also refine the pole orientation and rotational state of the asteroid. The characteristics of the resulting global digital terrain model provide constraints on the factors responsible for the origin and evolution of Bennu’s shape and surface.

Digital Terrain Model Construction from Imaging: About 1500 OCAMS images with ground sample distance ranging from 30 to 200 m were used to develop the global DTM of Bennu. We used distant limb data of Bennu to construct an initial DTM of Bennu. Then a combination of geometric stereo data and surface lighting conditions (or photoclinometry) modeled small patches (or maplets) of terrain across the asteroid. Geometric stereo typically defines the location of the center of each maplet, while the surface tilts across the maplet are estimated by best fitting the brightness variations of images that contain some portion of the maplet. These maplets are then combined to build a global model. The model increases in detail, accuracy, and precision as higher-resolution images and images with different viewing conditions are incorporated.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Digital Terrain Model Construction from Laser Altimetry: We collated several six-hour linear scans obtained by OLA during orbit around Bennu to make an independent shape model of Bennu at a resolution equivalent to the one derived from imaging. This DTM is improved relative to the SPC-derived model because OLA better resolves the heights, and extent of 1 to 3m boulders across the surface of the asteroid.

Bennu’s Geomorphological and Structural Properties: The evaluation of the both models shows that the average size of the asteroid is 490.06 ±0.16 m.

The model shows the presence of several features:
-An equatorial ridge that is muted, and is diamond-shaped when viewed from the pole;
-Topographic north-south ridges that extend in some instances from pole to pole. The ridges influence the distribution of boulders, which are frequently concentrated between the ridges;
-Large craters that influence some of the attributes of the shape, primarily along the equator;
-A few large protruding boulders >40 m in diameter and >10 m high, mostly in the southern hemisphere;
-Grooves, scarps, and troughs that in some instances extend several 10s to 100s of meters, with depths ranging from 2–10 m.

Conclusion: The initial shape characteristics suggest that Bennu has some interior stiffness. Considering past modeling efforts investigating deformation due to spin-up, the lack of a circular equatorial ridge with a pronounced bulge, and the presence of high standing north-south ridges indicate that in spite of an abundance of evidence for material moving towards the equator, Bennu has interior structure that resists deformation.

Keywords: (101955) Bennu, Asteroids, OSIRIS-REx mission

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global Geology of Bennu from NASA's OSIRIS-REx Space Mission

*Erica R Jawin[1], Kevin J Walsh[2], Tim McCoy[1], Harold C Connolly[3], Dante S Lauretta[4], Ron L Ballouz[4], Olivier S Barnouin[5], C Beddingfield[6], Carina A Bennett[4], Edward B Bierhaus[7], Keara N Burke[4], Ben Clark[8], Michael G Daly[9], Marco Delbo[10], Daniella DellaGiustina[4], Jason P Dworkin[11], Christine Hartzell[12], John Marshall[6], Patrick Michel[10], Jamie L. Molaro[13], Mike Nolan[4], Maurizio Pajola[14], Mark Perry[5], Bashar Rizk[4], Scott Sandford[15], Dan J Scheeres[16], Stephen R Schwartz[4], David Trang[17]

1. Smithsonian National Institute, Washington, DC, USA, 2. Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA, 3. Dept. of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA, 4. Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA , 5. The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA, 6. SETI Institute, Mountain View, CA, USA, 7. Lockheed Martin Space Systems Company, USA, 8. Space Science Institute, Boulder CO, USA, 9. York University, Canada, 10. Laboratoire Lagrange, Université Côte d’Azur, Observatoire de la Côte d’Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Nice, France, 11. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA, 12. Department of Aerospace Engineering, University of Maryland, College Park MD, USA, 13. Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA, 14. INAF - Astronomical Observatory of Padova, Italy, 15. NASA Ames Research Center, USA, 16. Dept. of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA, 17. HIGP/University of Hawaii at Manoa, USA

NASA’s OSIRIS-REx sample return mission has been observing the near-Earth Asteroid (101955) Bennu since December 2018 and will be collecting a sample of the surface in the summer of 2020, to be returned to Earth in 2023. Preliminary and ongoing observations have yielded much information about Bennu’s formation, evolution, and ongoing geologic activity. Here we report on the global geology of Bennu based on analyses of images combined with shape, mass, and slope measurements. Initial results suggest that Bennu is a rubble-pile asteroid, formed from a parent body that was collisionally disrupted and reaccumulated. The asteroid has a “top” shape which is spherical with an equatorial bulge, similar to other near-Earth asteroids including Ryugu as observed by the Hayabusa2 sample return space mission. Candidate impact craters have been observed at a range of diameters between ~10-150 m across the surface of Bennu, leading to a crater retention age of 100 million to 1 billion years. An apparent concentration of large crater candidates at low latitudes suggest that the equatorial ridge is stratigraphically old, and may have formed early in Bennu’s history or been inherited from the reaccumulation event which created the asteroid. Several linear features have been identified on Bennu, the largest of which are topographic highs that extend longitudinally from the northern polar regions to the equator. Boulders are concentrated between several of these linear ridges, as well as in the interior of large candidate craters. Boulders on Bennu appear to be geologically diverse. Boulder sizes range from < 3 m to ~95 m in diameter with large variations in geometric albedo, morphology, degree of burial, and state of degradation. Fractured boulders have been identified with various numbers, orientations, and widths of fractures. Distinct clasts within several boulders indicate they may be breccias, while piles of boulders may represent disaggregated polymict or brecciated boulders. Current imaging resolution cannot resolve centimeter-sized particles, so direct detections of regolith or other sub-cm sized particles have not been made. However, several small candidate craters (< 20 m diameter) have a significant lack of boulders relative to the surrounding terrain, and additional datasets suggest the presence of a component of fine-grained particles. Improved image resolution will aid in the identification of regolith deposits on Bennu.

Keywords: OSIRIS-REx, Bennu, Asteroid, Geology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modeling surface mobility mechanisms on a top-shaped near-Earth asteroid

*Ronald Ballouz[1], Nicola Baresi[2], Olivier S Barnouin[3], Carina A Bennet[1], Edward B Bierhaus[4], Keara N Burke[1], Harold C Connolly[5], Sarah T Crites[2], Daniella DellaGiustitna[1], Erica Jawin[6], Dante S Lauretta[1], Patrick Michel[7], Derek C Richardson[8], Dan J Scheeres[9], Stephen Schwartz[1], Seiji Sugita[10], Eri Tatsumi[10], Florian Thuillet[7], Kevin Walsh[11]

1. Lunar and Planetary Lab, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Sagamihara, Japan, 3. The Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, MD, USA, 4. Lockheed Martin, Boulder, CO, USA, 5. Department of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA, 6. Smithsonian National Museum of Natural History, Washington, DC, USA, 7. UCA-OCA-CNRS, Lagrange Laboratory, Nice, France, 8. Dept. of Astronomy, University of Maryland, College Park, MD, USA, 9. Dept. of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO, USA, 10. University of Tokyo, Tokyo, Japan, 11. Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA

The advent of near-Earth asteroid (NEA) encounters with spacecraft has provided a view of planetary surfaces evolving on the smallest objects yet explored. The arrival of OSIRIS-REx and Hayabusa2 at their target asteroids (101955) Bennu, with average diameter (d) = 0.49 km, and (162173) Ryugu (d = 0.90 km), revealed cratered top-shaped worlds with signs of surface mobility [1, 2]. Compared to larger planetary bodies, Bennu and Ryugu’s small sizes and gravities challenge the conventional understanding of surface modification mechanisms, such as the redistribution of boulders on the surface or the erasure of craters.

On the larger NEA (433) Eros (d = 16.8 km), boulders were spatially correlated with impact craters, which degrade through impact-induced seismic shaking [3]. However, our poor understanding of rubble-pile interiors [4], combined with processes that operate more efficiently on smaller NEAs (such as thermal re-radiation torques, i.e., the YORP effect [5]), introduces new complexities to understanding surface mobility on Bennu and Ryugu.

Here, we first present evidence of a dynamic surface on Bennu and Ryugu. Then, we present an analysis of the dynamical processes that may dominate the surface modification of small top-shaped NEAs. We model the redistribution of material on the surface due to different input energy sources: i) impact-induced seismic shaking, ii) YORP spin-up, iii) impact cratering, and iv) planetary encounters. We use a combination of techniques that allows us to approach the problem at multiple length and time scales. The first step models the global effect of the energy sources using analytical techniques. In the second step, we model the fine grain scale interactions in a microgravity environment in short timescales using a particle dynamics code [6,7]. Finally, we propagate the accumulated effect of the fine-scale interactions by integrating individual surface modifications over the typical timescale of each individual process. The results are used to assess which of the above listed mechanisms are the most effective at transforming small NEA surfaces.

References:

1. Walsh et al. 2019, Nature Geoscience, Accepted.

2. Sugita et al. 2019, Science, Accepted.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3. Richardson, J.E. et al. (2005) Icarus, 179, 324–349.

4. Scheeres, D.J. et al. (2015) in Asteroids IV (eds. Michel, DeMeo, & Bottke), pp. 745–766.

5. Bottke, W.F. et al. (2006) Annual Reviews of E&PS, 34, 157–191.

6. Richardson, D.C. et al. (2011) Icarus, 212, 427–437.

7. Schwartz, S.R. et al. (2012) Granular Matter, 14, 363–380.

Acknowledgements:

This material is based upon work supported by NASA under Contract NNM10AA11C issued through the New Frontiers Program and from Grant no. 80NSSC18K0226 as part of The OSIRIS-REx Participating Scientist Program. P.M. and F.T. P.M. acknowledge funding support from the French space agency CNES and from Academies of Excellence: Complex systems and Space, environment, risk, and resilience, part of the IDEX JEDI of the Université Côte d’Azur.

Keywords: Near Earth Asteroids, OSIRIS-REx, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Visualization and Analysis of Solar System Small Bodies with NASA's Solar System Treks Project

*Brian Hamilton Day[1], Emily Law[2]

1. NASA Solar System Exploration Research Virtual Institute, NASA Ames Research Center, 2. NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology

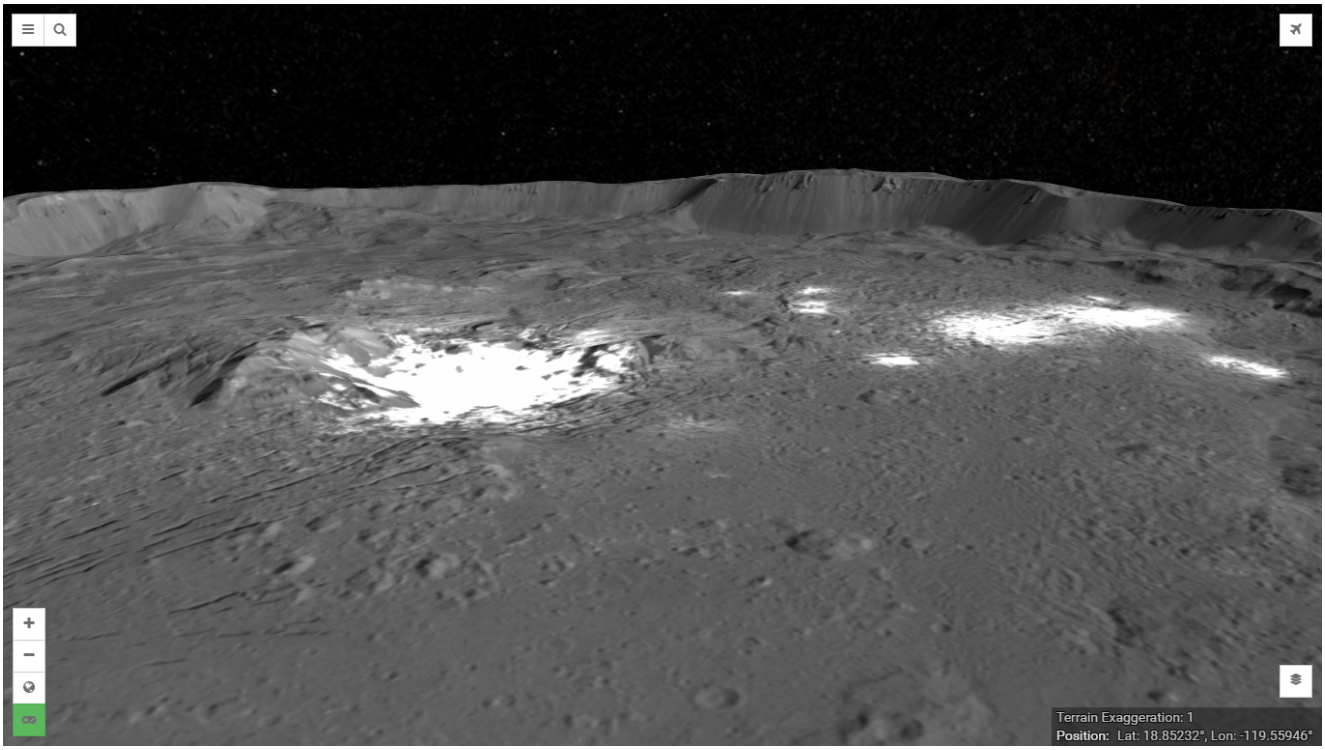
In its investigations of Vesta and Ceres, NASA's Dawn mission has returned spectacular data detailing the surfaces of these two prominent small bodies in our Solar System's asteroid belt. In order to greatly facilitate dissemination, visualization, and analysis of this data, and public understanding of the mission, the Dawn mission has partnered with NASA's Solar System Treks Project (SSTP). SSTP has recently released an update to the Vesta Trek online portal (https://trek.nasa.gov/vesta/) and has released a new Ceres Trek portal (https://trek.nasa.gov/ceres/).

This presentation will showcase the use of the Ceres Trek and Vesta Trek portals and demonstrate how they can be used to visualize and analyze particularly interesting landforms such as the pitted terrain on Vesta and relic cryovolcanoes on Ceres. We will also demonstrate the new VR capability that has been added to the portals, allowing users to generate their own virtual reality flyovers for any user-defined paths along the bodies' surfaces. In addition to highlighting the portals for Ceres and Vesta, the presentation will preview additional portals being planned/developed for other small bodies. NASA and JAXA have requested the development of a portal for the asteroid Ryugu to facilitate dissemination, visualization, and analysis of data from Japan's Hayabusa2 mission, and a portal for Mars' moon Phobos in support of mission planning for Japan's MMX mission. We are also planning a portal for the asteroid Bennu with data from the OSIRIS-Rex mission.

All of these products are efforts in the NASA Solar System Treks Project (SSTP), available at https://trek.nasa.gov. NASA's Solar System Trek online portals provide web-based suites of interactive data visualization and analysis tools to enable mission planners, planetary scientists, students, and the general public to access mapped data products from past and current missions for a growing number of planetary bodies including the Moon, Mars, Vesta, etc. These portals are being used for site selection and analysis by NASA and a number of its international partners, supporting upcoming missions. In addition to demonstrating the capabilities of selected portals in this presentation, we will solicit input from the community for ideas for future enhancements to the portals.

Keywords: Ceres, Vesta

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Density Distribution within Small Solar System Bodies Based on Smooth Terrain Shape: Asteroid 25143 Itokawa and Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko

*金丸 仁明[1]、佐々木 晶[1]、Mark Wieczorek[2]
*Masanori Kanamaru[1], Sho Sasaki[1], Mark Wieczorek[2]

1. 大阪大学、2. コートダジュール天文台
1. Osaka University, 2. Côte d'Azur Observatory

Small solar system bodies are the remnants of the early stage of the solar system formation. Shapes and interior structures of small bodies tell us about how they formed and evolved. Particularly, the interior density distribution of small bodies is an important clue for better understanding of planetesimal collisions and subsequent accumulation processes. However, we have much less information about their interiors than their surface properties, partly because it is difficult to measure the exterior gravity precisely in a small body mission. We have investigated a method to estimate density distribution within a small body based on combining spacecraft imagery and the simulated gravity field on the surface of the small body (Kanamaru and Sasaki, 2019; Kanamaru, Sasaki and Wieczorek, in prep.).

If a small body possesses loose regolith sufficiently, over geologic time, impact-induced seismic shaking or cometary activity may have triggered mass movement from a high standing region to a low standing region (Richardson and Bowling, 2014). Our inversion of density distribution assumes that a very flat region on a small body, which is covered with fine gravels and associated with the low standing area in gravitational potential, might approximate an equi-potential surface. Therefore, the inversion processes include (1) mapping a smooth terrain on a 3D shape model of the small body using the Small Body Mapping Tool, and (2) computing dynamic elevations above a reference potential surface given ununiform density distribution (as shown in the upper left panel in Figure). As a criteria for mapping the smooth terrain, we also used a surface roughness defined as the standard deviation of the dynamic elevations within a circle of a specific scale (upper right panel in Figure). The misfit between the smooth terrains and the equi-potential surface is characterized by the standard deviation of the surface elevations within the flat region. On the above assumption of the topographic erosion process, the minimum misfit gives a best fitting density. We applied this method to asteroid Itokawa and comet 67P/Churyumov-Gerasimenko to investigate whether each of their lobes has a different density from the other or not.

There exists three major smooth terrains on Itokawa, named MUSES-C Regio, Sagamihara Regio and Uchinoura Regio. Given different densities to the two lobes of Itokawa (the head and body), the misfit for the smooth terrains is minimized where the head of Itokawa has a higher density than the mean bulk density. Based on the consideration of the systematic errors that arise from the uncertainty of the shape model itself and the calculation error of the gravity field, the allowable range of the head density is estimated to be 2,450 (2,220-2,670) kg/m^3 in contrast to the body density of 1,930 (1,976-1,879) kg/m^3 . Such a great contrast in density between the two lobes is consistent with the independent estimate of the center-of-mass/center-of-figure offset of Itokawa based on the YORP spin-up observation (Lowry et al., 2014).

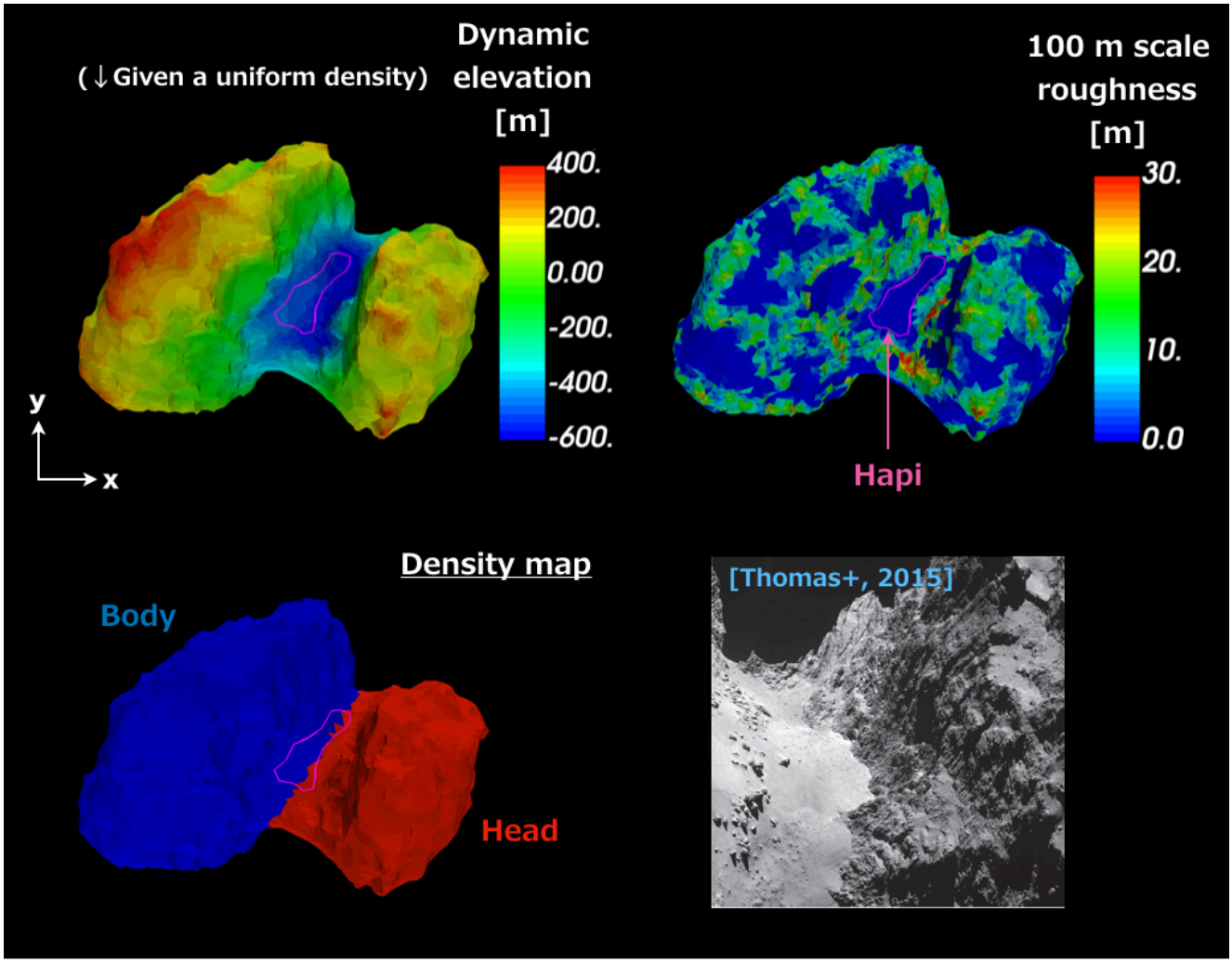
The comet nucleus of 67P also has a smooth terrain called Hapi, which is likely to be covered with particles falling from other regions. In the density inversion for the two lobes of 67P, the head and body

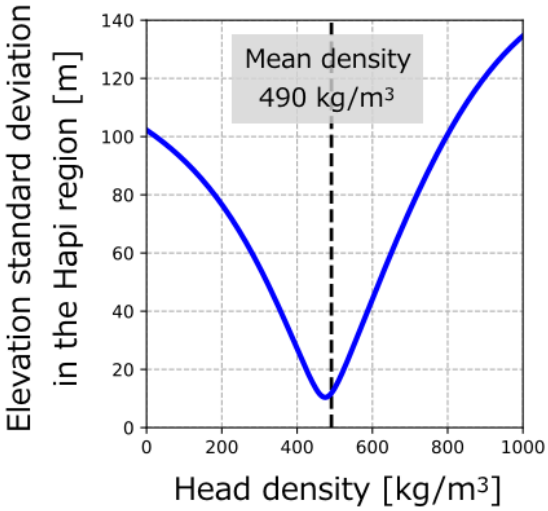
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(see the middle left panel in Figure), the best fitting density of the head is similar to the mean bulk density unlike the case of Itokawa (lower panel in Figure). This result indicates a global scaled homogeneity of 67P, which is consistent with the gravity measurement by Patzold et al. (2016). If the bi-lobed shape of the comet was formed by a sub-catastrophic disruption of its parent body and merger of two main fragments (Jutzi and Benz, 2017), it is possible for the two lobes to have the same density.

キーワード：太陽系小天体、小惑星25143イトカワ、チュリモフ・ゲラシメンコ彗星、内部密度分布構造、重力場
Keywords: Small solar system body, Asteroid 25143 Itokawa, Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, Interior density distribution, Gravity field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

彗星探査計画CAESARに向けた非晶質珪酸塩の低温水質変成実験
Low temperature hydration experiments of cometary analog materials towards the Comet Astrobiology Exploration Sample Return (CAESAR) mission

*瀧川 晶[1,4]、木村 勇気[1]、古川 善博[2]、中村 智樹[3]
*Aki Takigawa[1,4], Yuki Kimura[1], Yoshihiro Furukawa[2], Tomoki Nakamura[3]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 京都大学白眉センター
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Institute of Low Temperature Science, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. The Hakubi Center for Advanced Research

The Comet Astrobiology Exploration Sample Return (CAESAR) mission is a final candidate for selection as the fourth mission in NASA’s New Frontiers Program. CAESARaims to acquire and return to Earth for laboratory analysis a minimum of 80 g of surface material from the nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko (67P) (Squyres et al. 2018).Near-infrared spectra of a short-period comet 67P taken by the spectrometer onboard Rosseta spacecraft also indicate the absence of phyllosilicates in this comet (Capaccioni et al. 2015). In order to return anhydrated samples from 67P, optimal conditions for sampling should be determined because cometary dust particles especially amorphous silicates are highly reactive. Hydration process of anhydrous crystalline silicates such as olivine is already well-characterized, whereas reaction of water vapor or ice with amorphous silicates and organic matters at temperatures below H_2O freezing points has been poorly understood. In this study, we performed incubation experiments of amorphous silicates and organic matters under low temperature conditions with ice or vapor of D_2O/NH_3.

Amorphous silicate nanoparticles with three different chemical compositions and textures (S1, S2, and S3), and commercial glycine and ribose powder were used in the experiments. S1 is composed of ~100 nm particles having $MgSi_2O_5$composition prepared with sol-gel processing. S2 and S3 are condensates from high temperature gases. S2 is amorphous Mg_2SiO_4nanoparticles of ~80 nm in size synthesized in a Radio Frequency plasma system (Koike et al. 2010). S3 is 30-100 nm sized amorphous silicate with Mg/Si~0.93 embedded with metallic Fe-Ni particles condensed from a high temperature vapor of the CI chondritic ratios of Mg, Al, Ca, Fe, and Nito Si in an induction thermal plasma system (Kim et al. 2017).

Two types of ice were used in the experiments to evaluate the effects of corrosive gases in 67P; (A) Pure D_2O ice (99.90% purity) and (B) Mixture D_2O ice with 0.3% H_2O and 0.15% NH_3. Experiments with different ices were performed in different vacuum containers placed in a cryogenic box. About 5 mg of three silicate and glycine samples were put in different open-top glass bottles (2 ml). Approximately 50 mg of chipped ice fragments were put in the glass bottles and directly contact with the silicate and glycine samples. Roughly ~500 mg of the same ice fragments were put in the vacuum containers as a vapor source. The temperature of the cryogenic box sets at -17 or -27˚C. The samples were exposed with saturated vapor of ices for 10-120 days. As a comparison, exposure experiments of amorphous silicate samples (S1, S2, and S3) to H_2O vapor were also conducted at 25 and 50˚C for 10 days.

The exposed silicate samples were analyzed with a powder X-ray diffraction (XRD, Rigaku SmartLab) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR; JASCO MFT-680, Thermo Nicolet iS5). The recovery rate of glycine (i.e., molar ratio of recovered glycine over starting glycine) and ribose were obtained by liquid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

chromatography tandem mass spectrometer (LC/MSMS; Shimadzu LCMS-8040).

No clear change of the XRD patterns and FT-IR spectra for S1, S2, and S3 was confirmed after the experiments for <120 days at -17 and -27˚C. The recovery of glycine exposed to D_2O ice and NH_3 -containing D_2O ice for 10 days was 108±8 mol% and 105±8 mol%, respectively. The recovery of ribose exposed to D_2O ice and NH_3-containing D_2O ice for 10 days was 108±12 mol% and 105±12 mol%, respectively. Bicause the ice sublimation timescale is very short at the exoerimental temperatures, the present results indicate that cometary silicates at <-20˚C in comets are pristine even if they have high surface to volume ratio and amorphous structures as GEMS grains in anhydrous CP-IDPs.

キーワード：彗星、探査計画、水質変成実験
Keywords: comet, space exploration, hydration experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

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

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

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[PPS03-25] Overview and current status of DESTINY$^+$ mission

★Invited Papers

*荒井 朋子[1]、小林 正規[1]、石橋 高[1]、吉田 二美[1]、木村 宏[1]、平井 隆之[1]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、千秋 博紀[1]、和田 浩二[1]、スラマ ラルフ[2]、クルーガー ハラルド[3]、渡部 潤一[4]、伊藤 孝士[4]、石黒 正晃[5]、中村 智樹[6]、薮田 ひかる[7]、橘 省吾[8]、三河内 岳[8]、阿部 新助[9]、大塚 勝仁[10]、浦川 聖太郎[11]、中村メッセンジャー 圭子[12]、小松 睦美[13]、亀田 真吾[14]、鍵谷 将人[6]、平田 成[15]、出村 裕英[15]、佐々木 晶[16]、廣井 隆弘[17]、小松 吾郎[18]、金田 英宏[19]、稲守 孝哉[19]、岡本 尚也[20]、柳沢 俊史[20]、吉川 真[20]、矢野 創[20]、岡田 達明[20]、岩田 隆浩[20]、大坪 貴文[20]、川勝 康弘[20]、豊田 裕之[20]、西山 和孝[20]、高島 健[20] (1.千葉工業大学惑星探査研究センター、2.シュツットガルト大学、3.マックスプランク研究所、4.国立天文台、5.ソウル大学、6.東北大学、7.広島大学、8.東京大学、9.日本大学、10.東京流星観測網、11.日本スペースガード協会、12.NASA、13.総合研究院大学、14.立教大学、15.会津大学、16.大阪大学、17.ブラウン大学、18.ダヌンツィオ大学、19.名古屋大学、20.宇宙航空研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[PPS03-26] Observational campaign of (3200) Phaethon and (155140) 2005UD in 2017-2018

*吉田 二美[1]、Arai Tomoko[1]、Ishibashi Ko[1]、Hong Peng[1]、Ishimaru Ryo[1]、International observation collaborators DESTINY+ (1.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology)

11:15 ~ 11:30

[PPS03-27] Rotationally-resolved spectroscopic observations of Phaethon - 2005 UD, and their fragments detected by lunar impact flashes.

*阿部 新助[1]、Moskovitz Nicholas[2]、吉田 二美[3]、大塚 勝仁[4]、伊藤 孝士[5]、布施 綾太[1]、柳澤 正久[6]、山田 竜平[7] (1.日本大学理工学部 航空宇宙工学科、2.ローウェル天文台、3.千葉工業大学 惑星探査研究センター、4.東京流星ネットワーク、5.国立天文台、6.電気通信大学 情報理工学研究科、7.会津大学 コンピュータ理工学部)

11:30 ~ 11:45

[PPS03-28] Thermal Radiation Pressure Force on Regolith Particles of Atmosphereless Bodies

*Yoonsoo P. Bach[1]、Masateru Ishiguro[1] (1.Department of Physics and Astronomy, Seoul National University)

11:45 ~ 12:00

[PPS03-29] A kilometre-sized Kuiper belt object revealed by OASES stellar occultation observations

*有松 亘[1,2]、津村 耕司[3]、臼井 文彦[4]、新中 善晴[5]、市川 幸平[3,6,7]、大坪 貴文[8]、小谷 隆行[2,9]、和田 武彦[8]、長勢 晃一[8]、渡部 潤一[2] (1.京都大学 付属天文台、2.国立天文台、3.東北大学 学際科学フロンティア研究所、4.神

戸大学大学院 理学研究科 惑星科学研究センター、5.京都産業大学、6.コロンビア大学、7.テキサス大学サンアントニオ校、8.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、9.アストロバイオロジーセンター)

12:00 ~ 12:15

[PPS03-30] AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey: AcuA-spec

*臼井 文彦[1]、長谷川 直[2]、大坪 貴文[2]、尾中 敬[3,4] (1.神戸大学大学院 理学研究科 惑星科学研究センター、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.東京大学大学院理学系研究科 天文学専攻、4.明星大学理工学部 総合理工学科)

Overview and current status of DESTINY$^+$ mission

*荒井 朋子[1]、小林 正規[1]、石橋 高[1]、吉田 二美[1]、木村 宏[1]、平井 隆之[1]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、千秋 博紀[1]、和田 浩二[1]、スラマ ラルフ[2]、クルーガー ハラルド[3]、渡部 潤一[4]、伊藤 孝士[4]、石黒 正晃[5]、中村 智樹[6]、薮田 ひかる[7]、橘 省吾[8]、三河内 岳[8]、阿部 新助[9]、大塚 勝仁[10]、浦川 聖太郎[11]、中村 メッセンジャー 圭子[12]、小松 睦美[13]、亀田 真吾[14]、鍵谷 将人[6]、平田 成[15]、出村 裕英[15]、佐々木 晶[16]、廣井 隆弘[17]、小松 吾郎[18]、金田 英宏[19]、稲守 孝哉[19]、岡本 尚也[20]、柳沢 俊史[20]、吉川 真[20]、矢野 創[20]、岡田 達明[20]、岩田 隆浩[20]、大坪 貴文[20]、川勝 康弘[20]、豊田 裕之[20]、西山 和孝[20]、高島 健[20]
*Tomoko Arai[1], Masanori Kobayashi[1], Ko Ishibashi[1], Fumi Yoshida[1], Hiroshi Kimura[1], Takayuki Hirai[1], Hong Peng[1], Manabu Yamada[1], Hiroki Senshu[1], Koji Wada[1], Ralf Srama[2], Harald Kruger[3], Jun-ichi Watanabe[4], Takashi Ito[4], Masateru Ishiguro[5], Tomoki Nakamura[6], Hikaru Yabuta[7], Shogo Tachibana[8], Takashi Mikouchi[8], Shinsuke Abe[9], Katsuhito Ohtsuka[10], Seitaro Urakawa[11], Keiko Nakamura-Messenger[12], Mutsumi Komatsu[13], Shingo Kameda[14], Masato Kagitani[6], Naru Hirata[15], Hirohide Demura[15], Sho Sasaki[16], Takahiro Hiroi[17], Goro Komatsu[18], Hidehiro Kaneda[19], Takaya Inamori[19], Takaya Okamoto[20], Toshifumi Yanagisawa[20], Makoto Yoshikawa[20], Hajime Yano[20], Tatsuaki Okada[20], Takahiro Iwata[20], Takafumi Ootsubo[20], Yasuhiro Kawakatsu[20], Hiroyuki Toyota[20], Kazutaka Nishiyama[20], Takeshi Takashima[20]

1. 千葉工業大学惑星探査研究センター、2. シュツットガルト大学、3. マックスプランク研究所、4. 国立天文台、5. ソウル大学、6. 東北大学、7. 広島大学、8. 東京大学、9. 日本大学、10. 東京流星観測網、11. 日本スペースガード協会、12. NASA、13. 総合研究院大学、14. 立教大学、15. 会津大学、16. 大阪大学、17. ブラウン大学、18. ダヌンツィオ大学、19. 名古屋大学、20. 宇宙航空研究開発機構
1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2. University of Stuttgart, 3. Max Planck Institute, 4. National Astronomical Observatory of Japan , 5. Seoul National Universtiy, 6. Tohoku University, 7. Hiroshima University, 8. The University of Tokyo, 9. Nihon University, 10. Tokyo Meteor Network, 11. Japan Spaceguard Association, 12. NASA , 13. The Graduate University for Advanced Studies, 14. Rikkyo University, 15. Aizu University, 16. Osaka University, 17. Brown University, 18. D'Annunzio University, 19. Nagoya University, 20. JAXA

DESTINY$^+$ (Demonstration and Experiment of Space Technology for INterplanetary voYage, Phaethon fLyby and dUst Science) was selected in 2017 as a mission for JAXA/ISAS small-class program. It is a joint mission of technology demonstration and scientific observation. It will test high performance electric propelled vehicle technology and high-speed flyby of asteroid (3200) Phaethon and possibly asteroid 2005UD, which a break-up body from Phaethon as an extended mission. Engineering challenges include an up-close encounter at a distance of 500 km from Phaethon with radio-optical hybrid navigation guidance and control, and autonomous imaging based on optical information for target tracking during a high-speed flyby of 33km/sec. The science goal is to understand the nature and origin of cosmic dust brought onto the Earth, in the context of exogenous contribution of carbon and organics for possible prebiotic seeds of the terrestrial life. Phaethon is a parent body of Geminid meteor shower, and thus a known source to periodically provide dust to the Earth, via the dust stream. The science objectives are two folded: (1) in-situ analyses of velocity, arrival direction, mass and chemical composition of interplanetary and interstellar dust particles around 1 au, the dust trail, and nearby Phaethon, and (2) flyby imaging of Phaethon to study its geology, for understanding dust ejection mechanism of active asteroid and the surface compositional variation. High-spatial-resolution images of less than 5 meter per pixel are obtained with Telescopic camera (TCAP), and VIS-NIR spectral images of less than 100 meter per pixel are taken with multiband camera (MCAP). Mass, speed, arrival direction and chemical composition for each dust particle are analyzed with dust analyzer (DDA). Here, we present an overview and the current status of DESTINY$^+$ mission.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：デスティニープラス、フェートン、フライバイ、ふたご座流星群、惑星間塵
Keywords: DESTINY+, Phaethon, Flyby, Geminid meteor shower, IDP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observational campaign of (3200) Phaethon and (155140) 2005UD in 2017-2018

Observational campaign of (3200) Phaethon and (155140) 2005UD in 2017-2018

*吉田 二美[1]、Arai Tomoko[1]、Ishibashi Ko[1]、Hong Peng[1]、Ishimaru Ryo[1]、International observation collaborators DESTINY+
*Fumi Yoshida[1], Tomoko Arai[1], Ko Ishibashi[1], Peng Hong[1], Ryo Ishimaru[1], DESTINY+ International observation collaborators

1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology
1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

(3200) Phaethon is the flyby target and (155140) 2005UD is a second flyby candidate of the DESTINY+ mission. Each asteroid approached to the Earth and became bright in 2017-2018. We utilize this opportunity and organized an observation campaign for both asteroids with international collaborators. The following people participated to the observational campaign : F. Yoshida, R. Ishimaru, K. Ishibashi, P. Hong, T. Arai (PERC/ChiTech), R. Okazaki, T. Sekiguchi, H. Naito, M. Imai, T. Ono (Hokkaido University of Education), S. Urakawa (Japan Spaceguard Association, Bisei Spaceguard Center), Y. Shinnaka (Kyoto Sanyo Univ.), T. Tanigawa (Sumoto high school), T. Yanagisawa, H. Kurosaki (JAXA), S. Abe, R. Kato (Nihon Univ.), N. Natira, T. Nishiumi (Univ. of Tokyo), M. Ishiguro (Seoul National University), M.-J. Kim, Y.-J. Choi, H.-K. Moon (KASI), D.-H. Kim, H.-J. Lee, S.-M. Lee (Chungbuk National University), Zhong-Yi Lin (Institute of Astronomy, National Central University), Xiaobin Wang (Yunnan Observatories, CAS), A. Serebryanskiy, M. Krugov, I. Reva (Fesenkov Astrophysical Institute), O. Burkhonov, E. Kamoliddin (UBAI), A. Peyrot, J-P. Teng (Les Makes Observatory), Y. Krugly (Institute of Astronomy of V.N. Karazin Kharkiv National University), I. M. Volkov (SAI MSU, INASAN), I. V. Nikolenko, S. I. Barabanov (INASAN), M. Kaplan, O. Erece (Akdeniz university), A. Sonka, S. Anghel (Astronomical Institute of Romanian Academy, Bucharest University), M. Birlan, F. Vachier, J. Berthier (Observatoire de Paris, IMCCE, CNRS), A. Klotz (CNRS-OMP-IRAP), P. Thierry (Auragne Observatory), O. Ivanova, M. Husarik (Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences), E. Kuznetsov, D. Glamazda, G. Kaiser, E. Koren, V. Krushinsky, A. Popov, A. Shagabutdinov, Y. Vibe (Ural Federal University), M. Lazzarin, V. Petropoulou, I. Bertini, F. La Forgia (University of Padova), E. Palomba, E. D'aversa, A. Migliorini (INAF-IAPS), J. Vaubaillon (Observatoire de Paris), T. G. Wilson (University College London, Isaac Newton Group), O. Vaduvescu (Isaac Newton Group, Instituto de Astrofísica de Canarias), M. Popescu, Julia de Leon (Instituto de Astrofísica de Canarias), V. Lorenzi (Fundación Galileo Galilei - INAF, Instituto de Astrofísica de Canarias), M. Granvik (University of Helsinki / Luleå University of Technology), A. Penttilä (University of Helsinki), K. O. Muinonen (University of Helsinki / National Land Survey of Finland), T. Kareta, V. Reddy, D. S. Lauretta, B. Sharkey, C. Hergenrother (LPL, University of Arizona), J. A. Sanchez (PSI), T. Linder (Astronomical Research Institute), O. Kuhn, A. Conrad (Large Binocular Telescope Observatory), N. Moskovitz (Lowell Observatory), J. Masiero, A. Mainzer, L. Benner, M. Brozovic, S. Naidu, J. Giorgini (NASA JPL), E.L. Wright, D. Jewitt (UCLA), P. Taylor, E. Rivera-Valentin, S. Bhiravarasu, B. Aponte-Hernandez (Lunar and Planetary Institute), S. Marshall, F. Venditti, A. Virkki, L. Zambrano-Marin (Arecibo Observatory & University of Central Florida), C. R. Sanchez-Vahamonde (University of Western Ontario) (in the order from east to west in Fig.1).

Most of results obtained from the campaign were presented in IDP2019, which was held at Tokyo Skytree Town Campus of CIT, Japan, on February 12-14, 2019 (Fig. 2). So far, for both asteroids, rotation period,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

average colors, absolute magnitudes, spectra (0.4-2.5 μm) were obtained by photometry and spectroscopy during this observation campaign. Radar observation were done for Phaethon, and polarimetric observations were done for both asteroids. As preliminary results, the following properties were reported. Rotation periods: 5.2 hr (or 7.85 hr) for 2005UD, 3.6hr for Phaethon. Average colors : B-V=0.71, V-R=0.37, V-I=0.32 for 2005UD, B-V=0.73, V-R=0.36 for Phaethon. Absolute magnitude is 17.25 mag for 2005UD. No significant variation of rotationally resolved VIS-NIR spectra were seen for both asteroids. However, a slight variation of visual spectra of Phaethon taken in 2017 was reported. Both asteroids are in C-complex. Interestingly, in the NIR spectra, both asteroids show totally different spectra each other: concave-up and blue for Phaethon, linear and red for 2005UD. The results from polarimetric observation show both asteroids are very similar. As for Phaethon, rotational variation in polarization was reported. Lightcurve observations revealed Phethon has top shape. Radar observation estimated the Phaethon's diameter is about 6km, and revealed no coma, no satellite. Possible craters (D>1km below 30 deg latitude, D=1.5km near equator), 600m wide dark spot (likely a flattened region) were discovered.

キーワード：Asteroids、(3200) Phaethon、(155140) 2005UD
Keywords: Asteroids, (3200) Phaethon, (155140) 2005UD

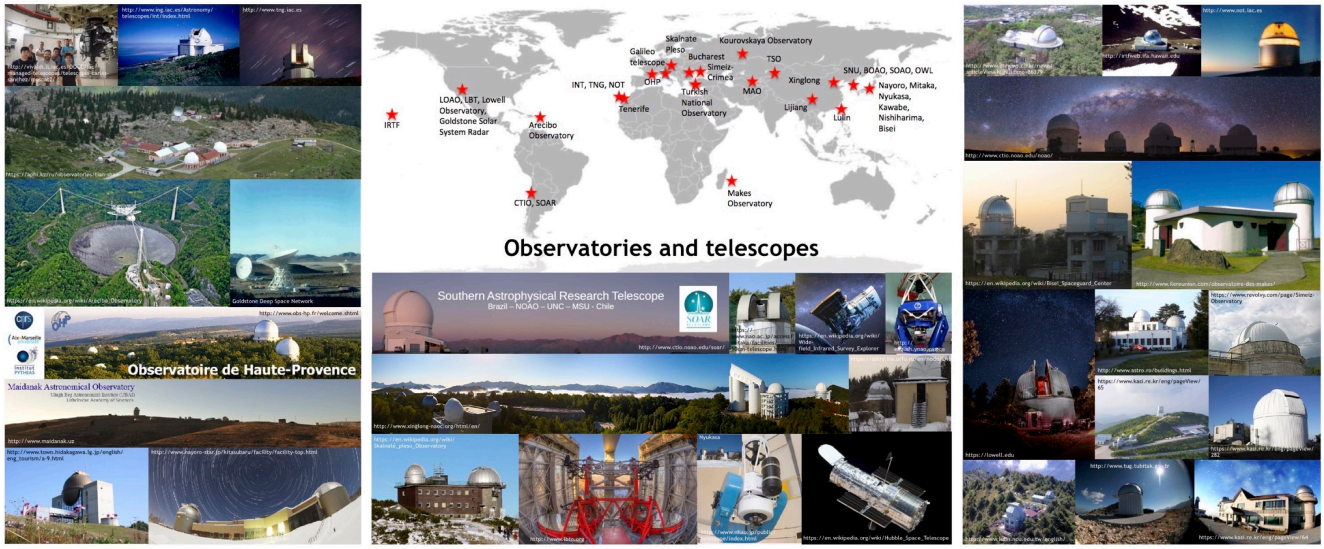


Fig1. Observatories and telescopes participating to the observation campaign of Phaethon and 2005UD in 2017 and 2018.


Fig2. IDP2019 held at Tokyo Skytree Town Campus of CIT, Chiba, Japan, on February 12–14, 2019.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rotationally-resolved spectroscopic observations of Phaethon - 2005 UD, and their fragments detected by lunar impact flashes.

Rotationally-resolved spectroscopic observations of Phaethon - 2005 UD, and their fragments detected by lunar impact flashes.

*阿部 新助[1]、Moskovitz Nicholas[2]、吉田 二美[3]、大塚 勝仁[4]、伊藤 孝士[5]、布施 綾太[1]、柳澤 正久[6]、山田 竜平[7]
*Shinsuke Abe[1], Nicholas Moskovitz[2], Fumi Yoshida[3], Katsutoshi Ohtsuka[4], Ito Takashi[5], Ryota Fuse[1], Masahisa Yanagisawa[6], Ryuhei Yamada[7]

1. 日本大学理工学部 航空宇宙工学科、2. ローウェル天文台、3. 千葉工業大学 惑星探査研究センター、4. 東京流星ネットワーク、5. 国立天文台、6. 電気通信大学 情報理工学研究科、7. 会津大学 コンピュータ理工学部
1. Department of Aerospace Engineering, College of Science and Technology, Nihon University, 2. Lowell Observatory, 3. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 4. Tokyo Meteor Network, 5. National Astronomical Observatory of Japan, 6. The University of Electro-Communications, 7. The University of Aizu, Department of Computer Science and Engineering

3200 Phaethon is an Apollo type near-Earth asteroid (NEA) categorized as a B-type asteroid which has been associated with the most intense meteor shower, Geminids. Cometary activity of Phaethon has been observed during its perihelion passage, ~0.140 AU, that motivates us to do direct exploration by the spacecraft, DESTINY+. It is also suggested that (155140) 2005 UD is a break-up pair of Phaethon because of dynamically similarity and same B-type spectrum type which is only ~5 % in NEA population. We examined the spectral properties of this asteroid pair to find the surface heterogeneity. Rotationally-resolved spectroscopic observations of Phaethon were carried out using 1.0-m telescopes at Lulin/Taiwan, and Kawabe/Wakayama, observatories in 2007 and 2017 apparitions, respectively. While Rotationally-resolved spectroscopic observation of 2005 UD was performed by using 4.1-m SOAR telescope at Cerro Tololo, Chili in 2018. It is presumably revealed that the surface heterogeneity, C-type like red slope surface area, of Phaethon was clearly seen from 2017 data, while no-existing surface heterogeneity was observed for 2005 UD.

When a meteoroid impacts the moon at several 10s of km/s, a brilliant flash at the point of impact can be observed as a flash in visible and near-infrared light. Lunar impact monitoring has a great advantage to detect large meteoroids in the mass range between 10s of grams and few kilograms corresponding to centimeters and tens of centimeters, which is as a bridge between visual meteors and small asteroids. We observed lunar impact flashes during Geminids maximum in 2018. 11 events were simultaneously detected from 2 locations at Nihon university and UEC, suggesting existence of relativity large fragments, several cm to several tens of cm in diameter, in the Geminid meteor stream.

In order to understand the Phaethon-Geminid stream Complex (PGC), ground-based telescopic observations of Geminids meteoroids and its parent splitting-bodies will be presented.

キーワード：小惑星、彗星、流星、月面衝突閃光
Keywords: Asteroids, Comets, Meteoroids, Lunar impact flash

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Thermal Radiation Pressure Force on Regolith Particles of Atmosphereless Bodies

*Yoonsoo P. Bach[1], Masateru Ishiguro[1]

1. Department of Physics and Astronomy, Seoul National University

It is suggested that thermal fracture near the perihelion is a possible mechanism to produce the dust trail of the near-Earth asteroid, (3200) Phaethon (Jewitt and Li, 2013, ApJ 771, L36). For this scenario to be true, generated dust particles should have been ejected from the surface before its next apparition to show the detectable activities (Li and Jewitt, 2013, ApJ, 145, 154). It is, however, not well understood how these particles were escalated from the regolith against the asteroid's gravity. In this study, we hypothesize that the thermal radiation pressure around the perihelion passage would exert substantial force on dust grains to be lifted up and contributes the dust tail formation with further help of solar radiation pressure. As a result, we find that roughly ~1-10 micron size dust grains can be ejected from Phaethon by the mechanism, while a detailed model of gravitational field is required for accurate range of the particle sizes. Our idea is not necessarily limited to Phaethon case, but is applicable to any atmosphereless bodies. We will explain how the thermal radiation pressure is effective at different distances from the sun.

Keywords: asteroids, regolith, thermal radiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A kilometre-sized Kuiper belt object revealed by OASES stellar occultation observations

*有松 亘[1,2]、津村 耕司[3]、臼井 文彦[4]、新中 善晴[5]、市川 幸平[3,6,7]、大坪 貴文[8]、小谷 隆行[2,9]、和田 武彦[8]、長勢 晃一[8]、渡部 潤一[2]
*Ko Arimatsu[1,2], Kohji Tsumura[3], Fumihiko Usui[4], Shinnaka Yoshiharu[5], Kohei Ichikawa[3,6,7], Takafumi Ootsubo[8], Takayuki Kotani[2,9], Takehiko Wada[8], Koichi Nagase[8], Jun-ichi Watanabe[2]

1. 京都大学 付属天文台、2. 国立天文台、3. 東北大学 学際科学フロンティア研究所、4. 神戸大学大学院 理学研究科 惑星科学研究センター、5. 京都産業大学、6. コロンビア大学、7. テキサス大学サンアントニオ校、8. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、9. アストロバイオロジーセンター
1. Astronomical Observatory, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Science, Tohoku University, 4. Center for Planetary Science, Graduate School of Science, Kobe University, 5. Laboratory of Infrared High-resolution Spectroscopy, Koyama Astronomical Observatory, Kyoto Sangyo University, 6. Department of Astronomy, Columbia University, 7. Department of Physics and Astronomy, University of Texas at San Antonio, 8. Department of Space Astronomy and Astrophysics, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 9. Astrobiology Center, National Institutes of Natural Sciences

We will report the first detection of a single stellar occultation event candidate by a kilometer-sized (radius= 1-10 km) Kuiper belt object (KBO). Since the kilometer-sized KBOs are too faint to be detected directly, the monitoring of stellar occultation events is one possible way to discover them. With the aim of detecting the stellar occultation events, we launched an optical observation project named Organized Autotelescopes for Serendipitous Event Survey (OASES). We installed two low-cost OASES observation systems in different positions on the rooftop of the Miyako open-air school on Miyako Island, Miyakojima-shi, Okinawa Prefecture, Japan, and monitored up to 2000 stars simultaneously with a sampling cadence of 15.4Hz. In the 60-hour dataset obtained with the two-year OASES observations, we discovered one occultation candidate event by a KBO with a radius of approximately 1.3 km. Our present detection yields a surface number density of KBOs with radii exceeding 1.2 km is approximately 6×10^{5} deg^{-2}. This surface number density favors a theoretical size distribution model with an excess signature at a radius of 1–2 km. The present results suggest that planetesimals before their runaway growth phase grew into kilometer-sized objects in the primordial outer Solar System and remain as one of the major populations in the present-day Kuiper belt.

キーワード：太陽系外縁天体、カイパーベルト、可視望遠鏡による地上観測
Keywords: trans-Neptunian objects, Kuiper belt , ground based observations by optical telescopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey: AcuA-spec

AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey: AcuA-spec

*臼井 文彦[1]、長谷川 直[2]、大坪 貴文[2]、尾中 敬[3,4]
*Fumihiko Usui[1], Sunao Hasegawa[2], Takafumi Ootsubo[2], Takashi Onaka[3,4]

1. 神戸大学大学院 理学研究科 惑星科学研究センター、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科 天文学専攻、4. 明星大学理工学部 総合理工学科
1. Kobe University, 2. ISAS/JAXA, 3. The University of Tokyo, 4. Meisei University

Water is found in various forms in our solar system and is one of the most important ingredients in the origin of life. It provides evidence for the evolution of the solar system, especially its thermal history. Hydrated minerals are formed in environments where anhydrous rock and liquid water exist together, resulting from aqueous alteration. Because hydrated minerals are stable even above the sublimation temperature of water ice, they become an important reservoir to trace the water present in the history of the solar system unless they were reset by a temperature change after formation. Asteroids are considered to record the initial conditions of our solar nebula of 4.6 Ga ago. To explore the existence of water in the present solar system, it is indispensable to investigate the presence of hydrated minerals and water ice on various types of asteroids. Hydrated minerals and water ice exhibit diagnostic absorption features in the so-called 3 micron band (approximately 2.5-3.5 micron wavelength range). Many spectroscopic surveys have been conducted in the 3 micron band using ground-based observatories, which are severely affected by telluric absorption at around 2.8 micron. Space-borne observations, free from the effect, therefore, offer an excellent opportunity to study and identify the mineral species in asteroids.

The Infrared Camera (IRC) on board the AKARI satellite has a unique spectroscopic capability covering 2.5-5 microns continuously with a spectral resolution of R~100, which provides valuable data thanks to its high sensitivity and unique wavelength coverage. We conducted a spectroscopic survey of asteroids in the 3 micron band using IRC. In the warm mission period of AKARI, 147 pointed observations were performed for 66 asteroids in the grism mode in 2.5-5 microns. According to our observations, it is found that most C-complex asteroids, especially all Ch-, Cgh-, B-, and Cb-type asteroids, have obvious absorption features in the reflectance spectra at around 2.75 micron, which is attributed to OH-stretch in hydrated minerals. The peak wavelength of the 2.7 micron band feature is concentrated at around 2.75 micron: in particular, there is a correlation between the peak wavelength and the band depth among 13 C-complex asteroids. This trend can be understood in terms of the process where hydrated minerals are being heated up and gradually losing water, that is, the dehydration process.

In this talk, we present the spectroscopic survey of asteroids with AKARI for detecting the 2.7 micron absorption features and discuss scenarios for the formation and evolution of C-complex asteroids.

キーワード：小惑星、含水鉱物、近赤外線分光観測
Keywords: asteroids, hydrated minerals, near-infrared spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

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

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

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

[PPS03-P01] 小惑星Ryugu表層を模擬した低強度粗粒レゴリスの衝突実験

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

[PPS03-P02] MASCOTを用いたリュウグウ反射スペクトルの推定

*石田 茉莉花[1]、天野 湖都[1]、諸井 圭市[1]、巽 瑛理[2]、Tra-Mi Ho[10]、亀田 真吾[1]、杉田 精司[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、横田 康弘[5]、神山 徹[6]、鈴木 秀彦[7]、山田 学[8]、坂谷 尚哉[5]、本田 親寿[9]、早川 雅彦[5]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[5]、長 勇一郎[2]、澤田 弘崇[5] (1.立教大学、2.東京大学、3.高知大学、4.名古屋大学、5.宇宙航空研究開発機構、6.産業技術総合研究所、7.明治大学、8.千葉工業大学、9.会津大学、10.DLR)

[PPS03-P03] Flyby observation of Asteroid (3200) Phaethon by DESTINY$^+$ onboard cameras

*石橋 高[1]、亀田 真吾[2]、鍵谷 将人[3]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、奥平 修[1]、荒井 朋子[1]、吉田 二美[1]、佐藤 峻介[4]、石丸 貴博[4]、岡本 尚也[4]、岩田 隆浩[4]、岡田 達明[4]、高島 健[4] (1.千葉工業大学、2.立教大学、3.東北大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P04] Polarimetric Study of Asteroids in Comet-Like Orbits (ACOs)

*Jooyeon Geem[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[2]、Hiroyuki Naito[3]、Hidekazu Hanayama[4]、yoonyoung kim[10]、Yuna G. Kwon[1]、Sunho Jin[1]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Ryo Okazaki[5]、Jeremie J. Vaubaillon[6]、Masataka Imai[7]、Tatsuharu Oono[8]、Yuki Futamuts[8]、Seiko Takagi[8]、Mitsuteru Sato[8]、Kiyoshi Kuramoto[8]、Makoto Watanabe[9] (1.Astronomy program, Dept of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Okayama Observatory, Kyoto University、3.Nayoro Observatory、4.Ishigakijima Astronomical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan、5.Hokkaido University of Education、6.Observatoire de Paris, I.M.C.C.E.、7.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、8.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、9.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、10.Max Planck Institute for Solar System Research)

[PPS03-P05] Dynamical lifetime of the Oort Cloud new comets under planetary perturbation

*伊藤 孝士[1]、樋口 有理可[1] (1.国立天文台)

[PPS03-P06] 熱赤外撮像でさぐるC型小惑星リュウグウの高空隙な表層

*岡田 達明[1,2]、福原 哲哉[3]、田中 智[1]、田口 真[3]、荒井 武彦[4]、坂谷 尚哉[1]、嶌生 有理[1]、千秋 博紀[5]、小川 佳子[6]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、北里 宏平[6]、神山 徹[7]、関口 朋彦[8]、滝田 隼[9]、長谷川 直[1]、松永 恒雄[10]、和田 武彦[1]、今村 剛[2]、Helbert Jorn[11]、Mueller Thomas[12]、Hagermann Axel[13]、Biele Jens[11]、Grott Matthias[11]、Hamm Maximilian[11]、Delbo Marco[14]、山本 幸生[1]、平田 成[6]、平田 直之[15]、照井 冬人[1]、佐伯 孝尚[1]、中澤 暁[1]、吉川 真[1]、渡邊 誠一郎[1,16]、津田 雄一[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.東京大学、3.立教大学、4.足利大学、5.千葉工業大学、6.会津大学、7.産業技術総合研究所、8.北海道教育大学、9.北

海道北見北斗高校、10.国立環境研究所、11.ドイツ航空宇宙センター、12.マックスプランク地球外物理学研究所、13.スターリング大学、14.コートダジュール天文台、15.神戸大学、16.名古屋大学)

[PPS03-P07] はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIRの小惑星162173リュウグウ観測データの公開

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

[PPS03-P08] Multi-mission capability of HARMONICS

*角田 晋太郎[1]、出村 裕英[1]、平田 成[1] (1.公立大学法人会津大学)

[PPS03-P09] New interface of verification for calibration and conversion in HEAT : Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

* 小林 達郎[1]、須古 健太郎[1]、出村 裕英[1]、小川 佳子[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P10] **Dust particle evolution of a near-Earth object 252P/LINEAR from near-infrared polarimetric observations in 2016**

*Yuna G Kwon[1]、Masateru Ishiguro[1]、Jungmi Kwon[2]、Daisuke Kuroda[3]、Myungshin Im[1]、Changsu Choi[1]、Motohide Tamura[4]、Takahiro Nagayama[5]、Nobuyuki Kawai[6]、Jun-ichi Watanabe[7] (1.Seoul National Univ.、2.ISAS/Japan Aerospace Exploration Agency、3.Okayama Astrophysical Observatory、4.The Univ. of Tokyo、5.Kagoshima Univ.、6.Tokyo Institute of Technology、7.National Astronomical Observatory of Japan)

[PPS03-P11] **Performance Evaluation of TRIPOL on the 61-cm Telescope at Seoul National University for Polarimetric Observations of Solar System Small Bodies**

*Sunho Jin[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yuna G Kwon[1]、Jooyeon Geem[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Jinguk Seo[1]、Hiroshi Sasago[2]、Shuji Sato[3] (1.Seoul National University、2.Sasago Co.,Ltd、3.Nagoya University)

[PPS03-P12] Smart Interface of HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

*須古 健太郎[1]、 小林 達郎[1]、出村 裕英[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.公立大学法人会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P13] バルジ地形に形成される衝突クレーターに関する実験的研究

*横田 優作[1]、山本 裕也[2]、保井 みなみ[2]、荒川 政彦[2] (1.神戸大学理学部、2.神戸大学大学院理学研究科)

[PPS03-P14] 小惑星リュウグウからの「はやぶさ２」試料：有機化合物の初期分析プラン

*奈良岡 浩[1]、高野 淑識[2]、Jason P. Dworkin[3]、SOM Analysis Team (1.九州大学　大学院理学研究院地球惑星科学部門, 惑星微量有機化合物研究センター、2.海洋研究開発機構、3.Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA)

[PPS03-P15] Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen

*大澤 亮[1]、弘田 旭[2]、阿部 新助[2]、Kastinen Daniel[3]、Kero Johan[3]、藤原 康徳[4]、中村 卓司[5]、酒向 重行[1]、小島 悠人[1]、渡部 潤一[6] (1.東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター、2.日本大学理工学部 航空宇宙工学科、3.Institutet för rymdfysik、4.総合研究大学院大学、5.国立極地研究所、6.国立天文台)

[PPS03-P16] Global distribution and spectral characteristics of bright spots on asteroid Ryugu

*末満 雅徳[1]、諸田 智克[1]、本田 理恵[2]、亀田　真吾[15]、巽 瑛理[3]、山田 学[4]、坂谷 尚哉[5]、神山 徹[6]、横田 康弘[7]、長 勇一郎[8]、鈴木 秀彦[9]、早川 雅彦[10]、松岡 萌[10]、本田 親寿[11]、道上 達広[12]、吉岡 和夫[13]、小川 和律[14]、澤田 弘崇[5]、杉田 精司[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学自然科学系理工学部門、3.東京大学大学

院地球惑星科学専攻、4.千葉工業大学惑星探査研究センター、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.産業技術総合研究所、7.高知大学、8.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、9.明治大学理工学部物理学科、10.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系、11.会津大学、12.近畿大学工学部、13.東京大学大学院新領域創成科学研究科、14.神戸大学、15.立教大学)

[PPS03-P17] Polarimetry of (155140) 2005 UD: the Dynamical Association with (3200) Phaethon

*Masateru Ishiguro[1]、Jooyeon Geem[1]、Hiroyuki Naito[2]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[3]、Tatsuharu Ono[4]、Seiko Takagi[4]、Mitsuteru Sato[4]、Kiyoshi Kuramoto[4]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Masataka Imai[6]、Makoto Watanabe[7]、Katsuhito Ohtsuka[8]、Sunao Hasegawa[9]、Takashi Ito[10]、Fumi Yoshida[11]、Tomoko Arai[11] (1.Department of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Nayoro Observatory、3.Okayama Observatory, Kyoto University、4.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、5.Hokkaido University of Education、6.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、7.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、8.Tokyo Meteor Network、9.Japan Aerospace Exploration Agency、10.National Astronomical Observatory of Japan、11.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology)

[PPS03-P18] **Follow-up observations for AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey (AcuA-spec)**

*長谷川 直[1]、黒田 大介[2]、柳澤 顕史[3]、臼井 文彦[4] (1.宇宙航空研究開発機構、2.京都大学、3.国立天文台、4.神戸大学)

[PPS03-P19] Amino acids on witness coupons collected from the ISAS/JAXA curation facility for the assessment and quality control of the Hayabusa2 sampling procedure

*菅原 春菜[1,2]、高野 淑識[1]、唐牛 譲[3]、熊谷 和也[4]、矢田 達[3]、大河内 直彦[1]、安部 正真[3]、Hayabusa2 プロジェクトチーム (1.（国）海洋研究開発機構、2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur、3.（国）宇宙航空研究開発機構、4.（株）マリン・ワーク・ジャパン)

[PPS03-P20] Hayabusa2 orbit determination using c5++ software

*山本 圭香[1]、大坪 俊通[2]、松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、並木 則行[1]、千秋 博紀[3]、水野 貴秀[4]、尾川 順子[4]、大野 剛[4]、三桝 裕也[4]、吉川 健人[4]、高橋 忠輝[4]、武井 悠人[4]、藤井 淳[4]、照井 冬人[4]、佐伯 孝尚[4]、中澤 暁[4]、吉川 真[4]、津田 雄一[4] (1.国立天文台、2.一橋大学、3.千葉工業大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P21] **Landing Site Selection for Hayabusa2: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu**

*薮田 ひかる[1]、渡邊 誠一郎[2]、中村 智樹[3]、平田 成[4]、杉田 精司[5]、岡田 達明[6]、北里 宏平[4]、石原 吉明[7]、諸田 智克[2]、坂谷 尚哉[6]、松本 晃治[8]、和田 浩二[9]、橘 省吾[5]、小松 睦美[10]、巽 瑛理[5]、松岡 萌[6]、本田 親寿[4]、廣井 孝弘[11]、千秋 博紀[9]、本田 理恵[12]、横田 康弘[6]、野口 里奈[6]、嶌生 有理[6]、ドミング デボラ[13]、ルコル ルシール[13]、バルッチ アントネラ[14]、パロンバ アーネスト[15]、菊地 翔太[6]、三浦 昭[6]、山口 智宏[6]、山本 幸生[6]、佐伯 孝尚[6]、田中 智[6]、吉川 真[6]、津田 雄一[6] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.名古屋大学、3.東北大学、4.会津大学、5.東京大学、6.宇宙科学研究所、7.国立環境研究所、8.国立天文台、9.千葉工業大学惑星探査研究センター、10.総合研究大学院大学、11.ブラウン大学、12.高知大学、13.米国惑星科学研究所、14.パリ天文台、15.イタリア国立宇宙物理学研究所)

[PPS03-P22] 北大1.6mピリカ望遠鏡による不活動彗星核P/2016 BA14の可視光測光・分光・偏光観測

*山形 稜[1]、関口 朋彦[1]、岡崎 良[1]、土井 和也[1]、黒田 大介[2]、石黒 正晃[3]、内藤 博之[4] (1.北海道教育大学、2.京都大学、3.ソウル大学、4.なよろ市立天文台)

[PPS03-P23] **Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite : Attempt to evaluate the thermal metamorphism degree on the parent body**

加登 大輝[1]、*薮田 ひかる[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[PPS03-P24] Disk-Resolved Photometry Analysis of the Asteroid Ryugu Images Obtained by Hayabusa2 Visible Camera ONC

*横田 康弘[1,2]、本田 理恵[1]、巽 瑛理[3]、Domingue Deborah[4]、Schroeder Stefanus[5]、松岡 萌[2]、杉田 精司[3]、諸田 智克[6]、亀田 真吾[7]、神山 徹[8]、鈴木 秀彦[9]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[11]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、澤田 弘崇[2] (1.高知大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.東京大学、4.Planetary Science Institute、5.DLR、6.名古屋大学、7.立教大学、8.産総研、9.明治大学、10.千葉工業大学、11.会津大学)

小惑星Ryugu表層を模擬した低強度粗粒レゴリスの衝突実験
Impact experiments on low strength coarse-grained regolith simulating surface materials on asteroid Ryugu

*山本 裕也[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、長谷川 直[2]、杉村 瞭[1]
*Yuya Yamamoto[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], Sunao Hasegawa[2], Ryo Sugimura[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. ISAS, JAXA

背景：衝突クレーターの形成は、太陽系の形成・進化において普遍的な現象である。そのため、微惑星の衝突と進化過程や小惑星上での衝突流動過程を明らかにするためにはさまざまな規模で起こるクレーター形成過程を再現するためのスケール則や衝突励起振動の研究が必要である。クレータースケール則は、その形成を支配する物理メカニズムによって２種類のものが提案されているが、そのうちレゴリス層で覆われている微惑星上に見られるクレーターは、重力によって支配されたメガニズムにより形成されると言われる。一方、このレゴリス層を構成する粒子の破壊強度が小さい場合、クレーター形成時には衝突点付近の粒子が破壊されると考えられる。従って、重力以外にも構成粒子の破壊強度がクレーター形成過程に影響を与える可能性が高い。しかしながら、レゴリス構成粒子の破壊強度を考慮した実験的研究は少なかった。そこで、本研究では、粗粒低強度粒子からなる標的に対してクレーター形成実験を行い、クレータースケール則と衝突励起振動に対する構成粒子の破壊強度の影響を調べた。

実験方法：クレーター形成実験は神戸大学の縦型一段式軽ガス銃と宇宙科学研究所の縦型二段式軽ガス銃を用いて行った。標的には直径1~4 mmの細粒鹿沼土と直径1~4 cmの大粒鹿沼土を用いたが、それぞれの粒子の圧壊強度は約60kPaと約 ◯kPaであった。弾丸には直径3 mmの密度が異なる５種類の球(鉄,ジルコニア,アルミナ,ガラス,ナイロン)と、直径2 mmのアルミ球を用いた。直径3 mmの弾丸は速度40~200 m/s、直径2 mmの弾丸は速度1.2~4.5 km/sまで加速して標的表面に対して垂直に衝突させた。衝突クレーターの形成過程は３種類のハイスピードカメラ(それぞれ10^3FPS,10^4FPS,10^5FPS)で撮影し、その動画を用いてイジェクタとして放出される個々の粒子の軌跡を求めた。また、実験後の標的は回収して、その表面に作られたクレーターの直径を計測した。また、衝突励起振動は衝突点からの距離が異なる３箇所に加速度計(型番:SV1111,SV1112,SV1113,固有振動数:30 kHz)を設置することで計測した。なお、加速度のデータはチャージアンプ(型番:AD-8725D)を通して、データロガー(取り込み速度:100 kHz)で記録した。

実験結果：クレーターサイズと弾丸の運動エネルギーの関係を調べた結果、低運動エネルギーでの関係と高運動エネルギーでの関係にオフセットが生じることがわかった。このオフセットの結果、0.14 Jから0.63 Jの領域ではクレーターサイズは運動エネルギーとともに変化せず、ほぼ一定となった。さらに高運動エネルギー領域になると、低運動エネルギーの結果のフィッティングラインの延長上に乗ることがわかった。また、πスケーリング則を用いて規格化クレーター半径(πR)と規格化重力(π2)の関係を調べたところ、衝突速度が小さい領域では砂やガラスビーズ標的等の先行研究と比較してπRがかなり小さくなり、衝突速度が大きい領域では先行研究とほぼ同じ傾向が見られた。さらに詳しく調べると、πRとπ2の関係は弾丸の種類や衝突速度によって上下２つに分離していることがわかった。このようなオフセットや分離が見られるのは、衝突の運動エネルギーが標的である低強度粒子の破壊に使われているからだと考えられる。一方、イジェクタ速度は粒子毎のばらつきが大きく明確な衝突点距離と放出速度の関係は見られなかった。さらに、加速度計のデータからは衝突励起振動の伝搬速度が30±3 m/sであり、先行研究のガラスビーズ標的の伝搬速度の約1/3倍であることがわかった。また、衝突点からの距離とその場所での最大加速度の関係はガラスビーズ標的で得られた同じ衝突条件の結果と比較すると、1/10程度とかなり低くなっていることがわかった。一方、最大加速度とクレーター半径で規格化した衝突点距離の関係を調べると、標的や弾丸の異なる先行研究と一致することがわ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

かった。

キーワード：クレーター形成実験、低強度、衝突励起振動、クレータースケール則
Keywords: impact cratering experiment, low strength, impact-induced seismic shaking, crater scaling law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MASCOTを用いたリュウグウ反射スペクトルの推定
Reflectance estimation of asteroid Ryugu using MASCOT

*石田 茉莉花[1]、天野 湖都[1]、諸井 圭市[1]、巽 瑛理[2]、Tra-Mi Ho[10]、亀田 真吾[1]、杉田 精司[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、横田 康弘[5]、神山 徹[6]、鈴木 秀彦[7]、山田 学[8]、坂谷 尚哉[5]、本田 親寿[9]、早川 雅彦[5]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[5]、長 勇一郎[2]、澤田 弘崇[5]
*Marika Ishida[1], Koto Amano[1], Keiichi Moroi[1], ERI TATSUMI[2], Tra-Mi Ho[10], Shingo Kameda[1], Seiji Sugita[2], Rie Honda[3], Tomokatsu Morota[4], yokota yasuhiro[5], Toru Kouyama[6], Hidehiko Suzuki[7], Manabu Yamada[8], Naoya Sakatani[5], Chikatoshi Honda[9], Masahiko Hayakawa[5], Kazuo Yoshioka[2], Moe Matsuoka[5], Yuichiro Cho[2], Hirotaka Sawada[5]

1. 立教大学、2. 東京大学、3. 高知大学、4. 名古屋大学、5. 宇宙航空研究開発機構、6. 産業技術総合研究所、7. 明治大学、8. 千葉工業大学、9. 会津大学、10. DLR
1. Rikkyo Univ., 2. Univ. of Tokyo, 3. Kochi Univ., 4. Nagoya Univ., 5. JAXA/ISAS, 6. AIST, 7. Meiji Univ., 8. Chiba Inst. Tech, 9. Univ. of Aizu, 10. DLR

小惑星探査機「はやぶさ２」は、C型小惑星「リュウグウ」からのサンプルリターンを目的とする探査機である。2018年6月27日、はやぶさ２は目標天体である小惑星リュウグウに到着し、現在も様々な観測が行われている。はやぶさ２には3つの光学航法カメラ(ONC)が搭載されており、そのうちの望遠カメラ(ONC-T)によって分光観測を行い、リュウグウ表面の反射スペクトルを取得した。これによってリュウグウ表面の物質分布や風化度合いなどを知ることができる。現在のONC-Tの感度はフラックスが既知の恒星を観測することで求められているが、不確定性が大きい。そこではやぶさ２に搭載されている小型ランダのMASCOTを用いてリュウグウの反射スペクトルを求める。

MASCOTには広角カメラ(MASCAM)、分光顕微鏡(MicrOmega)、熱放射計(MARA)、磁力計(MASMAG)が搭載されており、リュウグウ表面の鉱物の組成や特徴などを調査することができる。MASCOT上面は白色で、はやぶさ２から切り離されてリュウグウ表面に着地後、ONC-Tでその白色面が撮像されている。また、MASCOT白色面と同じ塗料が塗られている反射プレートの反射率測定を行い、反射率の値を取得している。本発表では、撮像されたMASCOT白色面の信号値と、反射プレートの反射率の値を比較することでリュウグウの反射スペクトルを求め、その妥当性を評価した。

キーワード：はやぶさ２、ONC-T、MASCOT
Keywords: Hayabusa2, ONC-T, MASCOT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Flyby observation of Asteroid (3200) Phaethon by DESTINY$^+$ onboard cameras

*石橋 高[1]、亀田 真吾[2]、鍵谷 将人[3]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、奥平 修[1]、荒井 朋子[1]、吉田 二美[1]、佐藤 峻介[4]、石丸 貴博[4]、岡本 尚也[4]、岩田 隆浩[4]、岡田 達明[4]、高島 健[4]
*Ko Ishibashi[1], Shingo Kameda[2], Masato Kagitani[3], Peng Hong[1], Manabu Yamada[1], Osamu Okudaira[1], Tomoko Arai[1], Fumi Yoshida[1], Shunsuke Sato[4], Takahiro Ishimaru[4], Takaya Okamoto[4], Takahiro Iwata[4], Tatsuaki Okada[4], Takeshi Takashima[4]

1. 千葉工業大学、2. 立教大学、3. 東北大学、4. 宇宙航空研究開発機構
1. Chiba Institute of Technology, 2. Rikkyo University, 3. Tohoku Universtiy, 4. Japan Aerospace Exploration Agency

DESTINY$^+$ (Demonstration and Experiment of Space Technology for INterplanetary voYage, Phaethon fLy-by and dUst Science) is a mission proposed for JAXA/ISAS Epsilon class small program, currently in the pre-project phase (Phase-A) with a launch targeted for 2023. DESTINY$^+$ is a joint mission of technology demonstration and scientific observation. The near-Earth asteroid (3200) Phaethon, the flyby target, is known as a parent body of the Geminid meteor shower, the size of which is approximately 5 to 6 km in diameter.

In this mission, spatially resolved images of Phaethon will be taken by two onboard cameras, the Telescopic CAmera for Phaethon (TCAP) and the Multiband CAmera for Phaethon (MCAP) during the flyby, in order to understand the nature of a meteor shower's parent body, which is one of the sources of interplanetary dust particles that are thought to be an important transport medium of organic matter to the Earth. The spacecraft flybys Phaethon with a relative speed of 30 to 40 km/s. Despite such a high flyby speed, the cameras are required to take un-blurred images of Phaethon.

The main purposes of the DESTINY$^+$ flyby observation of Phaethon is to understand the geology of a parent body of a meteor shower, and in particular constrain the dust ejection mechanisms from active (i.e., dust-ejecting) asteroids. The specific objectives of the camera observation are taking images for (1) obtaining the light curve of Phaethon in order to estimate the rotational period, (2) measuring the outline shape of Phaeton, (3) making a 3D shape model of Phaethon, (4) observing the surface geological features of Phaethon including dust ejection features, and (5) observing the surface material distribution of Phaethon. The observations (1) to (4) will be conducted by TCAP, and (5) by MCAP.

TCAP is a telescopic panchromatic camera for high spatial resolution imaging of the surface of Phaethon and have a rotational mirror for asteroid tracking during flyby. The rotational mirror can change the direction of the line of sight from 0 deg to 180 deg. This enables to observe Phaethon throughout the flyby with wide solar phase angles, which is extremely important to image and understand the surfaces of planetary bodies because the solar phase angle affects significantly the appearance of geological features in taken images.

MCAP is a multiband camera, the wavelengths of which are 400, 480, 550, 700, 850, and 950 nm (480 and 950 nm are optional bands) and has multiple optical systems and sensors in order to take all band images simultaneously. This is because there is not enough time to take each band image in turn with changing bandpass filters using such as a filter wheel in this high speed flyby mission. MCAP does not have a tracking mirror due to the weight limitation, and the line of sight of MCAP is fixed to the spacecraft with 40 deg off the relative velocity vector of the spacecraft.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We will explain the flyby imaging sequence of DESTINY^{+}, and show the conceptual designs of TCAP and MCAP.

キーワード：ファエトン、デスティニー・プラス、フライバイ、カメラ
Keywords: Phaethon, DESTINY+, Flyby, Camera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Polarimetric Study of Asteroids in Comet-Like Orbits (ACOs)

*Jooyeon Geem[1], Masateru Ishiguro[1], Yoonsoo P. Bach[1], Daisuke Kuroda[2], Hiroyuki Naito[3], Hidekazu Hanayama[4], yoonyoung kim[10], Yuna G. Kwon[1], Sunho Jin[1], Tomohiko Sekiguchi[5], Ryo Okazaki[5], Jeremie J. Vaubaillon[6], Masataka Imai[7], Tatsuharu Oono[8], Yuki Futamuts[8], Seiko Takagi[8], Mitsuteru Sato[8], Kiyoshi Kuramoto[8], Makoto Watanabe[9]

1. Astronomy program, Dept of Physics and Astronomy, Seoul National University, 2. Okayama Observatory, Kyoto University, 3. Nayoro Observatory, 4. Ishigakijima Astronomical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, 5. Hokkaido University of Education, 6. Observatoire de Paris, I.M.C.C.E., 7. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 8. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 9. Department of Applied Physics, Okayama University of Science, 10. Max Planck Institute for Solar System Research

It is important to determine the taxonomic types of small bodies in the solar system and further to study the spatial distribution of the planetary system. Among the small bodies, it is considered that there should be dormant comets that have lost a significant fraction of volatile materials in their subsurface layers. As a result, they are unable to produce any detectable coma and recognized as asteroids. It has been challenging to find out such dormant comet population from a list of known asteroids because of the asteroidal appearances. There are several attempts to find the dormant comet nuclei from asteroidal catalogs, for example, by using their reflectance spectra or orbital elements. However, little has been studied via polarimetry.
We conduct a polarimetric study of three candidates of dormant comet nuclei, (331471) 1984 QY1, (3552) Don Quixote and (944) Hidalgo, by using the 1.6-m Pirka Telescope at the Nayoro observatory (operated by Hokkaido University, Japan). We chose these asteroids in comet-like orbits (ACOs) based on the orbital elements (i.e., the Tisserand parameter with respect to Jupiter $T_J < 3$). We found that 1984 QY1 has a polarimetric albedo (geometric albedo determined via polarimetry) $p_V = 0.16 \pm 0.06$ while both Don Quixote and Hidalgo have Rc-band polarimetric albedo $p_R < 0.05$. Based on the polarimetric result together with a dynamical analysis, we conjectured that 1984 QY1 could be an S-type asteroid transported into the current orbit via 3:1 mean motion resonance with Jupiter. From the previous spectroscopic study, Don Quixote and Hidalgo are classified into D-type taxonomic group, which are typical of comet nuclei. In this presentation, we will introduce our polarimetric observations of ACOs and emphasize that polarimetry is a powerful tool for discriminating the asteroidal and cometary origins.

Keywords: Polarimetry, Asteroid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dynamical lifetime of the Oort Cloud new comets under planetary perturbation

*伊藤 孝士[1]、樋口 有理可[1]
*Ito Takashi[1], Arika Higuchi[1]

1. 国立天文台
1. National Astronomical Observatory of Japan

Nearly isotropic comets with very long orbital period are supposed to come from the Oort Cloud. Recent observational and theoretical studies have greatly revealed the dynamical nature of this cloud and its evolutionally history, but many issues are yet to be known. Our goal is to trace the dynamical evolution of the Oort Cloud new comets (OCNCs) produced by evolving comet cloud, hopefully estimating the fraction of OCNCs embedded in the current populations of the solar system small bodies. We combine two models to follow the dynamical evolution of OCNCs beginning from their production until their ejection out of the solar system, obtaining statistics of the dynamical lifetime of OCNCs: The first model is a semi-analytical one about the OCNC production in an evolving comet cloud under the perturbation of the galactic tide and stellar encounters. The second model numerically deals with planetary perturbation over OCNCs' dynamics in planetary region. The main results of the present study are: (1) Typical dynamical lifetime of OCNCs in our models turned out to be O(10^7) years. Once entering into the planetary region, most OCNCs stay there just for this timespan, then get ejected out of the solar system on hyperbolic orbits. (2) While averaged orbital inclination of OCNCs is small, the so-called "planet barrier" works rather effectively, preventing some OCNCs from penetrating into the terrestrial planetary region.

キーワード：オールト雲、彗星、軌道力学
Keywords: Oort Cloud, comet, orbital dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱赤外撮像でさぐるC型小惑星リュウグウの高空隙な表層
Thermal Infrared Imaging of C-type Asteroid 162173 Ryugu with Porous Surfaces

*岡田 達明[1,2]、福原 哲哉[3]、田中 智[1]、田口 真[3]、荒井 武彦[4]、坂谷 尚哉[1]、嶌生 有理[1]、千秋 博紀[5]、小川 佳子[6]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、北里 宏平[6]、神山 徹[7]、関口 朋彦[8]、滝田 隼[9]、長谷川 直[1]、松永 恒雄[10]、和田 武彦[1]、今村 剛[2]、Helbert Jorn[11]、Mueller Thomas[12]、Hagermann Axel[13]、Biele Jens[11]、Grott Matthias[11]、Hamm Maximilian[11]、Delbo Marco[14]、山本 幸生[1]、平田 成[6]、平田 直之[15]、照井 冬人[1]、佐伯 孝尚[1]、中澤 暁[1]、吉川 真[1]、渡邊 誠一郎[1,16]、津田 雄一[1]
*Tatsuaki Okada[1,2], Tetsuya Fukuhara[3], Satoshi Tanaka[1], Makoto Taguchi[3], Takehiko Arai[4], Naoya Sakatani[1], Yuri Shimaki[1], Hiroki Senshu[5], Yoshiko Ogawa[6], Hirohide Demura[6], Kentaro Suko[6], Kohei Kitazato[6], Toru Kouyama[7], Tomohiko Sekiguchi[8], Jun Takita[9], Sunao Hasegawa[1], Tsuneo Matsunaga[10], Takehiko Wada[1], Takeshi Imamura[2], Jorn Helbert[11], Thomas G. Mueller[12], Axel Hagermann[13], Jens Biele[11], Matthias Grott[11], Maximiliam Hamm[11], Marco Delbo[14], Yukio Yamamoto[1], Naru Hirata[6], Naoyuki Hirata[15], Fuyuto Terui[1], Takanao Saiki[1], Satoru Nakazawa[1], Makoto Yoshikawa[1], Sei-ichiro WATANABE[1,16], Yuichi Tuda[1]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 東京大学、3. 立教大学、4. 足利大学、5. 千葉工業大学、6. 会津大学、7. 産業技術総合研究所、8. 北海道教育大学、9. 北海道北見北斗高校、10. 国立環境研究所、11. ドイツ航空宇宙センター、12. マックスプランク地球外物理学研究所、13. スターリング大学、14. コートダジュール天文台、15. 神戸大学、16. 名古屋大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. University of Tokyo, 3. Rikkyo University, 4. Ashikaga University, 5. Chiba Institute of Technology, 6. University of Aizu, 7. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 8. Hokkaido University of Education, 9. Hokkaido Kitami-Hokuto High School, 10. National Institute for Environmental Studies, 11. German Aerospace Center, 12. Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics, 13. University of Stirling, 14. Observatoire de la Côte d'Azur, 15. Kobe University, 16. Nagoya University

Thermal images from global to close-up scales taken by the Thermal Infrared Imager TIR [1] on Hayabusa2 [2] have revealed thermophysical properties of the C-type Near-Earth Asteroid 162173 Ryugu. On 27 June 2018, Hayabusa2 arrived at Ryugu and started remote sensing to characterize the nature of the asteroid and find the proper landing sites. *In situ* surface experiments were conducted using the robotic landers Minerva-II and Mascot [3]. *In situ* radiometry was conducted by MARA on MASCOT during a day-night cycle to derive the thermal inertia of a single boulder [4]. Ground-based observations [5] have been informed that the averaged thermal inertia of the asteroid is from 150 to 300 [tiu = J m^{-2} $s^{-0.5}$ K^{-1}] [5,6], corresponding to the surface covered with cm-sized granules.

TIR is the same design as the LIR on Akatsuki Venus climate orbiter [6], with 8 to 12 μm wavelength range, 328 x 248 effective pixels, and the FOV and IFOV of 16.7˚ x 12.7˚ and 0.051˚ per pixel, respectively. The first image of Ryugu detected by TIR was a point source on 6 June 2018, as was previously predicted [7]. Disc-resolved thermal images of Ryugu was taken from the HP on 30 June. The surface temperature was measured at 300 to 370K at about 1AU from the Sun, and gradually decreased with the solar distance. Comparison of the results with modeling [8] shows that the surface of Ryugu is not like fine regolith nor base rocks. Most of large boulders on Ryugu show temperatures almost the same as the surrounding surfaces. Diurnal temperature profiles of Ryugu are rather flatter than expected for a smooth terrain. Apparent thermal inertia is ~300 tiu or larger, but probably lower than the value when the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

surface roughness is considered. All these facts are consistent with a very rough and porous surface with low porosity (~35 ±10 %) [9] and the surrounding surface is dominated by porous rocks larger than several centimeters. Macro porosity should be 30 to 50 % to account for the bulk density of Ryugu ~1200 kg m^{-3}.

During the descent operations for the release of landers and the touchdowns for sample collection, TIR has taken close-up thermal images of the local sites, continually from the altitude of 500 m until the start of final descent at 10 or 20 m altitude. Close-up thermal images show the surface physical state and a variety of boulders. Most of the boulders in close-up images have temperatures similar to the surroundings but with more variety. A small number of boulders are remarkably colder than the surroundings, indicating dense rocks with lower porosity.

These facts indicate that Ryugu is probably a rubble pile of loosely-bound porous rocks, which might originate from the outer layer of parent body where compaction did not occur effectively, while the dense boulders might originate the compacted center region of parent body or from the different parent body. A different composition (e.g., organic rich materials) cannot be ruled out so far to account for such a low thermal inertia (and low density) of Ryugu.

Acknowledgments: The authors appreciate all the members of the Hayabusa2 Project and supporting staff for their technical assistance and scientific discussions. This research is partly supported by the JSPS KAKENHI No. J26287108, No. J17H06459 (Aqua Planetology), and the Core-to-Core program “International Network of Planetary Sciences”. MDB acknowledges support from CNES.

References: [1] Okada T. et al. (2017) *SSR.,* 208, 255-286. [2] Tsuda Y. et al. (2013) *Acta. Astronautica, 91* , 356-362. [3] Ho T.M. et al. (2017) *SSR.,* 208, 255-286. [4] Grott, M. et al. (2019), submitted to Nature. [5] Mueller T.G. et al. (2016) Astronon. Astrophys., doi:10.1051/0004-6361/201629143. [6] Fukuhara T. et al. (2011) *EPS,* 63, 1009-1018. [7] Okada T. et al. (2018) *PSS., 158, 46-52.* [8] Takita J., et al. SSR, 2018, 287-315. [9] Okada T. (2016) *LPSC.*, 47, #1457.

キーワード：はやぶさ２、熱赤外カメラ、熱慣性
Keywords: Hayabsua2, Thermal Infrared Imager, Thermal Inertia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIRの小惑星162173リュウグウ観測データの公開

Data Release of Asteroid 162173 Ryugu by Observation of Thermal Infrared Imager onboard Hayabusa2

*荒井 武彦[1]、出村 裕英[2]、神山 徹[7]、坂谷 尚哉[3]、須古 健太郎[2]、嶌生 有理[3]、千秋 博紀[5]、関口 朋彦[6]、小川 佳子[2]、長谷川 直[3]、和田 武彦[3]、今村 剛[10]、松永 恒雄[9]、滝田 隼[8]、北里 宏平[2]、田口 真[4]、福原 哲哉[4]、田中 智[3]、岡田 達明[3]
*Takehiko Arai[1], Hirohide Demura[2], Toru Kouyama[7], Naoya Sakatani[3], Kentaro Suko[2], Yuri Shimaki[3], Hiroki Senshu[5], Tomohiko Sekiguchi[6], Yoshiko Ogawa[2], Sunao Hasegawa[3], Takehiko Wada[3], Takeshi Imamura[10], Tsuneo Matsunaga[9], Jun Takita[8], Kohei Kitazato[2], Makoto Taguchi[4], Tetsuya Fukuhara[4], Satoshi Tanaka[3], Tatsuaki Okada[3]

1. 足利大学、2. 会津大学、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 立教大学、5. 千葉工業大学、6. 北海道教育大学、7. 産業技術総合研究所、8. 北海道北見北斗高等学校、9. 国立環境研究所、10. 東京大学
1. Ashikaga University, 2. The University of Aizu, 3. Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), 4. Rikkyo University, 5. Chiba Institute of Technology, 6. Hokkaido University of Education, 7. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 8. Hokkaido Kitami Hokuto High School, 9. National Institute for Environmental Studies (NIES), 10. The University of Tokyo

小惑星探査機はやぶさ２は現在，小惑星162173リュウグウの科学観測を行っている．はやぶさ2搭載中間赤外カメラ（TIR）はリュウグウ上空から地表のサーモグラフィーを取得し，小惑星表層における熱バランスの予想モデルと比較して，リュウグウの全体および局所的な熱物性・物理特性を明らかにする(Okada et al., 2017)．自転する小惑星の連続したサーモグラフィーの取得は世界初であり，小天体の成り立ちや進化を探る上で貴重なデータとなる．本発表では，TIRで取得したデータの解析プロセスと精度，プロダクトの公開状況を紹介する．観測したTIRのデータはJAXA内にあるデータサーバーでソーティングされ，TIRのデパケットソフトで生データ画像（Level1）に変換する．その後，会津大学のデータベースHEAT（Endo et al., 2017; Suko et al., 2019）を用いて輝度温度画像（Level2）に変換し，リュウグウの形状モデル（Hirata et al., 2018）上にマッピング（Level3）する．さらに，表層のラフネスモデル（Senshu et al., 2019）を取り入れた小惑星の熱バランスモデルでフィッティングを行い，熱慣性マップ（Level4）を作成する（Shimaki et al., 2019）．最終的に，小惑星の熱モデルから任意の日時のリュウグウ温度モデル（Level5）を作成する（Takita et al., 2017）．TIRの空間解像度はセンサの性能できまるが，センサのアライメントの精度で観測位置に誤差が生じる．そこで，TIRよりも空間分解能の優れるオンボードナビゲーションカメラ(ONC)の観測データから作成されたリュウグウの形状モデル上にTIRで観測したデータをプロジェクションし，TIR画像のジオメトリック補正（アライメント補正）を行なった．結果，10 km上空からの観測において数mの誤差で観測位置を決定できるようになった(Arai et al., 2018)．さらに，リュグウの形状モデルを使用してレンズの影響による画像の歪み補正(Kouyama et al., 2013)を行なった結果，1ピクセルよりも歪みが小さいことが確認された．以上の結果をTIR観測画像からリュウグウ地図データに変換にするために使用するNASA/NAIFのSPICEカーネルFK（Flame Kernel）とIK（Instrument Kernel）に反映し，観測データと同時に公開する．

キーワード：はやぶさ２、中間赤外カメラ、小惑星リュウグウ
Keywords: Hayabusa2, Thermal Infrared Imager, Asteroid Ryugu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi-mission capability of HARMONICS

*角田 晋太郎[1]、出村 裕英[1]、平田 成[1]
*Shintaro Tsunoda[1], Hirohide Demura[1], Naru Hirata[1]

1. 公立大学法人会津大学
1. The University of Aizu

This research has updated HARMONICS from a viewpoint of multi-mission capability, such as the Martian satellite exploration mission MMX in 2020s. Newly additional function is Switching on the shape model interface.
Bird view and visualization of FOV is important in robotics control. This technology is also used for deep space explorer missions.
HARMONICS is visualization tool of FOV(Field Of View) of scientific instruments and spacecraft’s position for HAYABUSA mission. The software has been updated by University of Aizu students of the past. The original HARMONICS had been developed by Nemoto(2006). GUI of HARMONICS had been replaced GUI library from GKT to Qt and added new functions, such as interactive modification of input mission plan by Ueno+(2017). The software had been add FOV frustum function by Aoki(2017). HARMONICS has tried to manage data for each project based on preference file in 2018.
HARMONICS should improved scalability to be compatible for ongoing mission. HARMONICS had been used to decide shutter chance by Camera Science Team in the asteroid Itokawa rendezvous of HAYABUSA. This software has not used in the asteroid Ryugu rendezvous of HAYABUSA2. The proven software should be use for future ongoing missions other than HAYABUSA. This research is development to HARMONICS adapt to ongoing missions.
I separated the designation of the data set from the source code and clarified the part edited by the user and the part edited by the developer.
HARMONICS has the function to switch and display data of different missions by this research. When users extend HARMONICS for multiple missions, users don’t need edit source code. User needs only kernel and the shape model of spacecraft and target asteroid. User do not need tough coding. User can use easily HARMONICS by editing preference file and kernel.

キーワード：はやぶさ2、リュウグウ、ソフトウエア、可視化
Keywords: Hayabusa2, Ryugu, Software, visualization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New interface of verification for calibration and conversion in HEAT : Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

* 小林 達郎[1]、須古 健太郎[1]、出村 裕英[1]、小川 佳子[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4]
*Tatsuro Kobayashi[1], Kentaro Suko[1], Hirohide Demura[1], Yoshiko Ogawa[1], Takehiko Arai[2], Naoya Sakatani[3], Tatsuaki Okada[3], Satoshi Tanaka[3], Tetsuya Fukuhara[4]

1. 会津大学、2. 足利大学、3. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4. 立教大学
1. The University of Aizu, 2. Ashikaga University, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Rikkyo University

Hayabusa2 is an ongoing mission for sample return from the asteroid Ryugu.
Candidates of sampling sites are selected based on surface mapping by optical instruments such as Thermal Camera (TIR). TIR observes surface infrared radiation from the asteroid. A software package peculiar to TIR is HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR. The software has four functions; Database for ground tests, calibration of flight data based on the ground tests, conversion from raw data to temperature one, and analysis for verifying the calibration and conversion. The converted data products are divided into some levels: Lv1 Raw data [DN], Lv2a Temperature [K], Lv2b is Brightness [W/m2], and higher thermal model with VTK format [K]. This research implements new interface of verification for calibration and conversion based on hearing and survey for requirements from TIR science team. The environment of implementation is following tool. OS: macOS Mojave 10.14.2. Computing language: C++, OpenGL. Frameworks: Qt5.4. Tools: Fits, Qt creator, SPICE toolkit, Visualization Toolkit, QcustomPlot, Xcode10.1.

キーワード：はやぶさ2、ソフトウェア、リュウグウ、キャリブレーション
Keywords: Hayabusa2, Software, Ryugu, Calibration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dust particle evolution of a near-Earth object 252P/LINEAR from near-infrared polarimetric observations in 2016

*Yuna G Kwon[1], Masateru Ishiguro[1], Jungmi Kwon[2], Daisuke Kuroda[3], Myungshin Im[1], Changsu Choi[1], Motohide Tamura[4], Takahiro Nagayama[5], Nobuyuki Kawai[6], Jun-ichi Watanabe[7]

1. Seoul National Univ., 2. ISAS/Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Okayama Astrophysical Observatory, 4. The Univ. of Tokyo, 5. Kagoshima Univ., 6. Tokyo Institute of Technology, 7. National Astronomical Observatory of Japan

Comets, one of the least-altered leftovers from the early solar system, have probably preserved the primitive structure inside, whereas their surfaces become differentiated from initial states after repetitive orbital revolutions around the sun. Resurfacing makes the surface drier and more consolidated than the bulk nuclei, creating inert refractory dust layer (so-called “dust mantle”). Near-Infrared (NIR) polarimetry is theoretically expected to maximize the contrast of the porosity between inner fresh and evolved dust particles, by harboring more dust constituents in the single wavelength than the optical, and thus intensifying electromagnetic interference in dust agglomerates. Despite the advantage, only few studies have been conducted in this approach at multiple observation epochs. Herein, we present our new multi-band NIR polarimetric (1.25—2.25 microns) study of near-Earth object 252P/LINEAR over 12 days near perihelion; alongside broadband optical photometric (0.48—0.80 microns) data over four months in 2016 and a subsidiary dynamical simulation over 1000 year backward in time. 252P/LINEAR drew attention due to (1) its close approach to the Earth (~0.036 au on 2016 March 16), (2) its possible pairing to a comet P/2016 BA14 (PanSTARRS), and (3) its very low activity level despite its relatively young dynamical age. In this study, we detected two discontinuous brightness enhancements of 252P/LINEAR, particularly, the former of which accompanied a significant increase of NIR polarization degree of the comet (by ~13 % at most) with unusual blue polarimetric color. We will discuss the most probable scenario of the observed results, together with the orbital evolution of the comet and a dynamical association with its pair.

Keywords: Comet, Near-earth object, Polarimetry, Dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Performance Evaluation of TRIPOL on the 61-cm Telescope at Seoul National University for Polarimetric Observations of Solar System Small Bodies

*Sunho Jin[1], Masateru Ishiguro[1], Yuna G Kwon[1], Jooyeon Geem[1], Yoonsoo P. Bach[1], Jinguk Seo[1], Hiroshi Sasago[2], Shuji Sato[3]

1. Seoul National University, 2. Sasago Co.,Ltd, 3. Nagoya University

Polarimetry of solar system small bodies is a powerful technique for investigating their physical properties, such as albedos, particle sizes, and porosities of these bodies. Observational opportunities arise sometimes suddenly, that is, just after unforeseeable activations of comets and discoveries of near-miss asteroids. Here, we introduce our activity to install the polarimetric instrument, TRIPOL (Triple-Range Imager and POLarimeter) on the 61-cm telescope (a Ritchey-Chretien reflector with f/7.0) at the Center for Astronomy and Space Science, Seoul National University, and report an observational result of three comets. This combination provides an 8.0’ ´8.0’ field of view and pixel resolution of 0.94” pixel^{-1}. Throughout photometric observations, we determined the limiting magnitudes (defined as magnitudes for S/N=5) of 15.17±0.06 (g’-band), 15.68±0.01 (r’-band), 16.24±0.03 (I’-band), respectively, with total 240-seconds exposure (four 60-seconds exposure images, each was taken at different rotation angle for the half-wave plate). We also found that the instrumental polarizations are negligibly small, that is, -0.32±0.04% (g’-band), -0.36±0.05% (r’-band) and -0.21±0.04% (I’-band), while the polarization efficiencies are large enough to maximize the performance, that is, 97.52±0.03% (g’-band), 98.83±0.02% (r’-band) and 99.15±0.02% (I’-band).

With this instrument, we conducted polarimetric observations of three Jupiter-family comets, 21P/Giacobini-Zinner, 38P/Stephan-Oterma, and 46P/Wirtanen on a trial basis. It is known from a recent study that the polarization degrees of cometary dust particles are significantly influenced by gas emissions [1] With multiband data taken with TRIPOL, we eliminated an influence of gas contaminations and found that the dust polarization degrees of these three comets coincide with those of so-called ‘dust-rich comets’. From this result, we conjecture that the polarimetric property of Jupiter-family comets is broadly homogeneous, unlike asteroids. We plan to describe our future plan using the polarimetric system.

[1] Kwon, Y. G. et al. Astronomical Journal, 154, 4, 173, 2017

Keywords: Comet, Instrument, Polarimetry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Smart Interface of HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

*須古 健太郎[1]、 小林 達郎[1]、出村 裕英[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4]

*Kentaro Suko[1], Tatsuro Kobayashi[1], Hirohide Demura[1], Takehiko Arai[2], Naoya Sakatani[3], Tatsuaki Okada[3], Satoshi Tanaka[3], Tetsuya Fukuhara[4]

1. 公立大学法人会津大学、2. 足利大学、3. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4. 立教大学
1. The University of Aizu, 2. Ashikaga University, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Rikkyo University

The Hayabusa2 project is a sample return mission to the asteroid Ryugu. It was launched on Dec. 3, 2014, and it has been at Ryugu since June 27, 2018. Hayabusa2 has optical instrument called Thermal Infrared Imager (TIR). These main functions are to know natures of the asteroid and to select the candidate of safe landing sites for sampling based on thermos-physical properties of the surface. TIR records infrared radiation from the target as a digital number (DN). The infrared signal is affected by sensor-surrounding objects; lens, shutter, package, and case. TIR requires consideration about this effect when converts DN images to temperature one. This study improved conversion system to increase conversion efficiency.

Hayabusa2 TIR Science Team has developed an analysis supporting tool called Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR (HEAT). HEAT is used to search TIR data interactively, display TIR images, and visualize thermal models. We receive TIR raw images (Product Level 1) from ISAS/JAXA and convert them to brightness temperature images (Level 2a) and radiance images (Level 2b) using HEAT at Univ. of Aizu. The converted images are provided to the Hayabusa2 project data server.

This part introduces a concept model. The spectral radiance emitted from a blackbody B(λ,T) (W s r-1m-2) is given by the Planck function based on wavelength λ (m) and temperature T(K) as follows:

$$B(\lambda,T) = (2hc2/\lambda 5)* (1/(\exp(\lambda kBT)-1))$$

H = 6.63*1034 (m2 kg s-2 s-1) is the Planck constant, c=2.9972*108(ms-1) is the speed of light, and KB= 1.38*10-23 (m2 kg s-2K-1) is the Boltzmann constant. The observed radiance L(T) (W sr−1 m−2) is as follows:

$$L(T)= \varepsilon \int BR(\lambda)d\lambda$$

ε is the spectral thermal emissivity, and R(λ) is the response function such as the detection efficiency of the bolometer, the measured transmittance of optics including the band-pass filter and the germanium lens. The calibration formula with two regressed parameters A and B is written as follows:

$$DN=A * L(T) + B$$

The converted temperatures of the Moon were lower than expected because each pixel did not cover the sunlit area entirely or due to roughness effect of the cratered terrain. TIR has been observing Ryugu in

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

approach and rendezvous phases. The altitudes of TIR observations during the rendezvous phase range from 20 km to less than 10 m. This study has processed about 3000 Ryugu images observed by TIR since June 2018.

This study improved conversion system. Previous conversion system converts a TIR image one by one, but current conversion system converts TIR images in selected directory at once.

キーワード：はやぶさ２、熱カメラ、HEAT、ソフトウェア
Keywords: Hayabusa2, TIR, HEAT, Software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バルジ地形に形成される衝突クレーターに関する実験的研究
Experimental Study on Collision Crater Formed on Bulge Geography

*横田 優作[1]、山本 裕也[2]、保井 みなみ[2]、荒川 政彦[2]
*Yusaku Yokota[1], Yuya Yamamoto[2], Minami Yasui[2], Masahiko Arakawa[2]

1. 神戸大学理学部、2. 神戸大学大学院理学研究科
1. Faculty of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kobe University

An equatorial bulge was found on the surface of asteroid Ryugu and Bennu by recent spacecrafts of Hayabusa2 and OSIRIS-Rex, and ridge structures with various scales originated by geological activities have been recognized on icy satellites. Impact craters are dominant geological features on solid planets such as asteroids and satellites, and a crater rim are also recognized as a ridge or bulge with a circular shape. These bulges and ridges are shown to be erased with time because small scale impacts excavate and disrupt these topographies. It is well known that old craters gradually degraded by small impacts to get blurred and could be completely erased. We can expect the similar degradation process on large bulges and ridge structures, so that the life time of these structures by small impacts is a good indicator of the formation age of these structure by geologic activities. So far, the effect of small impacts on the degradation is estimated by using the results on the flat surface, but actually the surface of the bulge is curved and there is a summit on the bulge. Therefore, if we estimate the life time of the bulge structure, we should consider the effect of the topography such as a summit and curvature. Then, the impacts on the bulge structure was studied to clarify how the bulge structure affected the crater formation efficiency. In this study, we suppose the bulge made from regolith and boulders, such as an equatorial bulge of Ryugu and assume the crater formation process dominated by not the strength but the gravity.

We prepared a triangular prism target to simulate the bilge structure, and set it like that the base of this prism is rectangle, then it looks triangle when we look it at the horizontal direction, and we can look at the linear summit from the top view. Quartz sands with the size of 100μm was used to build the target and the angle of repose for this quartz sand is about 30 degree. The slope of the prism was measured from the base, and we set the angle from 20 to 30 degree. The quartz sands were filled into a transparent water tank with the depth of 20 cm to prepare the bulge structure. Impact experiments were conducted by using a vertical type gas gun, and the water tank was set in the chamber to evacuate below 1000 Pa. A alumina sphere projectile with the size of 3mm was launched at the velocity from 70 to 200 m/s, and it was impacted on the bulge in the vertical direction: the impact angle measured from the target surface was about 60 degree when the slope was 30 degree. The distance from the impact pint to the summit (deviation distance, d_d) was changed from 0 to 20mm.

We found that the crater shape strongly depended on the d_d, so the crater shape was an ellipsoid when the impact point was near the summit. Th major axis appeared along the linear summit and the minor axis appeared across the summit. The aspect ratio of the major axis to the minor axis gradually changed toward 1 with the increase of d_d. Moreover, the aspect ratio becomes large at the same d_d when the impact velocity increased. The major axis of the ellipsoid crater formed on the bulge was slightly larger than the crater diameter formed on the flat surface, and the slope angle might affect the size of the ellipsoid because we found that the crater formed on the slope of 30 degree was systematically larger than that formed on the slope of 20 degree. We also observed an asymmetric ejecta curtain from the impact point on the bulge, moreover the ejecta curtain was notice to be deformed so much at the impact point near the summit because of the effect of curvature of the bulge on the crater flow.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Angle of repose, Impact crater, Bulge and ridge structure, Ejecta curtain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小惑星リュウグウからの「はやぶさ２」試料：有機化合物の初期分析プラン

Initial analysis plan of soluble organic compounds for the Hayabusa2 sample from asteroid Ryugu

*奈良岡 浩[1]、高野 淑識[2]、Jason P. Dworkin[3]、SOM Analysis Team
*Hiroshi Naraoka[1], Yoshinori Takano[2], Jason P. Dworkin[3], SOM Analysis Team

1. 九州大学　大学院理学研究院地球惑星科学部門, 惑星微量有機化合物研究センター、2. 海洋研究開発機構、3. Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Research Center for Planetary Trace Organic Compounds, Kyushu University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA

The spectra of asteroid 162173 Ryugu taken by Near-Infrared Spectrometer (NIRS3) onboard Hayabusa2 are nearly featureless and consistent with carbonaceous chondrites (Matsuoka et al., 2018). The Hayabusa2 spacecraft will collect surface samples of Ryugu and deliver to the Earth during late 2020. The initial analysis of the Ryugu samples will focus on (1) detailed chemical and mineralogical characterization of the samples and (2) understanding the history of Ryugu and the Solar System in order to maximize the scientific achievement of the project and (3) to prove the scientific potential of the samples to the community for the analytical opportunity (Tachibana et al., 2014). We have organized an international team, consisting of 24 members currently, for the initial analysis of soluble organic matter (SOM) for the returned samples.

The primitive asteroidal materials are expected to contain diverse and complex (e.g. elemental, structural, and optical) organic matter all at low concentrations. The occurrence of SOM will provide clues to the origins of organic compounds as well as prebiotic molecules of potential relevance to origins of life on Earth and possibly elsewhere in the Solar System. We propose the comprehensive SOM analyses to reveal the chemical evolution of Ryugu using high-sensitive and high-resolution analytical methods as follows:

1) High-resolution mass spectrometry (HRMS) of various solvent extracts with electrospray ionization (ESI) coupled with or without nano-liquid chromatography.
2) Enantiomerically resolved amino acid analysis using high-resolution column chromatography with high-sensitive fluorescence spectroscopy coupled with HRMS.
3) *In situ* organic compound analysis and molecular imaging using desorption electrospray ionization (DESI) and/or direct analysis in real time (DART) equipped with HRMS.
4) Spatial resolution imaging of organic compounds using time of flight-secondary ion mass spectrometry (ToF-SIMS; Naraoka et al., 2015).

In addition, if the sample is available, we will also perform the following additional analyses:

5) Compound-specific isotope analysis using gas chromatography/combustion or pyrolysis /isotope ratio mass spectrometry (GC/C or pyrolysis/IRMS).
6) Bulk chemical and isotopic analysis of organic matter (C, H, N and S) using nano-EA/IRMS system and laser-tunable FT-IR spectroscopy.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Depending to the sample size available to the initial analysis, we will perform preliminary analytical tests using 30 mg, 10 mg, and 1 mg samples of the Murchison meteorite (CM2, positive SOM-rich), Yamato 793321 meteorite (heated CM2, positive SOM-depleted), and baked serpentine (negative SOM-depleted) as well as procedural blank. The analytical protocol will be discussed in the meeting.

< References >

Tachibana, S. et al. (2014) Hayabusa2: Scientific importance of samples returned from C-type near-Earth asteroid (162173) 1999 JU3. Geochemical Journal. 48. 571-581. 10.2343/geochemj.2.0350.

Matsuoka, M. et al. (2018) Spectral comparison between asteroid (162173) Ryugu and carbonaceous meteorites. American Astronomical Society, DPS meeting #50.

Naraoka, H. et al. (2015) ToF-SIMS analysis of carbonaceous particles in the sample catcher of the Hayabusa spacecraft. Earth, Planets and Space, 67:67. DOI 10.1186/s40623-015-0224-0.

Naraoka, H. and Hashiguchi, M. (2018) *In situ* organic compound analysis on a meteorite surface by desorption electrospray ionization coupled with an Orbitrap mass spectrometer. Rapid Commun. Mass Spectrom. 32, 959-964.

キーワード：はやぶさ２、リュウグウ、炭素質小惑星、溶存有機物
Keywords: Hayabusa2, Ryugu, Carbonaceous Asteroid, Soluble Organic Matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen

*大澤 亮[1]、弘田 旭[2]、阿部 新助[2]、Kastinen Daniel[3]、Kero Johan[3]、藤原 康徳[4]、中村 卓司[5]、酒向 重行[1]、小島 悠人[1]、渡部 潤一[6]
*Ryou Ohsawa[1], Akira Hirota[2], Shinsuke Abe[2], Daniel Kastinen[3], Kero Johan[3], yasunori Fujiwara[4], Takuji Nakamura[5], Shigeyuki Sako[1], Yuto Kojima[1], Jun-ichi Watanabe[6]

1. 東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター、2. 日本大学理工学部 航空宇宙工学科、3. Institutet för rymdfysik、4. 総合研究大学院大学、5. 国立極地研究所、6. 国立天文台
1. Institute of Astronomy, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Aerospace Engineering, College of Science & Technology, Nihon University, 3. Swedish Institute of Space Physics, 4. SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 5. National Institute of Polar Research, 6. National Astronomical Observatory of Japan

The Earth is surrounded by small dust grains produced by comets and asteroids. Tons of such grains plunge into the Earth's atmosphere hourly. Part of their kinetic energy excites and ionizes the surrounding atmosphere, which is observed as a meteor phenomenon. A simultaneous radar and optical observation is promising to constrain the motion and mass of a meteor at a time. We launched a project to observe faint meteors with Middle and Upper Atmosphere Radar (MU radar) and a wide-field CMOS mosaic camera Tomo-e Gozen installed on the 105 cm Kiso Schmidt telescope. The observations were carried out in 18--21, April, 2018. From tons of the detected meteors, the simultaneous detections were extracted in terms of the times, loci, and directions of the meteors. Finally, we identified the 894 meteor events simultaneously detected in the both sites. The optical brightness of the simultaneous meteors ranged from about 3--11 mag. in the V-band, which is about 5 magnitude fainter than in previous studies. We confirmed a clear correlation between the meteor brightnesses and the radar cross sections.

キーワード：流星、惑星間空間ダスト
Keywords: meteor, interplanetary dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global distribution and spectral characteristics of bright spots on asteroid Ryugu

*末満 雅徳[1]、諸田 智克[1]、本田 理恵[2]、亀田　真吾[15]、巽 瑛理[3]、山田 学[4]、坂谷 尚哉[5]、神山 徹[6]、横田 康弘[7]、長 勇一郎[8]、鈴木 秀彦[9]、早川 雅彦[10]、松岡 萌[10]、本田 親寿[11]、道上 達広[12]、吉岡 和夫[13]、小川 和律[14]、澤田 弘崇[5]、杉田 精司[3]
*Masanori Suemitsu[1], Tomokatsu Morota[1], Rie Honda[2], Singo Kameda[15], Eri Tatsumi[3], Manabu Yamada[4], Naoya Sakatani[5], Toru Kouyama[6], Yokota Yasuhiro[7], Yuichiro Cho[8], Hidehiko Suzuki[9], Masahiko Hayakawa[10], Moe Matsuoka[10], Chikatoshi Honda[11], Tatsuhiro Michikami[12], Kazuo Yoshioka[13], Kazunori Ogawa[14], Hirotaka Sawada[5], Seiji Sugita[3]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 高知大学自然科学系理工学部門、3. 東京大学大学院地球惑星科学専攻、4. 千葉工業大学惑星探査研究センター、5. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6. 産業技術総合研究所、7. 高知大学、8. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、9. 明治大学理工学部物理学科、10. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系、11. 会津大学、12. 近畿大学工学部、13. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、14. 神戸大学、15. 立教大学
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Department of Science and Technology, System of Natural Science, Kochi Unicversity, 3. Graduate School of Earth and Planetary Science, Tokyo Unicversity, 4. Planetary Exploration Reserch Center, Chiba Institute of Technology, 5. Institute of Space and Astoronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 6. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 7. Kochi University, 8. Department of Earth and Planetary Science, Tokyo University, 9. Depertment of physics, Meiji University , 10. Department of Solar System Science, Institute of Space and Astoronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 11. Aizu University, 12. Faculty of Engineering, Kindai University, 13. Graduate School of frontier Science, Tokyo University, 14. Kobe University, 15. Rikkyo University

On June 27, 2018, the asteroid explorer Hayabusa2 arrived at the target C-type asteroid 162173 Ryugu. The telescopic optical navigation camera (ONC-T) on-board Hayabusa2 has acquired the multiband image data for the entire surface of Ryugu with spatial resolutions better than 2 m/pixel. These data show that the Ryugu surface has the very low surface reflectance, flat spectra, and its spatial homogeneity [Sugita et al. 2019]. However, more detailed observations on Ryugu have revealed that many boulders exhibit different spectral properties and that a number of spots with distinctively brighter than the surroundings [Sugita et al. 2019]. Although larger boulders have been analyzed to show that they form two distinctive spectral trends, no substantial spectral analyses on bright spots have been conducted. Determining whether or not these bright spots are one of the materials that originate from the parent body of Ryugu is important to understand the differentiation and geologic processes on the parent body. In this study, in order to understand origins of the bright spots, we investigated spectral characteristics of the bright spots and compared those of the boulders on Ryugu. We used the ONC-T multiband images obtained in Box-A (20 km altitude) and mid-altitude (5 km altitude) operations.

We found seven meter-sized bright spots that have radiance factor 1.3 to 2.0 times higher than that of the surrounding area. The spectra of these bright spots were classified into two types, one being a flat spectrum type and another being a convex spectrum type. The former type has spectrum similar to but flatter and brighter than the mean spectra of the whole Ryugu and boulders, suggesting that the bright spots originate from parent body of Ryugu. The latter type has spectrum similar to those of S-type asteroids, suggesting their exogenous origin.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：小惑星、リュウグウ、ブライトスポット、スペクトル、ボルダ
Keywords: asteroids, Ryugu, bright spot, spectrum, boulder

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Polarimetry of (155140) 2005 UD: the Dynamical Association with (3200) Phaethon

*Masateru Ishiguro[1], Jooyeon Geem[1], Hiroyuki Naito[2], Yoonsoo P. Bach[1], Daisuke Kuroda[3], Tatsuharu Ono[4], Seiko Takagi[4], Mitsuteru Sato[4], Kiyoshi Kuramoto[4], Tomohiko Sekiguchi[5], Masataka Imai[6], Makoto Watanabe[7], Katsuhito Ohtsuka[8], Sunao Hasegawa[9], Takashi Ito[10], Fumi Yoshida[11], Tomoko Arai[11]

1. Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, 2. Nayoro Observatory, 3. Okayama Observatory, Kyoto University, 4. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 5. Hokkaido University of Education, 6. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 7. Department of Applied Physics, Okayama University of Science, 8. Tokyo Meteor Network, 9. Japan Aerospace Exploration Agency, 10. National Astronomical Observatory of Japan, 11. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

An Apollo-type near--Earth asteroid, (155140) 2005 UD, is considered as a possible fragment from (3200) Phaethon, suggesting that Phaethon precursor body might undergo a catastrophic disruption in the past. Here we present our new observational evidence for supporting these two are common origin. We thus conducted a polarimetric observation in 2018 September-October and found that 2005 UD exhibited a polarimetric property significantly different from those of major taxonomic classes of NEAs (i.e., S- and C-type) but similar to that of Phaethon at a wide range of the solar phase angles. Using the polarimetric data, we derived the geometric albedo of ~0.1. In addition, we made a photometric observation at the opposition (the zero phase angle), and determined the mean absolute magnitude of 17.2, the synodic rotational period 5.23 hr, and the effective diameter 1.5 km in combination with the derived geometric albedo. From these evidence, we found that the Phaethon precursor body might have lost more than a few percents of the mass via a disruption if 2005 UD was indeed ejected from the Phaethon precursor.

Keywords: Asteroids, Space Mission (Destiny+)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Follow-up observations for AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey (AcuA-spec)

*長谷川 直[1]、黒田 大介[2]、柳澤 顕史[3]、臼井 文彦[4]
*Sunao Hasegawa[1], Daisuke KURODA[2], Kenshi YANAGISAWA[3], Fumihiko Usui[4]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 京都大学、3. 国立天文台、4. 神戸大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Kyoto University, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. Kobe University

In the range from 1 to 2.5 μm, we made the spectroscopic observations of the AcuA-spec asteroids (Hasegawa et al. 2017, PASJ, 69, 9), whose spectra were obtained in continuous covered between 2.5 and 5.0 μm by NIR/IRC/AKARI (Usui et al. 2019, PASJ, 71, 1). Candidates of AcuA-spec asteroids were selected from only main-belt asteroids classified based on visible spectrophotometric and spectroscopic observations (Tholen 1984, PhD thesis, Arizona University; Bus & Binzel 2002, Icarus, 158, 146; Lazzaro et al. 2004, Icarus, 172, 179). About 200 classified asteroids were raised as observational candidates. Spectroscopic observations for 65 AcuA-spec asteroids which were selected among the AcuA-spec candidate catalogue in taking account of signal-noise ratio and target opportunity by AKARI were executed.
Section work of the AcuA-spec candidate catalogue was done around 2005, yet there were not many spectroscopic observations of asteroids in the near-infrared wavelength range. As a result of survey of published paper for near-infrared spectroscopic observations of asteroids, howevwer, it was found that spectroscopic observations in the near-infrared region of 1–2.5 μm for most AcuA-spec asteroids are performed except for several asteroids.
If data in near-infrared wavelength range of the lacked AcuA-spec asteroids were acquired, all AcuA-spec asteroids will have 0.35–5 μm of data available. Obtaining continuous reflectance of asteroids is essential data to compare with those such as meteorites. Based on the Bus-DeMeo taxonomy (DeMeo et al. 2009, Icarus, 202, 160), we conducted classification of all AcuA-spec asteroids using published and our observational data.

キーワード：小惑星、分光
Keywords: asteroids, spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Amino acids on witness coupons collected from the ISAS/JAXA curation facility for the assessment and quality control of the Hayabusa2 sampling procedure

*菅原 春菜[1,2]、高野 淑識[1]、唐牛 譲[3]、熊谷 和也[4]、矢田 達[3]、大河内 直彦[1]、安部 正真[3]、Hayabusa2 プロジェクトチーム
*Haruna Sugahara[1,2], Yoshinori Takano[1], Yuzuru Karouji[3], Kazuya Kumagai[4], Toru Yada[3], Naohiko Ohkouchi[1], Masanao Abe[3], Hayabusa2 project team

1.（国）海洋研究開発機構、2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur、3.（国）宇宙航空研究開発機構、4.（株）マリン・ワーク・ジャパン
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur, 3. Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), 4. Marine Works Japan Ltd.

The Hayabusa2 spacecraft is visiting a near-Earth carbonaceous type (C-type) asteroid, 162173 Ryugu, and planning to return the pristine samples to the Earth. C-type asteroids are considered to be related with carbonaceous chondrites that are enriched in organic and volatile materials. The one of the scientific goals of Hayabusa2 mission is to understand the origin and evolution of organic materials through interactions with water and minerals in the early solar system [e.g., 1]. Thus, the characterization of organic materials in the returned sample has great importance for this purpose. However, the analysis of small quantities of extraterrestrial organic materials in the returned samples requires a great care to avoid the introduction of terrestrial contaminants and any artifact materials to the pristine samples. Thus, the assessment of the degrees of the terrestrial contaminants to the samples as well as the comprehensive and specific managements to minimize the terrestrial contamination throughout the mission is essential.

The purpose of the study is to investigate the potential terrestrial organic contamination in a clean chamber for the Hayabusa2 returned samples in an Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS/JAXA) curation room [2-4]. As the indicator of the terrestrial organic contaminants, we selected amino acids that ubiquitously exist in the terrestrial environments and are also the target molecules in the Hayabusa2 mission. In the study, we used witness coupons made of aluminum foil to collect the contaminants in the clean chamber. The witness coupons were collected at different exposure times, ranging from 1 day to 1 month to examine the accumulation rate of the contaminants. After the collection, amino acids on the witness coupons were extracted in hot water, hydrolysed with HCl, and then converted to *N*-pivaloyl isopropyl (Pv/iPr) ester derivatives for gas chromatographic (GC) analysis [5].

On the witness coupons, eight terrestrially common amino acids (glycine, alanine, valine, leucine, isoleucine, proline, aspartic acid and glutamic acid) were detected and seven of them, except valine due to the under quantification limit, were quantified. Among them, glycine was the most abundant species with the highest concentration of 10 pmol/cm^2. A time-dependent profile of the four major amino acids (glycine, alanine, aspartic acid and glutamic acid) showed the increasing trend between 1 to 7 days. The average accumulation rates are 1.2 pmol/cm^2/day for glycine, 0.6 pmol/cm^2/day for alanine, 0.1 pmol/cm^2/day for aspartic acid and 0.2 pmol/cm^2/day for glutamic acid. The species and the concentrations of amino acids on our witness coupons are similar to those reported by the National Aeronautics and Space Administration/Johnson Space Center (NASA/JSC) OSIRIS-REx team [6]. Thus, the quality control against terrestrial contaminants in ISAS/JAXA curation facility is at the same quantitative

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

level as in their facility. This inter-laboratory evaluation [7] about the terrestrial organic contamination will provide important information for the curation procedure of the Hayabusa2-returned samples.

References: [1] Tachibana S. et al. (2014) Geochem. J., 48, 571-587. doi: 10.2343/geochemj.2.0350. [2] Yada T. et al. (2014) Meteorit. Planet. Sci., 49, 135-153. doi: 10.1111/maps.12027. [3] Sawada H. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 81–106. doi: 10.1007/s11214-017-0338-8. [4] Okazaki R. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 107–124. doi: 10.1007/s11214-016-0289-5. [5] Chikaraishi Y. et al. (2010) in *Earth, Life, Isotopes*, Kyoto Univ. Press, pp.367-386. [6] Dworkin et al. (2018) Space Sci. Rev. 214, 9. doi: 10.1007/s11214-017-0439-4. [7] Sugahara et al. (2018) Earth, Planets Space, 70, 194. doi: 10.1186/s40623-018-0965-7.

キーワード：アミノ酸、Hayabusa2、キュレーション、ウィットネスクーポン、クオリティコントロール
Keywords: Amino acid, Hayabusa2, Curation, Witness coupons, Quality control

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hayabusa2 orbit determination using c5++ software

*山本 圭香[1]、大坪 俊通[2]、松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、並木 則行[1]、千秋 博紀[3]、水野 貴秀[4]、尾川 順子[4]、大野 剛[4]、三桝 裕也[4]、吉川 健人[4]、高橋 忠輝[4]、武井 悠人[4]、藤井 淳[4]、照井 冬人[4]、佐伯 孝尚[4]、中澤 暁[4]、吉川 真[4]、津田 雄一[4]
*Keiko Yamamoto[1], Toshimichi Otsubo[2], Koji Matsumoto[1], Hirotomo Noda[1], Noriyuki Namiki[1], Hiroki Senshu[3], Takahide Mizuno[4], Naoko Ogawa[4], Go Ono[4], Yuya Mimasu[4], Kent Yoshikawa[4], Tadateru Takahashi[4], Yuto Takei[4], Atsushi Fujii[4], Fuyuto Terui[4], Takanao Saiki[4], Satoru Nakazawa[4], Makoto Yoshikawa[4], Yuichi Tsuda[4]

1. 国立天文台、2. 一橋大学、3. 千葉工業大学、4. 宇宙航空研究開発機構
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. Hitotsubashi University, 3. Chiba Institute of Technology, 4. Japan Aerospace Exploration Agency

Hayabusa2 arrived at the target asteroid Ryugu in June 2018 and is currently conducting remote sensing observations with various onboard instruments. So far, we have improved orbit determination software c5++, originally developed for the analysis of satellite laser ranging (SLR) data of the Earth, so that it can be used for the analysis of laser ranging data between Hayabusa2 and Ryugu obtained by Hayabusa2 LIDAR. Then we used it for the estimation of Hayabusa2 trajectory and the GM value of Ryugu. However, in the case of Hayabusa2, it is difficult to determine all of the 6 components of the initial state vector precisely if only LIDAR range data was used, and the simultaneously estimated GM value also had large uncertainty. To overcome this problem, in addition to LIDAR ranging data, we used Automated-Image-Tracking (AIT) data obtained by wide-angle optical navigation camera (ONC-W1) for the estimation of Hayabusa2 trajectory. In principle, LIDAR data gives information on the radial direction and AIT data give the ones on the across and along track directions. Thus, both data sets are complementary and help to improve the precision of the trajectory estimation. For this purpose, we improved c5 ++ so that it can deal with AIT data as observation data. In the presentation, we will show the results of trajectory and GM estimations using LIDAR and AIT data, and show how much the precision and accuracy are improved compared to the case using LIDAR data only.

キーワード：はやぶさ2、軌道推定、リュウグウ
Keywords: Hayabusa2, Orbit Determination, Ryugu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Landing Site Selection for Hayabusa2: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu

*薮田 ひかる[1]、渡邊 誠一郎[2]、中村 智樹[3]、平田 成[4]、杉田 精司[5]、岡田 達明[6]、北里 宏平[4]、石原 吉明[7]、諸田 智克[2]、坂谷 尚哉[6]、松本 晃治[8]、和田 浩二[9]、橘 省吾[5]、小松 睦美[10]、巽 瑛理[5]、松岡 萌[6]、本田 親寿[4]、廣井 孝弘[11]、千秋 博紀[9]、本田 理恵[12]、横田 康弘[6]、野口 里奈[6]、嶌生 有理[6]、ドミング デボラ[13]、ルコル ルシール[13]、バルッチ アントネラ[14]、パロンバ アーネスト[15]、菊地 翔太[6]、三浦 昭[6]、山口 智宏[6]、山本 幸生[6]、佐伯 孝尚[6]、田中 智[6]、吉川 真[6]、津田 雄一[6]
*Hikaru Yabuta[1], Sei-ichiro WATANABE[2], Tomoki Nakamura[3], Naru Hirata[4], Seiji Sugita[5], Tatsuaki Okada[6], Kohei Kitazato[4], Yoshiaki Ishihara[7], Tomokatsu Morota[2], Naoya Sakatani[6], Koji Matsumoto[8], Koji Wada[9], Shogo Tachibana[5], Mutsumi Komatsu[10], ERI TATSUMI[5], Moe Matsuoka[6], Chikatoshi Honda[4], Takahiro Hiroi[11], Hiroki Senshu[9], Rie Honda[12], Yasuhiro Yokota[6], Rina Noguchi[6], Yuri Shimaki[6], Deborah Lorin Domingue[13], Lucille Le Corre[13], Antonella Barucci[14], Ernest Palomba[15], Shota Kikuchi[6], Akira Miura[6], Tomohiro Yamaguchi[6], Yukio Yamamoto[6], Takanao Saiki[6], Satoshi Tanaka[6], Makoto Yoshikawa[6], Yuichi Tsuda[6]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 名古屋大学、3. 東北大学、4. 会津大学、5. 東京大学、6. 宇宙科学研究所、7. 国立環境研究所、8. 国立天文台、9. 千葉工業大学惑星探査研究センター、10. 総合研究大学院大学、11. ブラウン大学、12. 高知大学、13. 米国惑星科学研究所、14. パリ天文台、15. イタリア国立宇宙物理学研究所
1. Hiroshima University, Department of Earth and Planetary Systems Science, 2. Nagoya University, 3. Tohoku University, 4. University of Aizu, 5. The University of Tokyo, 6. ISAS/JAXA, 7. NIES, 8. NAOJ, 9. Chiba Institute of Technology, Planetary Exploration Research Center (PERC), 10. Sokendai, 11. Brown University, 12. Kochi University, 13. Planetary Science Institute, USA, 14. Observatoire Paris-Site de Meudon, LESIA, France, 15. INAF-IAPS, Italy.

On June 27, 2018, JAXA’s Hayabusa2 spacecraft arrived at its target C-type asteroid Ryugu. Immediately after arrival, remote-sensing observations were carried out with the Optical Navigation Camera (ONC), the Near Infrared Spectrometer (NIRS3), the Thermal Infrared Imager (TIR), and the Laser Altimeter (LIDAR). Based on data from this suite of instruments, we carried out the landing site selection for the first touch-down (TD1). Since the mission aims to understand i) the origin and chemical evolution of the solar system and ii) the formation process and structure of the asteroid, we have set the most scientifically valuable TD1 site as the least altered region where water and/or carbon are potentially abundant.

Landing candidate sites were first selected by engineering evaluation for operational safety followed by scientific evaluations based on criteria such as science and samplability for the most interesting sites. The process was repeated using the observations from the altitudes of 20 km, 6 km, and 5 km.

Scientific evaluations of the landing site candidates were conducted based on the data products from ONC, NIRS3, TIR, and LIDAR. The shape modeling team produced two different shape models. ONC produced multiband images and reflectance spectra, as well as maps of spectral indices and X-means clustering analysis. Measurements of boulder size-frequency and Hapke parameters in the candidate landing areas were examined. NIRS3 produced four types of spectral feature maps. TIR provided maps of maximum temperature from the October 22, 2018 TD1 practice operations, apparent thermal inertia, and typical grain size determinations. LIDAR provided time series ranging data, topography, and corrected spacecraft trajectory.

Engineering evaluation: The possible landing site candidates were selected from the engineering safety

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

score map evaluated based on the sub-Earth distance, local solar angle, local slope and elevation maximum difference. Thermal prediction results for TD1 were obtained by TIR. Temperatures of each site are < 350 K, confirming the safe conditions. The regions that satisfied all the conditions were, L05, L07, L08, L12, M01, M03 and M04.

Scientific evaluation:
1) Boulders. Based on the distribution of boulders with a diameter larger than 3 m for each potential landing site, regions L07, L08, and M04 show smaller percentages of boulder coverage than other areas, and are regarded as safer sites for landing.
2) Geology. Ryugu exhibits a variety of topographic features and geologic settings. From a scientific perspective, it is of interest to be able to study various materials representing the evolution of Ryugu.
3) Hydrous minerals. The NIR spectral properties are nearly homogeneous across Ryugu’ s surface, especially between the candidate sites. The near-infrared reflectance spectra of Ryugu is similar to experimentally heated Murchison meteorite at 400˚C.
4) Carbon contents. It is likely that visible reflectance at 0.55 μm (R(0.55)) is influenced mostly by carbon content. R(0.55) is almost homogeneous across the surface with a low value, regardless of the candidate sites.
5) Secondary processes. Although the surface of Ryugu is almost homogeneous at the macro scale in the map of spectral slope from 0.48 to 0.86 μm, a slight heterogeneity is observed across the candidate regions. L-regions are relatively bluish and M-regions are reddish. Considering that spectral reddening is observed by laser irradiation of dehydrated carbonaceous chondrites, L regions are probably less altered and preferable for sampling.

In the total evaluation, L08, L07 and M04 were selected as the TD1 candidates on August 17, 2018. In September 2018, many boulders > 50 cm were additionally found for the sites during the rehearsal of TD1. Thus, the originally scheduled TD1 in October was postponed. Further search for a flat and safe site continued, and L08-E1 was determined as the TD1 site. The TD1 will be scheduled on Feb 22, 2019.

キーワード：はやぶさ２、着陸地点選定
Keywords: Hayabusa2, Landing Site Selection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北大1.6mピリカ望遠鏡による不活動彗星核P/2016 BA14の可視光測光・分光・偏光観測

Visible Photometric, Spectroscopic and Polarimetric observations of an inactive comet, P/2016 BA14 with the 1.6m Pirka Telescope

*山形 稜[1]、関口 朋彦[1]、岡崎 良[1]、土井 和也[1]、黒田 大介[2]、石黒 正晃[3]、内藤 博之[4]
*Ryo Yamagata[1], Tomohiko Sekiguchi[1], Ryo Okazaki[1], Kazuya Doi[1], Daisuke Kuroda[2], Masateru Ishiguro[3], Hiroyuki Naito[4]

1. 北海道教育大学、2. 京都大学、3. ソウル大学、4. なよろ市立天文台
1. Hokkaido University of Education, 2. Kyoto University, 3. Seoul National University, 4. Nayoro Observatory

We performed photometric, spectroscopic and polarimetric observations of an inactive comet, P/2016 BA14 with the 1.6m Pirka Telescope, Hokkaido.

P/2016 BA14 (a=3.02 au, e=0.67, i=18.9 deg.) was discovered as an unusual asteroid with a cometary orbit by the PANSTAARS on 2016 January 21.Since Knight et al. 2016 detected its cometary tail when the object close to sun(r=1.018au). It was classified into a Jupiter Family Comets. It can be regarded as a bare nucleus invisible coma because very weak comet activity that is different from general comet. There is a remarkable similarity between the orbits of 252P/LINEAR (a=3.05au, e=0.67, i=10.4deg) and P/2016 BA14. Jupiter Tisserand parameter is 252P/LINEAR and that of P/2016 BA14 are 2.82. P/2016 BA14 and 252P/LINEAR is division comet that is originally same comet (Jian-Yang.2017).

In this study, surface reflection properties of P/2016 BA14 classify D-type asteroids (Bus-DeMeo taxonomy) from result of visible spectroscopy (435-820nm). Color of surface is little red as D-type asteroid, but very blue as comet nucleus from result of BVRI photometry. The linear polarization Pr=10.46.±0.11% (α=46˚) is in close accord with that of D-type asteroids and comet nucleus.

キーワード：P/2016 BA14、測光観測、分光観測、偏光観測、D-タイプ
Keywords: P/2016 BA14, Photometric, Spectroscopic, Polarimetric, D-type

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite : Attempt to evaluate the thermal metamorphism degree on the parent body

加登 大輝[1]、*薮田 ひかる[1]
Hiroki Kato[1], *Hikaru Yabuta[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University, Department of Earth and Planetary Systems Science

Introduction: On June 27, 2018, Hayabusa2 spacecraft arrived at the C-type asteroid Ryugu. The surface of Ryugu has been thought to have experienced dehydration at least partially, according to the grand-based observation (Vilas et al. 2008; Hiroi et al. 1993). Therefore, it is important to investigate the chemical compositions of dehydrated carbonaceous CM chondrites for understanding the surface process of asteroid Ryugu. Although the extents of thermal metamorphism of CM chondrites have been evaluated by mineralogical compositions (e.g., Nakamura et al. 2006) and elemental and molecular compositions of insoluble organic matter (IOM) (e.g., Naraoka et al. 2004; Yabuta et al. 2005), the estimated temperature varies widely. On the other hand, soluble organic molecules from the dehydrated CM chondrites have not been quantified or below detection (e.g. Shimoyama et al. 1989), and there has been no study which evaluated thermal metamorphism based on the compositions of soluble organic molecules. Therefore, in this study, we analyzed aliphatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Jbilet Winselwan CM chondrite, which is a dehydrated CM chondrite (Zolensky et al 2016) and show similar reflectance spectrum to that of asteroid Ryugu (Kameda et al. 2015), for precise evaluation of parent body thermal metamorphism. The relative abundances of the hydrocarbons were compared with those of Murray meteorite, which is a primitive CM chondrite.

Samples and Methods: Powdered samples of Jbilet Winselwan meteorite and Murray meteorite (0.2 - 0.4g) were extracted with dichloromethane/methanol (9:1) by sonication. The extracts were applied to a silica gel column. From the column, aliphatic hydrocarbons were eluated with hexane and then PAHs were eluated with dichloromethane. The hexane and dichloromethane eluates were concentrated to 100 μl individually under a nitrogen flow for analysis by a gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). Identification and quantification of compounds were made by comparison of peak retention times on mass chromatograms and mass spectra, and peak areas, respectively, with those of standard compounds. For compounds without standard compounds, identification was made by comparison of mass spectra with library data.

Results and discussion: Total concentration of *n*-alkanes from Jbilet Winselwan meteorite (1.85 μg/g meteorite) was 40 times lower than those from Murray meteorite (80.7 μg/g meteorite). Relative abundances of short-chain *n*-alkanes (C_{15}-C_{16}) were dominant in Jbilet Winselwan meteorite, while those of long-chain *n*-alkanes (C_{17}-C_{21}) were dominant in Murray meteorite. This difference implies that short-chain *n*-alkanes were resulted from cracking of long-chain *n*-alkanes and/or IOM during thermal metamorphism of the parent body of Jbilet Winselwan meteorite. Total concentration of PAHs from Jbilet Winselwan meteorite (0.05 μg/ meteorite) was 1000 times lower than those from Murray meteorite (62.0 μg/g meteorite). Dimethylnaphthalene, fluorine, phenanthrene, pyrene, fluoranthene, methylbiphenyl (0.003-0.039 μg/g meteorite) were identified, while low molecular weight PAHs, such as naphthalene, methylnaphthalene, and acenaphthene, were not detected. The results suggest that PAHs with high

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

volatility in Jbilet Winselwan meteorite were lost or involved in further aromatization during thermal metamorphism. Distributions of dimethylnaphthalene and methylbiphenyl isomers in Jbilet Winselwan and Murray meteorites were similar, respectively, which indicates that the parent body of Jbilet Winselwan meteorite experienced relatively mild thermal metamorphism.

キーワード：Jbilet Winselwan隕石、可溶性有機分子、加熱脱水
Keywords: Jbilet Winselwan meteorite, Soluble organic molecules, Dehydration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Disk-Resolved Photometry Analysis of the Asteroid Ryugu Images Obtained by Hayabusa2 Visible Camera ONC

*横田 康弘[1,2]、本田 理恵[1]、巽 瑛理[3]、Domingue Deborah[4]、Schroeder Stefanus[5]、松岡 萌[2]、杉田 精司[3]、諸田 智克[6]、亀田 真吾[7]、神山 徹[8]、鈴木 秀彦[9]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[11]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、澤田 弘崇[2]
*yokota yasuhiro[1,2], Rie Honda[1], ERI TATSUMI[3], Deborah Domingue[4], Stefanus E. Schroeder[5], Moe Matsuoka[2], Seiji Sugita[3], Tomokatsu Morota[6], Shingo Kameda[7], Toru Kouyama[8], Hidehiko Suzuki[9], Manabu Yamada[10], Naoya Sakatani[2], Chikatoshi Honda[11], Masahiko Hayakawa[2], Kazuo Yoshioka[3], Yuichiro Cho[3], Hirotaka Sawada[2]

1. 高知大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 東京大学、4. Planetary Science Institute、5. DLR、6. 名古屋大学、7. 立教大学、8. 産総研、9. 明治大学、10. 千葉工業大学、11. 会津大学
1. Kochi University, 2. ISAS/JAXA, 3. Univ. of Tokyo, 4. Planetary Science Institute, 5. DLR, 6. Nagoya Univ., 7. Rikkyo Univ., 8. AIST, 9. Meiji Univ., 10. Chiba Institute od Technology, 11. Aizu Univ.

Since June 2018, the Optical Navigation Camera (ONC) onboard Hayabusa2, has observed the C-type asteroid 162173 Ryugu at a distance below 20 km. ONC-T and ONC-W1 are used for surface imaging operations, and their images allow us to investigate the disk-resolved photometric properties of the surface. A narrow-angle camera ONC-T has 7 broad-band filters ranging in wavelength from 0.39–0.95 μm. ONC-W1 is a wide-angle (> 65˚) pan-chromatic camera mainly used for optical navigation during cruise and low-altitude (< 20km) operations. We are proceeding the analysis of both dataset, ONC-T and ONC-W1.

Since Hayabusa2’s position is nominally fixed on the line connecting Ryugu and the Earth, the available solar phase angle range by ONC-T changes seasonally with the orbits of Earth and Ryugu around the sun. Therefore, we are collecting a large number of ONC-T images over a long period of time to cover a wide phase angle range.

ONC-W1 data has a strong point that it covers a wide phase angle range within a single frame during the descent operations, because of its wide field of view. One of our current challenges is deriving a precise viewing geometries (incidence angle, emission angle, and phase angle) at each pixel. Additionally, comparison of the absolute brightness value (radiance factor) with ONC-T is an ongoing issue.

キーワード：小惑星、測光、リュウグウ、はやぶさ2
Keywords: Asteroid, Photometry, Ryugu, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

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

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

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

[PPS03-P01] 小惑星Ryugu表層を模擬した低強度粗粒レゴリスの衝突実験

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

[PPS03-P02] MASCOTを用いたリュウグウ反射スペクトルの推定

*石田 茉莉花[1]、天野 湖都[1]、諸井 圭市[1]、巽 瑛理[2]、Tra-Mi Ho[10]、亀田 真吾[1]、杉田 精司[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、横田 康弘[5]、神山 徹[6]、鈴木 秀彦[7]、山田 学[8]、坂谷 尚哉[5]、本田 親寿[9]、早川 雅彦[5]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[5]、長 勇一郎[2]、澤田 弘崇[5] (1.立教大学、2.東京大学、3.高知大学、4.名古屋大学、5.宇宙航空研究開発機構、6.産業技術総合研究所、7.明治大学、8.千葉工業大学、9.会津大学、10.DLR)

[PPS03-P03] Flyby observation of Asteroid (3200) Phaethon by DESTINY$^+$ onboard cameras

*石橋 高[1]、亀田 真吾[2]、鍵谷 将人[3]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、奥平 修[1]、荒井 朋子[1]、吉田 二美[1]、佐藤 峻介[4]、石丸 貴博[4]、岡本 尚也[4]、岩田 隆浩[4]、岡田 達明[4]、高島 健[4] (1.千葉工業大学、2.立教大学、3.東北大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P04] Polarimetric Study of Asteroids in Comet-Like Orbits (ACOs)

*Jooyeon Geem[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[2]、Hiroyuki Naito[3]、Hidekazu Hanayama[4]、yoonyoung kim[10]、Yuna G. Kwon[1]、Sunho Jin[1]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Ryo Okazaki[5]、Jeremie J. Vaubaillon[6]、Masataka Imai[7]、Tatsuharu Oono[8]、Yuki Futamuts[8]、Seiko Takagi[8]、Mitsuteru Sato[8]、Kiyoshi Kuramoto[8]、Makoto Watanabe[9] (1.Astronomy program, Dept of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Okayama Observatory, Kyoto University、3.Nayoro Observatory、4.Ishigakijima Astronomical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan、5.Hokkaido University of Education、6.Observatoire de Paris, I.M.C.C.E.、7.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、8.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、9.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、10.Max Planck Institute for Solar System Research)

[PPS03-P05] Dynamical lifetime of the Oort Cloud new comets under planetary perturbation

*伊藤 孝士[1]、樋口 有理可[1] (1.国立天文台)

[PPS03-P06] 熱赤外撮像でさぐるC型小惑星リュウグウの高空隙な表層

*岡田 達明[1,2]、福原 哲哉[3]、田中 智[1]、田口 真[3]、荒井 武彦[4]、坂谷 尚哉[1]、嶌生 有理[1]、千秋 博紀[5]、小川 佳子[6]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、北里 宏平[6]、神山 徹[7]、関口 朋彦[8]、滝田 隼[9]、長谷川 直[1]、松永 恒雄[10]、和田 武彦[1]、今村 剛[2]、Helbert Jorn[11]、Mueller Thomas[12]、Hagermann Axel[13]、Biele Jens[11]、Grott Matthias[11]、Hamm Maximilian[11]、Delbo Marco[14]、山本 幸生[1]、平田 成[6]、平田 直之[15]、照井 冬人[1]、佐伯 孝尚[1]、中澤 暁[1]、吉川 真[1]、渡邊 誠一郎[1,16]、津田 雄一[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.東京大学、3.立教大学、4.足利大学、5.千葉工業大学、6.会津大学、7.産業技術総合研究所、8.北海道教育大学、9.北

海道北見北斗高校、10.国立環境研究所、11.ドイツ航空宇宙センター、12.マックスプランク地球外物理学研究所、13.スターリング大学、14.コートダジュール天文台、15.神戸大学、16.名古屋大学)

[PPS03-P07] はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIRの小惑星162173リュウグウ観測データの公開

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

[PPS03-P08] Multi-mission capability of HARMONICS

*角田 晋太郎[1]、出村 裕英[1]、平田 成[1] (1.公立大学法人会津大学)

[PPS03-P09] New interface of verification for calibration and conversion in HEAT : Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

* 小林 達郎[1]、須古 健太郎[1]、出村 裕英[1]、小川 佳子[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P10] **Dust particle evolution of a near-Earth object 252P/LINEAR from near-infrared polarimetric observations in 2016**

*Yuna G Kwon[1]、Masateru Ishiguro[1]、Jungmi Kwon[2]、Daisuke Kuroda[3]、Myungshin Im[1]、Changsu Choi[1]、Motohide Tamura[4]、Takahiro Nagayama[5]、Nobuyuki Kawai[6]、Jun-ichi Watanabe[7] (1.Seoul National Univ.、2.ISAS/Japan Aerospace Exploration Agency、3.Okayama Astrophysical Observatory、4.The Univ. of Tokyo、5.Kagoshima Univ.、6.Tokyo Institute of Technology、7.National Astronomical Observatory of Japan)

[PPS03-P11] **Performance Evaluation of TRIPOL on the 61-cm Telescope at Seoul National University for Polarimetric Observations of Solar System Small Bodies**

*Sunho Jin[1]、Masateru Ishiguro[1]、Yuna G Kwon[1]、Jooyeon Geem[1]、Yoonsoo P. Bach[1]、Jinguk Seo[1]、Hiroshi Sasago[2]、Shuji Sato[3] (1.Seoul National University、2.Sasago Co.,Ltd、3.Nagoya University)

[PPS03-P12] Smart Interface of HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

*須古 健太郎[1]、 小林 達郎[1]、出村 裕英[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4] (1.公立大学法人会津大学、2.足利大学、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.立教大学)

[PPS03-P13] バルジ地形に形成される衝突クレーターに関する実験的研究

*横田 優作[1]、山本 裕也[2]、保井 みなみ[2]、荒川 政彦[2] (1.神戸大学理学部、2.神戸大学大学院理学研究科)

[PPS03-P14] 小惑星リュウグウからの「はやぶさ２」試料：有機化合物の初期分析プラン

*奈良岡 浩[1]、高野 淑識[2]、Jason P. Dworkin[3]、SOM Analysis Team (1.九州大学　大学院理学研究院地球惑星科学部門, 惑星微量有機化合物研究センター、2.海洋研究開発機構、3.Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA)

[PPS03-P15] Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen

*大澤 亮[1]、弘田 旭[2]、阿部 新助[2]、Kastinen Daniel[3]、Kero Johan[3]、藤原 康徳[4]、中村 卓司[5]、酒向 重行[1]、小島 悠人[1]、渡部 潤一[6] (1.東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター、2.日本大学理工学部 航空宇宙工学科、3.Institutet för rymdfysik、4.総合研究大学院大学、5.国立極地研究所、6.国立天文台)

[PPS03-P16] Global distribution and spectral characteristics of bright spots on asteroid Ryugu

*末満 雅徳[1]、諸田 智克[1]、本田 理恵[2]、亀田　真吾[15]、巽 瑛理[3]、山田 学[4]、坂谷 尚哉[5]、神山 徹[6]、横田 康弘[7]、長 勇一郎[8]、鈴木 秀彦[9]、早川 雅彦[10]、松岡 萌[10]、本田 親寿[11]、道上 達広[12]、吉岡 和夫[13]、小川 和律[14]、澤田 弘崇[5]、杉田 精司[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知大学自然科学系理工学部門、3.東京大学大学

院地球惑星科学専攻、4.千葉工業大学惑星探査研究センター、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.産業技術総合研究所、7.高知大学、8.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、9.明治大学理工学部物理学科、10.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系、11.会津大学、12.近畿大学工学部、13.東京大学大学院新領域創成科学研究科、14.神戸大学、15.立教大学)

[PPS03-P17] Polarimetry of (155140) 2005 UD: the Dynamical Association with (3200) Phaethon

*Masateru Ishiguro[1]、Jooyeon Geem[1]、Hiroyuki Naito[2]、Yoonsoo P. Bach[1]、Daisuke Kuroda[3]、Tatsuharu Ono[4]、Seiko Takagi[4]、Mitsuteru Sato[4]、Kiyoshi Kuramoto[4]、Tomohiko Sekiguchi[5]、Masataka Imai[6]、Makoto Watanabe[7]、Katsuhito Ohtsuka[8]、Sunao Hasegawa[9]、Takashi Ito[10]、Fumi Yoshida[11]、Tomoko Arai[11] (1.Department of Physics and Astronomy, Seoul National University、2.Nayoro Observatory、3.Okayama Observatory, Kyoto University、4.Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University、5.Hokkaido University of Education、6.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、7.Department of Applied Physics, Okayama University of Science、8.Tokyo Meteor Network、9.Japan Aerospace Exploration Agency、10.National Astronomical Observatory of Japan、11.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology)

[PPS03-P18] **Follow-up observations for AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey (AcuA-spec)**

*長谷川 直[1]、黒田 大介[2]、柳澤 顕史[3]、臼井 文彦[4] (1.宇宙航空研究開発機構、2.京都大学、3.国立天文台、4.神戸大学)

[PPS03-P19] Amino acids on witness coupons collected from the ISAS/JAXA curation facility for the assessment and quality control of the Hayabusa2 sampling procedure

*菅原 春菜[1,2]、高野 淑識[1]、唐牛 譲[3]、熊谷 和也[4]、矢田 達[3]、大河内 直彦[1]、安部 正真[3]、Hayabusa2 プロジェクトチーム (1.（国）海洋研究開発機構、2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur、3.（国）宇宙航空研究開発機構、4.（株）マリン・ワーク・ジャパン)

[PPS03-P20] Hayabusa2 orbit determination using c5++ software

*山本 圭香[1]、大坪 俊通[2]、松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、並木 則行[1]、千秋 博紀[3]、水野 貴秀[4]、尾川 順子[4]、大野 剛[4]、三桝 裕也[4]、吉川 健人[4]、高橋 忠輝[4]、武井 悠人[4]、藤井 淳[4]、照井 冬人[4]、佐伯 孝尚[4]、中澤 暁[4]、吉川 真[4]、津田 雄一[4] (1.国立天文台、2.一橋大学、3.千葉工業大学、4.宇宙航空研究開発機構)

[PPS03-P21] **Landing Site Selection for Hayabusa2: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu**

*薮田 ひかる[1]、渡邊 誠一郎[2]、中村 智樹[3]、平田 成[4]、杉田 精司[5]、岡田 達明[6]、北里 宏平[4]、石原 吉明[7]、諸田 智克[2]、坂谷 尚哉[6]、松本 晃治[8]、和田 浩二[9]、橘 省吾[5]、小松 睦美[10]、巽 瑛理[5]、松岡 萌[6]、本田 親寿[4]、廣井 孝弘[11]、千秋 博紀[9]、本田 理恵[12]、横田 康弘[6]、野口 里奈[6]、嶌生 有理[6]、ドミング デボラ[13]、ルコル ルシール[13]、バルッチ アントネラ[14]、パロンバ アーネスト[15]、菊地 翔太[6]、三浦 昭[6]、山口 智宏[6]、山本 幸生[6]、佐伯 孝尚[6]、田中 智[6]、吉川 真[6]、津田 雄一[6] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.名古屋大学、3.東北大学、4.会津大学、5.東京大学、6.宇宙科学研究所、7.国立環境研究所、8.国立天文台、9.千葉工業大学惑星探査研究センター、10.総合研究大学院大学、11.ブラウン大学、12.高知大学、13.米国惑星科学研究所、14.パリ天文台、15.イタリア国立宇宙物理学研究所)

[PPS03-P22] 北大1.6mピリカ望遠鏡による不活動彗星核P/2016 BA14の可視光測光・分光・偏光観測

*山形 稜[1]、関口 朋彦[1]、岡崎 良[1]、土井 和也[1]、黒田 大介[2]、石黒 正晃[3]、内藤 博之[4] (1.北海道教育大学、2.京都大学、3.ソウル大学、4.なよろ市立天文台)

[PPS03-P23] **Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite : Attempt to evaluate the thermal metamorphism degree on the parent body**

加登 大輝[1]、*薮田 ひかる[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[PPS03-P24] Disk-Resolved Photometry Analysis of the Asteroid Ryugu Images Obtained by Hayabusa2 Visible Camera ONC

*横田 康弘[1,2]、本田 理恵[1]、巽 瑛理[3]、Domingue Deborah[4]、Schroeder Stefanus[5]、松岡 萌[2]、杉田 精司[3]、諸田 智克[6]、亀田 真吾[7]、神山 徹[8]、鈴木 秀彦[9]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[11]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、澤田 弘崇[2] (1.高知大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.東京大学、4.Planetary Science Institute、5.DLR、6.名古屋大学、7.立教大学、8.産総研、9.明治大学、10.千葉工業大学、11.会津大学)

小惑星Ryugu表層を模擬した低強度粗粒レゴリスの衝突実験
Impact experiments on low strength coarse-grained regolith simulating surface materials on asteroid Ryugu

*山本 裕也[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、長谷川 直[2]、杉村 瞭[1]
*Yuya Yamamoto[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], Sunao Hasegawa[2], Ryo Sugimura[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. ISAS, JAXA

背景：衝突クレーターの形成は、太陽系の形成・進化において普遍的な現象である。そのため、微惑星の衝突と進化過程や小惑星上での衝突流動過程を明らかにするためにはさまざまな規模で起こるクレーター形成過程を再現するためのスケール則や衝突励起振動の研究が必要である。クレータースケール則は、その形成を支配する物理メカニズムによって２種類のものが提案されているが、そのうちレゴリス層で覆われている微惑星上に見られるクレーターは、重力によって支配されたメガニズムにより形成されると言われる。一方、このレゴリス層を構成する粒子の破壊強度が小さい場合、クレーター形成時には衝突点付近の粒子が破壊されると考えられる。従って、重力以外にも構成粒子の破壊強度がクレーター形成過程に影響を与える可能性が高い。しかしながら、レゴリス構成粒子の破壊強度を考慮した実験的研究は少なかった。そこで、本研究では、粗粒低強度粒子からなる標的に対してクレーター形成実験を行い、クレータースケール則と衝突励起振動に対する構成粒子の破壊強度の影響を調べた。

実験方法：クレーター形成実験は神戸大学の縦型一段式軽ガス銃と宇宙科学研究所の縦型二段式軽ガス銃を用いて行った。標的には直径1~4 mmの細粒鹿沼土と直径1~4 cmの大粒鹿沼土を用いたが、それぞれの粒子の圧壊強度は約60kPaと約 ◯kPaであった。弾丸には直径3 mmの密度が異なる５種類の球(鉄,ジルコニア,アルミナ,ガラス,ナイロン)と、直径2 mmのアルミ球を用いた。直径3 mmの弾丸は速度40~200 m/s、直径2 mmの弾丸は速度1.2~4.5 km/sまで加速して標的表面に対して垂直に衝突させた。衝突クレーターの形成過程は３種類のハイスピードカメラ(それぞれ10^3FPS,10^4FPS,10^5FPS)で撮影し、その動画を用いてイジェクタとして放出される個々の粒子の軌跡を求めた。また、実験後の標的は回収して、その表面に作られたクレーターの直径を計測した。また、衝突励起振動は衝突点からの距離が異なる３箇所に加速度計(型番:SV1111,SV1112,SV1113,固有振動数:30 kHz)を設置することで計測した。なお、加速度のデータはチャージアンプ(型番:AD-8725D)を通して、データロガー(取り込み速度:100 kHz)で記録した。

実験結果：クレーターサイズと弾丸の運動エネルギーの関係を調べた結果、低運動エネルギーでの関係と高運動エネルギーでの関係にオフセットが生じることがわかった。このオフセットの結果、0.14 Jから0.63 Jの領域ではクレーターサイズは運動エネルギーとともに変化せず、ほぼ一定となった。さらに高運動エネルギー領域になると、低運動エネルギーの結果のフィッティングラインの延長上に乗ることがわかった。また、πスケーリング則を用いて規格化クレーター半径(πR)と規格化重力(π2)の関係を調べたところ、衝突速度が小さい領域では砂やガラスビーズ標的等の先行研究と比較してπRがかなり小さくなり、衝突速度が大きい領域では先行研究とほぼ同じ傾向が見られた。さらに詳しく調べると、πRとπ2の関係は弾丸の種類や衝突速度によって上下２つに分離していることがわかった。このようなオフセットや分離が見られるのは、衝突の運動エネルギーが標的である低強度粒子の破壊に使われているからだと考えられる。一方、イジェクタ速度は粒子毎のばらつきが大きく明確な衝突点距離と放出速度の関係は見られなかった。さらに、加速度計のデータからは衝突励起振動の伝搬速度が30±3 m/sであり、先行研究のガラスビーズ標的の伝搬速度の約1/3倍であることがわかった。また、衝突点からの距離とその場所での最大加速度の関係はガラスビーズ標的で得られた同じ衝突条件の結果と比較すると、1/10程度とかなり低くなっていることがわかった。一方、最大加速度とクレーター半径で規格化した衝突点距離の関係を調べると、標的や弾丸の異なる先行研究と一致することがわ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

かった。

キーワード：クレーター形成実験、低強度、衝突励起振動、クレータースケール則
Keywords: impact cratering experiment, low strength, impact-induced seismic shaking, crater scaling law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MASCOTを用いたリュウグウ反射スペクトルの推定
Reflectance estimation of asteroid Ryugu using MASCOT

*石田 茉莉花[1]、天野 湖都[1]、諸井 圭市[1]、巽 瑛理[2]、Tra-Mi Ho[10]、亀田 真吾[1]、杉田 精司[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、横田 康弘[5]、神山 徹[6]、鈴木 秀彦[7]、山田 学[8]、坂谷 尚哉[5]、本田 親寿[9]、早川 雅彦[5]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[5]、長 勇一郎[2]、澤田 弘崇[5]
*Marika Ishida[1], Koto Amano[1], Keiichi Moroi[1], ERI TATSUMI[2], Tra-Mi Ho[10], Shingo Kameda[1], Seiji Sugita[2], Rie Honda[3], Tomokatsu Morota[4], yokota yasuhiro[5], Toru Kouyama[6], Hidehiko Suzuki[7], Manabu Yamada[8], Naoya Sakatani[5], Chikatoshi Honda[9], Masahiko Hayakawa[5], Kazuo Yoshioka[2], Moe Matsuoka[5], Yuichiro Cho[2], Hirotaka Sawada[5]

1. 立教大学、2. 東京大学、3. 高知大学、4. 名古屋大学、5. 宇宙航空研究開発機構、6. 産業技術総合研究所、7. 明治大学、8. 千葉工業大学、9. 会津大学、10. DLR
1. Rikkyo Univ., 2. Univ. of Tokyo, 3. Kochi Univ., 4. Nagoya Univ., 5. JAXA/ISAS, 6. AIST, 7. Meiji Univ., 8. Chiba Inst. Tech, 9. Univ. of Aizu, 10. DLR

小惑星探査機「はやぶさ２」は、C型小惑星「リュウグウ」からのサンプルリターンを目的とする探査機である。2018年6月27日、はやぶさ２は目標天体である小惑星リュウグウに到着し、現在も様々な観測が行われている。はやぶさ２には3つの光学航法カメラ(ONC)が搭載されており、そのうちの望遠カメラ(ONC-T)によって分光観測を行い、リュウグウ表面の反射スペクトルを取得した。これによってリュウグウ表面の物質分布や風化度合いなどを知ることができる。現在のONC-Tの感度はフラックスが既知の恒星を観測することで求められているが、不確定性が大きい。そこではやぶさ２に搭載されている小型ランダのMASCOTを用いてリュウグウの反射スペクトルを求める。

MASCOTには広角カメラ(MASCAM)、分光顕微鏡(MicrOmega)、熱放射計(MARA)、磁力計(MASMAG)が搭載されており、リュウグウ表面の鉱物の組成や特徴などを調査することができる。MASCOT上面は白色で、はやぶさ２から切り離されてリュウグウ表面に着地後、ONC-Tでその白色面が撮像されている。また、MASCOT白色面と同じ塗料が塗られている反射プレートの反射率測定を行い、反射率の値を取得している。本発表では、撮像されたMASCOT白色面の信号値と、反射プレートの反射率の値を比較することでリュウグウの反射スペクトルを求め、その妥当性を評価した。

キーワード：はやぶさ２、ONC-T、MASCOT
Keywords: Hayabusa2, ONC-T, MASCOT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Flyby observation of Asteroid (3200) Phaethon by DESTINY$^+$ onboard cameras

*石橋 高[1]、亀田 真吾[2]、鍵谷 将人[3]、洪 鵬[1]、山田 学[1]、奥平 修[1]、荒井 朋子[1]、吉田 二美[1]、佐藤 峻介[4]、石丸 貴博[4]、岡本 尚也[4]、岩田 隆浩[4]、岡田 達明[4]、高島 健[4]
*Ko Ishibashi[1], Shingo Kameda[2], Masato Kagitani[3], Peng Hong[1], Manabu Yamada[1], Osamu Okudaira[1], Tomoko Arai[1], Fumi Yoshida[1], Shunsuke Sato[4], Takahiro Ishimaru[4], Takaya Okamoto[4], Takahiro Iwata[4], Tatsuaki Okada[4], Takeshi Takashima[4]

1. 千葉工業大学、2. 立教大学、3. 東北大学、4. 宇宙航空研究開発機構
1. Chiba Institute of Technology, 2. Rikkyo University, 3. Tohoku Universtiy, 4. Japan Aerospace Exploration Agency

DESTINY$^+$ (Demonstration and Experiment of Space Technology for INterplanetary voYage, Phaethon fLy-by and dUst Science) is a mission proposed for JAXA/ISAS Epsilon class small program, currently in the pre-project phase (Phase-A) with a launch targeted for 2023. DESTINY$^+$ is a joint mission of technology demonstration and scientific observation. The near-Earth asteroid (3200) Phaethon, the flyby target, is known as a parent body of the Geminid meteor shower, the size of which is approximately 5 to 6 km in diameter.

In this mission, spatially resolved images of Phaethon will be taken by two onboard cameras, the Telescopic CAmera for Phaethon (TCAP) and the Multiband CAmera for Phaethon (MCAP) during the flyby, in order to understand the nature of a meteor shower's parent body, which is one of the sources of interplanetary dust particles that are thought to be an important transport medium of organic matter to the Earth. The spacecraft flybys Phaethon with a relative speed of 30 to 40 km/s. Despite such a high flyby speed, the cameras are required to take un-blurred images of Phaethon.

The main purposes of the DESTINY$^+$ flyby observation of Phaethon is to understand the geology of a parent body of a meteor shower, and in particular constrain the dust ejection mechanisms from active (i.e., dust-ejecting) asteroids. The specific objectives of the camera observation are taking images for (1) obtaining the light curve of Phaethon in order to estimate the rotational period, (2) measuring the outline shape of Phaeton, (3) making a 3D shape model of Phaethon, (4) observing the surface geological features of Phaethon including dust ejection features, and (5) observing the surface material distribution of Phaethon. The observations (1) to (4) will be conducted by TCAP, and (5) by MCAP.

TCAP is a telescopic panchromatic camera for high spatial resolution imaging of the surface of Phaethon and have a rotational mirror for asteroid tracking during flyby. The rotational mirror can change the direction of the line of sight from 0 deg to 180 deg. This enables to observe Phaethon throughout the flyby with wide solar phase angles, which is extremely important to image and understand the surfaces of planetary bodies because the solar phase angle affects significantly the appearance of geological features in taken images.

MCAP is a multiband camera, the wavelengths of which are 400, 480, 550, 700, 850, and 950 nm (480 and 950 nm are optional bands) and has multiple optical systems and sensors in order to take all band images simultaneously. This is because there is not enough time to take each band image in turn with changing bandpass filters using such as a filter wheel in this high speed flyby mission. MCAP does not have a tracking mirror due to the weight limitation, and the line of sight of MCAP is fixed to the spacecraft with 40 deg off the relative velocity vector of the spacecraft.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We will explain the flyby imaging sequence of DESTINY^{+}, and show the conceptual designs of TCAP and MCAP.

キーワード：ファエトン、デスティニー・プラス、フライバイ、カメラ
Keywords: Phaethon, DESTINY+, Flyby, Camera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Polarimetric Study of Asteroids in Comet-Like Orbits (ACOs)

*Jooyeon Geem[1], Masateru Ishiguro[1], Yoonsoo P. Bach[1], Daisuke Kuroda[2], Hiroyuki Naito[3], Hidekazu Hanayama[4], yoonyoung kim[10], Yuna G. Kwon[1], Sunho Jin[1], Tomohiko Sekiguchi[5], Ryo Okazaki[5], Jeremie J. Vaubaillon[6], Masataka Imai[7], Tatsuharu Oono[8], Yuki Futamuts[8], Seiko Takagi[8], Mitsuteru Sato[8], Kiyoshi Kuramoto[8], Makoto Watanabe[9]

1. Astronomy program, Dept of Physics and Astronomy, Seoul National University, 2. Okayama Observatory, Kyoto University, 3. Nayoro Observatory, 4. Ishigakijima Astronomical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, 5. Hokkaido University of Education, 6. Observatoire de Paris, I.M.C.C.E., 7. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 8. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 9. Department of Applied Physics, Okayama University of Science, 10. Max Planck Institute for Solar System Research

It is important to determine the taxonomic types of small bodies in the solar system and further to study the spatial distribution of the planetary system. Among the small bodies, it is considered that there should be dormant comets that have lost a significant fraction of volatile materials in their subsurface layers. As a result, they are unable to produce any detectable coma and recognized as asteroids. It has been challenging to find out such dormant comet population from a list of known asteroids because of the asteroidal appearances. There are several attempts to find the dormant comet nuclei from asteroidal catalogs, for example, by using their reflectance spectra or orbital elements. However, little has been studied via polarimetry.
We conduct a polarimetric study of three candidates of dormant comet nuclei, (331471) 1984 QY1, (3552) Don Quixote and (944) Hidalgo, by using the 1.6-m Pirka Telescope at the Nayoro observatory (operated by Hokkaido University, Japan). We chose these asteroids in comet-like orbits (ACOs) based on the orbital elements (i.e., the Tisserand parameter with respect to Jupiter $T_J < 3$). We found that 1984 QY1 has a polarimetric albedo (geometric albedo determined via polarimetry) $p_V = 0.16 \pm 0.06$ while both Don Quixote and Hidalgo have Rc-band polarimetric albedo $p_R < 0.05$. Based on the polarimetric result together with a dynamical analysis, we conjectured that 1984 QY1 could be an S-type asteroid transported into the current orbit via 3:1 mean motion resonance with Jupiter. From the previous spectroscopic study, Don Quixote and Hidalgo are classified into D-type taxonomic group, which are typical of comet nuclei. In this presentation, we will introduce our polarimetric observations of ACOs and emphasize that polarimetry is a powerful tool for discriminating the asteroidal and cometary origins.

Keywords: Polarimetry, Asteroid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dynamical lifetime of the Oort Cloud new comets under planetary perturbation

*伊藤 孝士[1]、樋口 有理可[1]
*Ito Takashi[1], Arika Higuchi[1]

1. 国立天文台
1. National Astronomical Observatory of Japan

Nearly isotropic comets with very long orbital period are supposed to come from the Oort Cloud. Recent observational and theoretical studies have greatly revealed the dynamical nature of this cloud and its evolutionally history, but many issues are yet to be known. Our goal is to trace the dynamical evolution of the Oort Cloud new comets (OCNCs) produced by evolving comet cloud, hopefully estimating the fraction of OCNCs embedded in the current populations of the solar system small bodies. We combine two models to follow the dynamical evolution of OCNCs beginning from their production until their ejection out of the solar system, obtaining statistics of the dynamical lifetime of OCNCs: The first model is a semi-analytical one about the OCNC production in an evolving comet cloud under the perturbation of the galactic tide and stellar encounters. The second model numerically deals with planetary perturbation over OCNCs' dynamics in planetary region. The main results of the present study are: (1) Typical dynamical lifetime of OCNCs in our models turned out to be O(10^7) years. Once entering into the planetary region, most OCNCs stay there just for this timespan, then get ejected out of the solar system on hyperbolic orbits. (2) While averaged orbital inclination of OCNCs is small, the so-called "planet barrier" works rather effectively, preventing some OCNCs from penetrating into the terrestrial planetary region.

キーワード：オールト雲、彗星、軌道力学
Keywords: Oort Cloud, comet, orbital dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱赤外撮像でさぐるC型小惑星リュウグウの高空隙な表層
Thermal Infrared Imaging of C-type Asteroid 162173 Ryugu with Porous Surfaces

*岡田 達明[1,2]、福原 哲哉[3]、田中 智[1]、田口 真[3]、荒井 武彦[4]、坂谷 尚哉[1]、嶌生 有理[1]、千秋 博紀[5]、小川 佳子[6]、出村 裕英[6]、須古 健太郎[6]、北里 宏平[6]、神山 徹[7]、関口 朋彦[8]、滝田 隼[9]、長谷川 直[1]、松永 恒雄[10]、和田 武彦[1]、今村 剛[2]、Helbert Jorn[11]、Mueller Thomas[12]、Hagermann Axel[13]、Biele Jens[11]、Grott Matthias[11]、Hamm Maximilian[11]、Delbo Marco[14]、山本 幸生[1]、平田 成[6]、平田 直之[15]、照井 冬人[1]、佐伯 孝尚[1]、中澤 暁[1]、吉川 真[1]、渡邊 誠一郎[1,16]、津田 雄一[1]
*Tatsuaki Okada[1,2], Tetsuya Fukuhara[3], Satoshi Tanaka[1], Makoto Taguchi[3], Takehiko Arai[4], Naoya Sakatani[1], Yuri Shimaki[1], Hiroki Senshu[5], Yoshiko Ogawa[6], Hirohide Demura[6], Kentaro Suko[6], Kohei Kitazato[6], Toru Kouyama[7], Tomohiko Sekiguchi[8], Jun Takita[9], Sunao Hasegawa[1], Tsuneo Matsunaga[10], Takehiko Wada[1], Takeshi Imamura[2], Jorn Helbert[11], Thomas G. Mueller[12], Axel Hagermann[13], Jens Biele[11], Matthias Grott[11], Maximiliam Hamm[11], Marco Delbo[14], Yukio Yamamoto[1], Naru Hirata[6], Naoyuki Hirata[15], Fuyuto Terui[1], Takanao Saiki[1], Satoru Nakazawa[1], Makoto Yoshikawa[1], Sei-ichiro WATANABE[1,16], Yuichi Tuda[1]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 東京大学、3. 立教大学、4. 足利大学、5. 千葉工業大学、6. 会津大学、7. 産業技術総合研究所、8. 北海道教育大学、9. 北海道北見北斗高校、10. 国立環境研究所、11. ドイツ航空宇宙センター、12. マックスプランク地球外物理学研究所、13. スターリング大学、14. コートダジュール天文台、15. 神戸大学、16. 名古屋大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. University of Tokyo, 3. Rikkyo University, 4. Ashikaga University, 5. Chiba Institute of Technology, 6. University of Aizu, 7. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 8. Hokkaido University of Education, 9. Hokkaido Kitami-Hokuto High School, 10. National Institute for Environmental Studies, 11. German Aerospace Center, 12. Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics, 13. University of Stirling, 14. Observatoire de la Côte d'Azur, 15. Kobe University, 16. Nagoya University

Thermal images from global to close-up scales taken by the Thermal Infrared Imager TIR [1] on Hayabusa2 [2] have revealed thermophysical properties of the C-type Near-Earth Asteroid 162173 Ryugu. On 27 June 2018, Hayabusa2 arrived at Ryugu and started remote sensing to characterize the nature of the asteroid and find the proper landing sites. *In situ* surface experiments were conducted using the robotic landers Minerva-II and Mascot [3]. *In situ* radiometry was conducted by MARA on MASCOT during a day-night cycle to derive the thermal inertia of a single boulder [4]. Ground-based observations [5] have been informed that the averaged thermal inertia of the asteroid is from 150 to 300 [tiu = J m^{-2} $s^{-0.5}$ K^{-1}] [5,6], corresponding to the surface covered with cm-sized granules.

TIR is the same design as the LIR on Akatsuki Venus climate orbiter [6], with 8 to 12 μm wavelength range, 328 x 248 effective pixels, and the FOV and IFOV of 16.7˚ x 12.7˚ and 0.051˚ per pixel, respectively. The first image of Ryugu detected by TIR was a point source on 6 June 2018, as was previously predicted [7]. Disc-resolved thermal images of Ryugu was taken from the HP on 30 June. The surface temperature was measured at 300 to 370K at about 1AU from the Sun, and gradually decreased with the solar distance. Comparison of the results with modeling [8] shows that the surface of Ryugu is not like fine regolith nor base rocks. Most of large boulders on Ryugu show temperatures almost the same as the surrounding surfaces. Diurnal temperature profiles of Ryugu are rather flatter than expected for a smooth terrain. Apparent thermal inertia is ~300 tiu or larger, but probably lower than the value when the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

surface roughness is considered. All these facts are consistent with a very rough and porous surface with low porosity (~35 ±10 %) [9] and the surrounding surface is dominated by porous rocks larger than several centimeters. Macro porosity should be 30 to 50 % to account for the bulk density of Ryugu ~1200 kg m^{-3}.

During the descent operations for the release of landers and the touchdowns for sample collection, TIR has taken close-up thermal images of the local sites, continually from the altitude of 500 m until the start of final descent at 10 or 20 m altitude. Close-up thermal images show the surface physical state and a variety of boulders. Most of the boulders in close-up images have temperatures similar to the surroundings but with more variety. A small number of boulders are remarkably colder than the surroundings, indicating dense rocks with lower porosity.

These facts indicate that Ryugu is probably a rubble pile of loosely-bound porous rocks, which might originate from the outer layer of parent body where compaction did not occur effectively, while the dense boulders might originate the compacted center region of parent body or from the different parent body. A different composition (e.g., organic rich materials) cannot be ruled out so far to account for such a low thermal inertia (and low density) of Ryugu.

Acknowledgments: The authors appreciate all the members of the Hayabusa2 Project and supporting staff for their technical assistance and scientific discussions. This research is partly supported by the JSPS KAKENHI No. J26287108, No. J17H06459 (Aqua Planetology), and the Core-to-Core program “International Network of Planetary Sciences”. MDB acknowledges support from CNES.

References: [1] Okada T. et al. (2017) *SSR.,* 208, 255-286. [2] Tsuda Y. et al. (2013) *Acta. Astronautica, 91* , 356-362. [3] Ho T.M. et al. (2017) *SSR.,* 208, 255-286. [4] Grott, M. et al. (2019), submitted to Nature. [5] Mueller T.G. et al. (2016) Astronon. Astrophys., doi:10.1051/0004-6361/201629143. [6] Fukuhara T. et al. (2011) *EPS,* 63, 1009-1018. [7] Okada T. et al. (2018) *PSS., 158, 46-52.* [8] Takita J., et al. SSR, 2018, 287-315. [9] Okada T. (2016) *LPSC.*, 47, #1457.

キーワード：はやぶさ２、熱赤外カメラ、熱慣性
Keywords: Hayabsua2, Thermal Infrared Imager, Thermal Inertia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

はやぶさ2搭載中間赤外カメラTIRの小惑星162173リュウグウ観測データの公開

Data Release of Asteroid 162173 Ryugu by Observation of Thermal Infrared Imager onboard Hayabusa2

*荒井 武彦[1]、出村 裕英[2]、神山 徹[7]、坂谷 尚哉[3]、須古 健太郎[2]、嶌生 有理[3]、千秋 博紀[5]、関口 朋彦[6]、小川 佳子[2]、長谷川 直[3]、和田 武彦[3]、今村 剛[10]、松永 恒雄[9]、滝田 隼[8]、北里 宏平[2]、田口 真[4]、福原 哲哉[4]、田中 智[3]、岡田 達明[3]
*Takehiko Arai[1], Hirohide Demura[2], Toru Kouyama[7], Naoya Sakatani[3], Kentaro Suko[2], Yuri Shimaki[3], Hiroki Senshu[5], Tomohiko Sekiguchi[6], Yoshiko Ogawa[2], Sunao Hasegawa[3], Takehiko Wada[3], Takeshi Imamura[10], Tsuneo Matsunaga[9], Jun Takita[8], Kohei Kitazato[2], Makoto Taguchi[4], Tetsuya Fukuhara[4], Satoshi Tanaka[3], Tatsuaki Okada[3]

1. 足利大学、2. 会津大学、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 立教大学、5. 千葉工業大学、6. 北海道教育大学、7. 産業技術総合研究所、8. 北海道北見北斗高等学校、9. 国立環境研究所、10. 東京大学
1. Ashikaga University, 2. The University of Aizu, 3. Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), 4. Rikkyo University, 5. Chiba Institute of Technology, 6. Hokkaido University of Education, 7. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 8. Hokkaido Kitami Hokuto High School, 9. National Institute for Environmental Studies (NIES), 10. The University of Tokyo

小惑星探査機はやぶさ２は現在，小惑星162173リュウグウの科学観測を行っている．はやぶさ2搭載中間赤外カメラ（TIR）はリュウグウ上空から地表のサーモグラフィーを取得し，小惑星表層における熱バランスの予想モデルと比較して，リュウグウの全体および局所的な熱物性・物理特性を明らかにする(Okada et al., 2017)．自転する小惑星の連続したサーモグラフィーの取得は世界初であり，小天体の成り立ちや進化を探る上で貴重なデータとなる．本発表では，TIRで取得したデータの解析プロセスと精度，プロダクトの公開状況を紹介する．観測したTIRのデータはJAXA内にあるデータサーバーでソーティングされ，TIRのデパケットソフトで生データ画像（Level1）に変換する．その後，会津大学のデータベースHEAT（Endo et al., 2017; Suko et al., 2019）を用いて輝度温度画像（Level2）に変換し，リュウグウの形状モデル（Hirata et al., 2018）上にマッピング（Level3）する．さらに，表層のラフネスモデル（Senshu et al., 2019）を取り入れた小惑星の熱バランスモデルでフィッティングを行い，熱慣性マップ（Level4）を作成する（Shimaki et al., 2019）．最終的に，小惑星の熱モデルから任意の日時のリュウグウ温度モデル（Level5）を作成する（Takita et al., 2017）．TIRの空間解像度はセンサの性能できまるが，センサのアライメントの精度で観測位置に誤差が生じる．そこで，TIRよりも空間分解能の優れるオンボードナビゲーションカメラ(ONC)の観測データから作成されたリュウグウの形状モデル上にTIRで観測したデータをプロジェクションし，TIR画像のジオメトリック補正（アライメント補正）を行なった．結果，10 km上空からの観測において数mの誤差で観測位置を決定できるようになった(Arai et al., 2018)．さらに，リュグウの形状モデルを使用してレンズの影響による画像の歪み補正(Kouyama et al., 2013)を行なった結果，1ピクセルよりも歪みが小さいことが確認された．以上の結果をTIR観測画像からリュウグウ地図データに変換にするために使用するNASA/NAIFのSPICEカーネルFK（Flame Kernel）とIK（Instrument Kernel）に反映し，観測データと同時に公開する．

キーワード：はやぶさ２、中間赤外カメラ、小惑星リュウグウ
Keywords: Hayabusa2, Thermal Infrared Imager, Asteroid Ryugu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi-mission capability of HARMONICS

*角田 晋太郎[1]、出村 裕英[1]、平田 成[1]
*Shintaro Tsunoda[1], Hirohide Demura[1], Naru Hirata[1]

1. 公立大学法人会津大学
1. The University of Aizu

This research has updated HARMONICS from a viewpoint of multi-mission capability, such as the Martian satellite exploration mission MMX in 2020s. Newly additional function is Switching on the shape model interface.
Bird view and visualization of FOV is important in robotics control. This technology is also used for deep space explorer missions.
HARMONICS is visualization tool of FOV(Field Of View) of scientific instruments and spacecraft’s position for HAYABUSA mission. The software has been updated by University of Aizu students of the past. The original HARMONICS had been developed by Nemoto(2006). GUI of HARMONICS had been replaced GUI library from GKT to Qt and added new functions, such as interactive modification of input mission plan by Ueno+(2017). The software had been add FOV frustum function by Aoki(2017). HARMONICS has tried to manage data for each project based on preference file in 2018.
HARMONICS should improved scalability to be compatible for ongoing mission. HARMONICS had been used to decide shutter chance by Camera Science Team in the asteroid Itokawa rendezvous of HAYABUSA. This software has not used in the asteroid Ryugu rendezvous of HAYABUSA2. The proven software should be use for future ongoing missions other than HAYABUSA. This research is development to HARMONICS adapt to ongoing missions.
I separated the designation of the data set from the source code and clarified the part edited by the user and the part edited by the developer.
HARMONICS has the function to switch and display data of different missions by this research. When users extend HARMONICS for multiple missions, users don’t need edit source code. User needs only kernel and the shape model of spacecraft and target asteroid. User do not need tough coding. User can use easily HARMONICS by editing preference file and kernel.

キーワード：はやぶさ2、リュウグウ、ソフトウエア、可視化
Keywords: Hayabusa2, Ryugu, Software, visualization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New interface of verification for calibration and conversion in HEAT : Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

* 小林 達郎[1]、須古 健太郎[1]、出村 裕英[1]、小川 佳子[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4]
*Tatsuro Kobayashi[1], Kentaro Suko[1], Hirohide Demura[1], Yoshiko Ogawa[1], Takehiko Arai[2], Naoya Sakatani[3], Tatsuaki Okada[3], Satoshi Tanaka[3], Tetsuya Fukuhara[4]

1. 会津大学、2. 足利大学、3. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4. 立教大学
1. The University of Aizu, 2. Ashikaga University, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Rikkyo University

Hayabusa2 is an ongoing mission for sample return from the asteroid Ryugu.
Candidates of sampling sites are selected based on surface mapping by optical instruments such as Thermal Camera (TIR). TIR observes surface infrared radiation from the asteroid. A software package peculiar to TIR is HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR. The software has four functions; Database for ground tests, calibration of flight data based on the ground tests, conversion from raw data to temperature one, and analysis for verifying the calibration and conversion. The converted data products are divided into some levels: Lv1 Raw data [DN], Lv2a Temperature [K], Lv2b is Brightness [W/m2], and higher thermal model with VTK format [K]. This research implements new interface of verification for calibration and conversion based on hearing and survey for requirements from TIR science team. The environment of implementation is following tool. OS: macOS Mojave 10.14.2. Computing language: C++, OpenGL. Frameworks: Qt5.4. Tools: Fits, Qt creator, SPICE toolkit, Visualization Toolkit, QcustomPlot, Xcode10.1.

キーワード：はやぶさ2、ソフトウェア、リュウグウ、キャリブレーション
Keywords: Hayabusa2, Software, Ryugu, Calibration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dust particle evolution of a near-Earth object 252P/LINEAR from near-infrared polarimetric observations in 2016

*Yuna G Kwon[1], Masateru Ishiguro[1], Jungmi Kwon[2], Daisuke Kuroda[3], Myungshin Im[1], Changsu Choi[1], Motohide Tamura[4], Takahiro Nagayama[5], Nobuyuki Kawai[6], Jun-ichi Watanabe[7]

1. Seoul National Univ., 2. ISAS/Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Okayama Astrophysical Observatory, 4. The Univ. of Tokyo, 5. Kagoshima Univ., 6. Tokyo Institute of Technology, 7. National Astronomical Observatory of Japan

Comets, one of the least-altered leftovers from the early solar system, have probably preserved the primitive structure inside, whereas their surfaces become differentiated from initial states after repetitive orbital revolutions around the sun. Resurfacing makes the surface drier and more consolidated than the bulk nuclei, creating inert refractory dust layer (so-called “dust mantle”). Near-Infrared (NIR) polarimetry is theoretically expected to maximize the contrast of the porosity between inner fresh and evolved dust particles, by harboring more dust constituents in the single wavelength than the optical, and thus intensifying electromagnetic interference in dust agglomerates. Despite the advantage, only few studies have been conducted in this approach at multiple observation epochs. Herein, we present our new multi-band NIR polarimetric (1.25—2.25 microns) study of near-Earth object 252P/LINEAR over 12 days near perihelion; alongside broadband optical photometric (0.48—0.80 microns) data over four months in 2016 and a subsidiary dynamical simulation over 1000 year backward in time. 252P/LINEAR drew attention due to (1) its close approach to the Earth (~0.036 au on 2016 March 16), (2) its possible pairing to a comet P/2016 BA14 (PanSTARRS), and (3) its very low activity level despite its relatively young dynamical age. In this study, we detected two discontinuous brightness enhancements of 252P/LINEAR, particularly, the former of which accompanied a significant increase of NIR polarization degree of the comet (by ~13 % at most) with unusual blue polarimetric color. We will discuss the most probable scenario of the observed results, together with the orbital evolution of the comet and a dynamical association with its pair.

Keywords: Comet, Near-earth object, Polarimetry, Dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Performance Evaluation of TRIPOL on the 61-cm Telescope at Seoul National University for Polarimetric Observations of Solar System Small Bodies

*Sunho Jin[1], Masateru Ishiguro[1], Yuna G Kwon[1], Jooyeon Geem[1], Yoonsoo P. Bach[1], Jinguk Seo[1], Hiroshi Sasago[2], Shuji Sato[3]

1. Seoul National University, 2. Sasago Co.,Ltd, 3. Nagoya University

Polarimetry of solar system small bodies is a powerful technique for investigating their physical properties, such as albedos, particle sizes, and porosities of these bodies. Observational opportunities arise sometimes suddenly, that is, just after unforeseeable activations of comets and discoveries of near-miss asteroids. Here, we introduce our activity to install the polarimetric instrument, TRIPOL (Triple-Range Imager and POLarimeter) on the 61-cm telescope (a Ritchey-Chretien reflector with f/7.0) at the Center for Astronomy and Space Science, Seoul National University, and report an observational result of three comets. This combination provides an 8.0’ ´8.0’ field of view and pixel resolution of 0.94” pixel^{-1}. Throughout photometric observations, we determined the limiting magnitudes (defined as magnitudes for S/N=5) of 15.17±0.06 (g’-band), 15.68±0.01 (r’-band), 16.24±0.03 (I’-band), respectively, with total 240-seconds exposure (four 60-seconds exposure images, each was taken at different rotation angle for the half-wave plate). We also found that the instrumental polarizations are negligibly small, that is, -0.32±0.04% (g’-band), -0.36±0.05% (r’-band) and -0.21±0.04% (I’-band), while the polarization efficiencies are large enough to maximize the performance, that is, 97.52±0.03% (g’-band), 98.83±0.02% (r’-band) and 99.15±0.02% (I’-band).

With this instrument, we conducted polarimetric observations of three Jupiter-family comets, 21P/Giacobini-Zinner, 38P/Stephan-Oterma, and 46P/Wirtanen on a trial basis. It is known from a recent study that the polarization degrees of cometary dust particles are significantly influenced by gas emissions [1] With multiband data taken with TRIPOL, we eliminated an influence of gas contaminations and found that the dust polarization degrees of these three comets coincide with those of so-called ‘dust-rich comets’. From this result, we conjecture that the polarimetric property of Jupiter-family comets is broadly homogeneous, unlike asteroids. We plan to describe our future plan using the polarimetric system.

[1] Kwon, Y. G. et al. Astronomical Journal, 154, 4, 173, 2017

Keywords: Comet, Instrument, Polarimetry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Smart Interface of HEAT: Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR

*須古 健太郎[1]、 小林 達郎[1]、出村 裕英[1]、荒井 武彦[2]、坂谷 尚哉[3]、岡田 達明[3]、田中 智[3]、福原 哲哉[4]

*Kentaro Suko[1], Tatsuro Kobayashi[1], Hirohide Demura[1], Takehiko Arai[2], Naoya Sakatani[3], Tatsuaki Okada[3], Satoshi Tanaka[3], Tetsuya Fukuhara[4]

1. 公立大学法人会津大学、2. 足利大学、3. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4. 立教大学
1. The University of Aizu, 2. Ashikaga University, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Rikkyo University

The Hayabusa2 project is a sample return mission to the asteroid Ryugu. It was launched on Dec. 3, 2014, and it has been at Ryugu since June 27, 2018. Hayabusa2 has optical instrument called Thermal Infrared Imager (TIR). These main functions are to know natures of the asteroid and to select the candidate of safe landing sites for sampling based on thermos-physical properties of the surface. TIR records infrared radiation from the target as a digital number (DN). The infrared signal is affected by sensor-surrounding objects; lens, shutter, package, and case. TIR requires consideration about this effect when converts DN images to temperature one. This study improved conversion system to increase conversion efficiency.

Hayabusa2 TIR Science Team has developed an analysis supporting tool called Hayabusa2 Exploration Assistant for TIR (HEAT). HEAT is used to search TIR data interactively, display TIR images, and visualize thermal models. We receive TIR raw images (Product Level 1) from ISAS/JAXA and convert them to brightness temperature images (Level 2a) and radiance images (Level 2b) using HEAT at Univ. of Aizu. The converted images are provided to the Hayabusa2 project data server.

This part introduces a concept model. The spectral radiance emitted from a blackbody B(λ,T) (W s r-1m-2) is given by the Planck function based on wavelength λ (m) and temperature T(K) as follows:

$$B(\lambda,T) = (2hc2/\lambda 5)* (1/(\exp(\lambda kBT)-1))$$

H = 6.63*1034 (m2 kg s-2 s-1) is the Planck constant, c=2.9972*108(ms-1) is the speed of light, and KB= 1.38*10-23 (m2 kg s-2K-1) is the Boltzmann constant. The observed radiance L(T) (W sr−1 m−2) is as follows:

$$L(T)= \varepsilon \int BR(\lambda)d\lambda$$

ε is the spectral thermal emissivity, and R(λ) is the response function such as the detection efficiency of the bolometer, the measured transmittance of optics including the band-pass filter and the germanium lens. The calibration formula with two regressed parameters A and B is written as follows:

$$DN=A * L(T) + B$$

The converted temperatures of the Moon were lower than expected because each pixel did not cover the sunlit area entirely or due to roughness effect of the cratered terrain. TIR has been observing Ryugu in

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

approach and rendezvous phases. The altitudes of TIR observations during the rendezvous phase range from 20 km to less than 10 m. This study has processed about 3000 Ryugu images observed by TIR since June 2018.

This study improved conversion system. Previous conversion system converts a TIR image one by one, but current conversion system converts TIR images in selected directory at once.

キーワード：はやぶさ２、熱カメラ、HEAT、ソフトウェア
Keywords: Hayabusa2, TIR, HEAT, Software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バルジ地形に形成される衝突クレーターに関する実験的研究
Experimental Study on Collision Crater Formed on Bulge Geography

*横田 優作[1]、山本 裕也[2]、保井 みなみ[2]、荒川 政彦[2]
*Yusaku Yokota[1], Yuya Yamamoto[2], Minami Yasui[2], Masahiko Arakawa[2]

1. 神戸大学理学部、2. 神戸大学大学院理学研究科
1. Faculty of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kobe University

An equatorial bulge was found on the surface of asteroid Ryugu and Bennu by recent spacecrafts of Hayabusa2 and OSIRIS-Rex, and ridge structures with various scales originated by geological activities have been recognized on icy satellites. Impact craters are dominant geological features on solid planets such as asteroids and satellites, and a crater rim are also recognized as a ridge or bulge with a circular shape. These bulges and ridges are shown to be erased with time because small scale impacts excavate and disrupt these topographies. It is well known that old craters gradually degraded by small impacts to get blurred and could be completely erased. We can expect the similar degradation process on large bulges and ridge structures, so that the life time of these structures by small impacts is a good indicator of the formation age of these structure by geologic activities. So far, the effect of small impacts on the degradation is estimated by using the results on the flat surface, but actually the surface of the bulge is curved and there is a summit on the bulge. Therefore, if we estimate the life time of the bulge structure, we should consider the effect of the topography such as a summit and curvature. Then, the impacts on the bulge structure was studied to clarify how the bulge structure affected the crater formation efficiency. In this study, we suppose the bulge made from regolith and boulders, such as an equatorial bulge of Ryugu and assume the crater formation process dominated by not the strength but the gravity.

We prepared a triangular prism target to simulate the bilge structure, and set it like that the base of this prism is rectangle, then it looks triangle when we look it at the horizontal direction, and we can look at the linear summit from the top view. Quartz sands with the size of 100μm was used to build the target and the angle of repose for this quartz sand is about 30 degree. The slope of the prism was measured from the base, and we set the angle from 20 to 30 degree. The quartz sands were filled into a transparent water tank with the depth of 20 cm to prepare the bulge structure. Impact experiments were conducted by using a vertical type gas gun, and the water tank was set in the chamber to evacuate below 1000 Pa. A alumina sphere projectile with the size of 3mm was launched at the velocity from 70 to 200 m/s, and it was impacted on the bulge in the vertical direction: the impact angle measured from the target surface was about 60 degree when the slope was 30 degree. The distance from the impact pint to the summit (deviation distance, d_d) was changed from 0 to 20mm.

We found that the crater shape strongly depended on the d_d, so the crater shape was an ellipsoid when the impact point was near the summit. Th major axis appeared along the linear summit and the minor axis appeared across the summit. The aspect ratio of the major axis to the minor axis gradually changed toward 1 with the increase of d_d. Moreover, the aspect ratio becomes large at the same d_d when the impact velocity increased. The major axis of the ellipsoid crater formed on the bulge was slightly larger than the crater diameter formed on the flat surface, and the slope angle might affect the size of the ellipsoid because we found that the crater formed on the slope of 30 degree was systematically larger than that formed on the slope of 20 degree. We also observed an asymmetric ejecta curtain from the impact point on the bulge, moreover the ejecta curtain was notice to be deformed so much at the impact point near the summit because of the effect of curvature of the bulge on the crater flow.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Angle of repose, Impact crater, Bulge and ridge structure, Ejecta curtain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小惑星リュウグウからの「はやぶさ２」試料：有機化合物の初期分析プラン

Initial analysis plan of soluble organic compounds for the Hayabusa2 sample from asteroid Ryugu

*奈良岡 浩[1]、高野 淑識[2]、Jason P. Dworkin[3]、SOM Analysis Team
*Hiroshi Naraoka[1], Yoshinori Takano[2], Jason P. Dworkin[3], SOM Analysis Team

1. 九州大学　大学院理学研究院地球惑星科学部門, 惑星微量有機化合物研究センター、2. 海洋研究開発機構、3. Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Research Center for Planetary Trace Organic Compounds, Kyushu University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Astrochemistry Laboratory NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA

The spectra of asteroid 162173 Ryugu taken by Near-Infrared Spectrometer (NIRS3) onboard Hayabusa2 are nearly featureless and consistent with carbonaceous chondrites (Matsuoka et al., 2018). The Hayabusa2 spacecraft will collect surface samples of Ryugu and deliver to the Earth during late 2020. The initial analysis of the Ryugu samples will focus on (1) detailed chemical and mineralogical characterization of the samples and (2) understanding the history of Ryugu and the Solar System in order to maximize the scientific achievement of the project and (3) to prove the scientific potential of the samples to the community for the analytical opportunity (Tachibana et al., 2014). We have organized an international team, consisting of 24 members currently, for the initial analysis of soluble organic matter (SOM) for the returned samples.

The primitive asteroidal materials are expected to contain diverse and complex (e.g. elemental, structural, and optical) organic matter all at low concentrations. The occurrence of SOM will provide clues to the origins of organic compounds as well as prebiotic molecules of potential relevance to origins of life on Earth and possibly elsewhere in the Solar System. We propose the comprehensive SOM analyses to reveal the chemical evolution of Ryugu using high-sensitive and high-resolution analytical methods as follows:

1) High-resolution mass spectrometry (HRMS) of various solvent extracts with electrospray ionization (ESI) coupled with or without nano-liquid chromatography.
2) Enantiomerically resolved amino acid analysis using high-resolution column chromatography with high-sensitive fluorescence spectroscopy coupled with HRMS.
3) *In situ* organic compound analysis and molecular imaging using desorption electrospray ionization (DESI) and/or direct analysis in real time (DART) equipped with HRMS.
4) Spatial resolution imaging of organic compounds using time of flight-secondary ion mass spectrometry (ToF-SIMS; Naraoka et al., 2015).

In addition, if the sample is available, we will also perform the following additional analyses:

5) Compound-specific isotope analysis using gas chromatography/combustion or pyrolysis /isotope ratio mass spectrometry (GC/C or pyrolysis/IRMS).
6) Bulk chemical and isotopic analysis of organic matter (C, H, N and S) using nano-EA/IRMS system and laser-tunable FT-IR spectroscopy.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Depending to the sample size available to the initial analysis, we will perform preliminary analytical tests using 30 mg, 10 mg, and 1 mg samples of the Murchison meteorite (CM2, positive SOM-rich), Yamato 793321 meteorite (heated CM2, positive SOM-depleted), and baked serpentine (negative SOM-depleted) as well as procedural blank. The analytical protocol will be discussed in the meeting.

< References >

Tachibana, S. et al. (2014) Hayabusa2: Scientific importance of samples returned from C-type near-Earth asteroid (162173) 1999 JU3. Geochemical Journal. 48. 571-581. 10.2343/geochemj.2.0350.

Matsuoka, M. et al. (2018) Spectral comparison between asteroid (162173) Ryugu and carbonaceous meteorites. American Astronomical Society, DPS meeting #50.

Naraoka, H. et al. (2015) ToF-SIMS analysis of carbonaceous particles in the sample catcher of the Hayabusa spacecraft. Earth, Planets and Space, 67:67. DOI 10.1186/s40623-015-0224-0.

Naraoka, H. and Hashiguchi, M. (2018) *In situ* organic compound analysis on a meteorite surface by desorption electrospray ionization coupled with an Orbitrap mass spectrometer. Rapid Commun. Mass Spectrom. 32, 959-964.

キーワード：はやぶさ２、リュウグウ、炭素質小惑星、溶存有機物
Keywords: Hayabusa2, Ryugu, Carbonaceous Asteroid, Soluble Organic Matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen

*大澤 亮[1]、弘田 旭[2]、阿部 新助[2]、Kastinen Daniel[3]、Kero Johan[3]、藤原 康徳[4]、中村 卓司[5]、酒向 重行[1]、小島 悠人[1]、渡部 潤一[6]
*Ryou Ohsawa[1], Akira Hirota[2], Shinsuke Abe[2], Daniel Kastinen[3], Kero Johan[3], yasunori Fujiwara[4], Takuji Nakamura[5], Shigeyuki Sako[1], Yuto Kojima[1], Jun-ichi Watanabe[6]

1. 東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター、2. 日本大学理工学部 航空宇宙工学科、3. Institutet för rymdfysik、4. 総合研究大学院大学、5. 国立極地研究所、6. 国立天文台
1. Institute of Astronomy, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Aerospace Engineering, College of Science & Technology, Nihon University, 3. Swedish Institute of Space Physics, 4. SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 5. National Institute of Polar Research, 6. National Astronomical Observatory of Japan

The Earth is surrounded by small dust grains produced by comets and asteroids. Tons of such grains plunge into the Earth's atmosphere hourly. Part of their kinetic energy excites and ionizes the surrounding atmosphere, which is observed as a meteor phenomenon. A simultaneous radar and optical observation is promising to constrain the motion and mass of a meteor at a time. We launched a project to observe faint meteors with Middle and Upper Atmosphere Radar (MU radar) and a wide-field CMOS mosaic camera Tomo-e Gozen installed on the 105 cm Kiso Schmidt telescope. The observations were carried out in 18--21, April, 2018. From tons of the detected meteors, the simultaneous detections were extracted in terms of the times, loci, and directions of the meteors. Finally, we identified the 894 meteor events simultaneously detected in the both sites. The optical brightness of the simultaneous meteors ranged from about 3--11 mag. in the V-band, which is about 5 magnitude fainter than in previous studies. We confirmed a clear correlation between the meteor brightnesses and the radar cross sections.

キーワード：流星、惑星間空間ダスト
Keywords: meteor, interplanetary dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global distribution and spectral characteristics of bright spots on asteroid Ryugu

*末満 雅徳[1]、諸田 智克[1]、本田 理恵[2]、亀田　真吾[15]、巽 瑛理[3]、山田 学[4]、坂谷 尚哉[5]、神山 徹[6]、横田 康弘[7]、長 勇一郎[8]、鈴木 秀彦[9]、早川 雅彦[10]、松岡 萌[10]、本田 親寿[11]、道上 達広[12]、吉岡 和夫[13]、小川 和律[14]、澤田 弘崇[5]、杉田 精司[3]
*Masanori Suemitsu[1], Tomokatsu Morota[1], Rie Honda[2], Singo Kameda[15], Eri Tatsumi[3], Manabu Yamada[4], Naoya Sakatani[5], Toru Kouyama[6], Yokota Yasuhiro[7], Yuichiro Cho[8], Hidehiko Suzuki[9], Masahiko Hayakawa[10], Moe Matsuoka[10], Chikatoshi Honda[11], Tatsuhiro Michikami[12], Kazuo Yoshioka[13], Kazunori Ogawa[14], Hirotaka Sawada[5], Seiji Sugita[3]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 高知大学自然科学系理工学部門、3. 東京大学大学院地球惑星科学専攻、4. 千葉工業大学惑星探査研究センター、5. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6. 産業技術総合研究所、7. 高知大学、8. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、9. 明治大学理工学部物理学科、10. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系、11. 会津大学、12. 近畿大学工学部、13. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、14. 神戸大学、15. 立教大学
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Department of Science and Technology, System of Natural Science, Kochi Unicversity, 3. Graduate School of Earth and Planetary Science, Tokyo Unicversity, 4. Planetary Exploration Reserch Center, Chiba Institute of Technology, 5. Institute of Space and Astoronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 6. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 7. Kochi University, 8. Department of Earth and Planetary Science, Tokyo University, 9. Depertment of physics, Meiji University , 10. Department of Solar System Science, Institute of Space and Astoronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 11. Aizu University, 12. Faculty of Engineering, Kindai University, 13. Graduate School of frontier Science, Tokyo University, 14. Kobe University, 15. Rikkyo University

On June 27, 2018, the asteroid explorer Hayabusa2 arrived at the target C-type asteroid 162173 Ryugu. The telescopic optical navigation camera (ONC-T) on-board Hayabusa2 has acquired the multiband image data for the entire surface of Ryugu with spatial resolutions better than 2 m/pixel. These data show that the Ryugu surface has the very low surface reflectance, flat spectra, and its spatial homogeneity [Sugita et al. 2019]. However, more detailed observations on Ryugu have revealed that many boulders exhibit different spectral properties and that a number of spots with distinctively brighter than the surroundings [Sugita et al. 2019]. Although larger boulders have been analyzed to show that they form two distinctive spectral trends, no substantial spectral analyses on bright spots have been conducted. Determining whether or not these bright spots are one of the materials that originate from the parent body of Ryugu is important to understand the differentiation and geologic processes on the parent body. In this study, in order to understand origins of the bright spots, we investigated spectral characteristics of the bright spots and compared those of the boulders on Ryugu. We used the ONC-T multiband images obtained in Box-A (20 km altitude) and mid-altitude (5 km altitude) operations.

We found seven meter-sized bright spots that have radiance factor 1.3 to 2.0 times higher than that of the surrounding area. The spectra of these bright spots were classified into two types, one being a flat spectrum type and another being a convex spectrum type. The former type has spectrum similar to but flatter and brighter than the mean spectra of the whole Ryugu and boulders, suggesting that the bright spots originate from parent body of Ryugu. The latter type has spectrum similar to those of S-type asteroids, suggesting their exogenous origin.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：小惑星、リュウグウ、ブライトスポット、スペクトル、ボルダ
Keywords: asteroids, Ryugu, bright spot, spectrum, boulder

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Polarimetry of (155140) 2005 UD: the Dynamical Association with (3200) Phaethon

*Masateru Ishiguro[1], Jooyeon Geem[1], Hiroyuki Naito[2], Yoonsoo P. Bach[1], Daisuke Kuroda[3], Tatsuharu Ono[4], Seiko Takagi[4], Mitsuteru Sato[4], Kiyoshi Kuramoto[4], Tomohiko Sekiguchi[5], Masataka Imai[6], Makoto Watanabe[7], Katsuhito Ohtsuka[8], Sunao Hasegawa[9], Takashi Ito[10], Fumi Yoshida[11], Tomoko Arai[11]

1. Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, 2. Nayoro Observatory, 3. Okayama Observatory, Kyoto University, 4. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 5. Hokkaido University of Education, 6. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 7. Department of Applied Physics, Okayama University of Science, 8. Tokyo Meteor Network, 9. Japan Aerospace Exploration Agency, 10. National Astronomical Observatory of Japan, 11. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

An Apollo-type near--Earth asteroid, (155140) 2005 UD, is considered as a possible fragment from (3200) Phaethon, suggesting that Phaethon precursor body might undergo a catastrophic disruption in the past. Here we present our new observational evidence for supporting these two are common origin. We thus conducted a polarimetric observation in 2018 September-October and found that 2005 UD exhibited a polarimetric property significantly different from those of major taxonomic classes of NEAs (i.e., S- and C-type) but similar to that of Phaethon at a wide range of the solar phase angles. Using the polarimetric data, we derived the geometric albedo of ~0.1. In addition, we made a photometric observation at the opposition (the zero phase angle), and determined the mean absolute magnitude of 17.2, the synodic rotational period 5.23 hr, and the effective diameter 1.5 km in combination with the derived geometric albedo. From these evidence, we found that the Phaethon precursor body might have lost more than a few percents of the mass via a disruption if 2005 UD was indeed ejected from the Phaethon precursor.

Keywords: Asteroids, Space Mission (Destiny+)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Follow-up observations for AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey (AcuA-spec)

*長谷川 直[1]、黒田 大介[2]、柳澤 顕史[3]、臼井 文彦[4]
*Sunao Hasegawa[1], Daisuke KURODA[2], Kenshi YANAGISAWA[3], Fumihiko Usui[4]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 京都大学、3. 国立天文台、4. 神戸大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Kyoto University, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. Kobe University

In the range from 1 to 2.5 μm, we made the spectroscopic observations of the AcuA-spec asteroids (Hasegawa et al. 2017, PASJ, 69, 9), whose spectra were obtained in continuous covered between 2.5 and 5.0 μm by NIR/IRC/AKARI (Usui et al. 2019, PASJ, 71, 1). Candidates of AcuA-spec asteroids were selected from only main-belt asteroids classified based on visible spectrophotometric and spectroscopic observations (Tholen 1984, PhD thesis, Arizona University; Bus & Binzel 2002, Icarus, 158, 146; Lazzaro et al. 2004, Icarus, 172, 179). About 200 classified asteroids were raised as observational candidates. Spectroscopic observations for 65 AcuA-spec asteroids which were selected among the AcuA-spec candidate catalogue in taking account of signal-noise ratio and target opportunity by AKARI were executed.
Section work of the AcuA-spec candidate catalogue was done around 2005, yet there were not many spectroscopic observations of asteroids in the near-infrared wavelength range. As a result of survey of published paper for near-infrared spectroscopic observations of asteroids, howevwer, it was found that spectroscopic observations in the near-infrared region of 1–2.5 μm for most AcuA-spec asteroids are performed except for several asteroids.
If data in near-infrared wavelength range of the lacked AcuA-spec asteroids were acquired, all AcuA-spec asteroids will have 0.35–5 μm of data available. Obtaining continuous reflectance of asteroids is essential data to compare with those such as meteorites. Based on the Bus-DeMeo taxonomy (DeMeo et al. 2009, Icarus, 202, 160), we conducted classification of all AcuA-spec asteroids using published and our observational data.

キーワード：小惑星、分光
Keywords: asteroids, spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Amino acids on witness coupons collected from the ISAS/JAXA curation facility for the assessment and quality control of the Hayabusa2 sampling procedure

*菅原 春菜[1,2]、高野 淑識[1]、唐牛 譲[3]、熊谷 和也[4]、矢田 達[3]、大河内 直彦[1]、安部 正真[3]、Hayabusa2 プロジェクトチーム
*Haruna Sugahara[1,2], Yoshinori Takano[1], Yuzuru Karouji[3], Kazuya Kumagai[4], Toru Yada[3], Naohiko Ohkouchi[1], Masanao Abe[3], Hayabusa2 project team

1.（国）海洋研究開発機構、2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur、3.（国）宇宙航空研究開発機構、4.（株）マリン・ワーク・ジャパン
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. Institut de Chimie de Nice, Universite Cote dAzur, 3. Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), 4. Marine Works Japan Ltd.

The Hayabusa2 spacecraft is visiting a near-Earth carbonaceous type (C-type) asteroid, 162173 Ryugu, and planning to return the pristine samples to the Earth. C-type asteroids are considered to be related with carbonaceous chondrites that are enriched in organic and volatile materials. The one of the scientific goals of Hayabusa2 mission is to understand the origin and evolution of organic materials through interactions with water and minerals in the early solar system [e.g., 1]. Thus, the characterization of organic materials in the returned sample has great importance for this purpose. However, the analysis of small quantities of extraterrestrial organic materials in the returned samples requires a great care to avoid the introduction of terrestrial contaminants and any artifact materials to the pristine samples. Thus, the assessment of the degrees of the terrestrial contaminants to the samples as well as the comprehensive and specific managements to minimize the terrestrial contamination throughout the mission is essential.

The purpose of the study is to investigate the potential terrestrial organic contamination in a clean chamber for the Hayabusa2 returned samples in an Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS/JAXA) curation room [2-4]. As the indicator of the terrestrial organic contaminants, we selected amino acids that ubiquitously exist in the terrestrial environments and are also the target molecules in the Hayabusa2 mission. In the study, we used witness coupons made of aluminum foil to collect the contaminants in the clean chamber. The witness coupons were collected at different exposure times, ranging from 1 day to 1 month to examine the accumulation rate of the contaminants. After the collection, amino acids on the witness coupons were extracted in hot water, hydrolysed with HCl, and then converted to *N*-pivaloyl isopropyl (Pv/iPr) ester derivatives for gas chromatographic (GC) analysis [5].

On the witness coupons, eight terrestrially common amino acids (glycine, alanine, valine, leucine, isoleucine, proline, aspartic acid and glutamic acid) were detected and seven of them, except valine due to the under quantification limit, were quantified. Among them, glycine was the most abundant species with the highest concentration of 10 pmol/cm^2. A time-dependent profile of the four major amino acids (glycine, alanine, aspartic acid and glutamic acid) showed the increasing trend between 1 to 7 days. The average accumulation rates are 1.2 pmol/cm^2/day for glycine, 0.6 pmol/cm^2/day for alanine, 0.1 pmol/cm^2/day for aspartic acid and 0.2 pmol/cm^2/day for glutamic acid. The species and the concentrations of amino acids on our witness coupons are similar to those reported by the National Aeronautics and Space Administration/Johnson Space Center (NASA/JSC) OSIRIS-REx team [6]. Thus, the quality control against terrestrial contaminants in ISAS/JAXA curation facility is at the same quantitative

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

level as in their facility. This inter-laboratory evaluation [7] about the terrestrial organic contamination will provide important information for the curation procedure of the Hayabusa2-returned samples.

References: [1] Tachibana S. et al. (2014) Geochem. J., 48, 571-587. doi: 10.2343/geochemj.2.0350. [2] Yada T. et al. (2014) Meteorit. Planet. Sci., 49, 135-153. doi: 10.1111/maps.12027. [3] Sawada H. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 81–106. doi: 10.1007/s11214-017-0338-8. [4] Okazaki R. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 107–124. doi: 10.1007/s11214-016-0289-5. [5] Chikaraishi Y. et al. (2010) in *Earth, Life, Isotopes*, Kyoto Univ. Press, pp.367-386. [6] Dworkin et al. (2018) Space Sci. Rev. 214, 9. doi: 10.1007/s11214-017-0439-4. [7] Sugahara et al. (2018) Earth, Planets Space, 70, 194. doi: 10.1186/s40623-018-0965-7.

キーワード：アミノ酸、Hayabusa2、キュレーション、ウィットネスクーポン、クオリティコントロール
Keywords: Amino acid, Hayabusa2, Curation, Witness coupons, Quality control

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hayabusa2 orbit determination using c5++ software

*山本 圭香[1]、大坪 俊通[2]、松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、並木 則行[1]、千秋 博紀[3]、水野 貴秀[4]、尾川 順子[4]、大野 剛[4]、三桝 裕也[4]、吉川 健人[4]、高橋 忠輝[4]、武井 悠人[4]、藤井 淳[4]、照井 冬人[4]、佐伯 孝尚[4]、中澤 暁[4]、吉川 真[4]、津田 雄一[4]
*Keiko Yamamoto[1], Toshimichi Otsubo[2], Koji Matsumoto[1], Hirotomo Noda[1], Noriyuki Namiki[1], Hiroki Senshu[3], Takahide Mizuno[4], Naoko Ogawa[4], Go Ono[4], Yuya Mimasu[4], Kent Yoshikawa[4], Tadateru Takahashi[4], Yuto Takei[4], Atsushi Fujii[4], Fuyuto Terui[4], Takanao Saiki[4], Satoru Nakazawa[4], Makoto Yoshikawa[4], Yuichi Tsuda[4]

1. 国立天文台、2. 一橋大学、3. 千葉工業大学、4. 宇宙航空研究開発機構
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. Hitotsubashi University, 3. Chiba Institute of Technology, 4. Japan Aerospace Exploration Agency

Hayabusa2 arrived at the target asteroid Ryugu in June 2018 and is currently conducting remote sensing observations with various onboard instruments. So far, we have improved orbit determination software c5++, originally developed for the analysis of satellite laser ranging (SLR) data of the Earth, so that it can be used for the analysis of laser ranging data between Hayabusa2 and Ryugu obtained by Hayabusa2 LIDAR. Then we used it for the estimation of Hayabusa2 trajectory and the GM value of Ryugu. However, in the case of Hayabusa2, it is difficult to determine all of the 6 components of the initial state vector precisely if only LIDAR range data was used, and the simultaneously estimated GM value also had large uncertainty. To overcome this problem, in addition to LIDAR ranging data, we used Automated-Image-Tracking (AIT) data obtained by wide-angle optical navigation camera (ONC-W1) for the estimation of Hayabusa2 trajectory. In principle, LIDAR data gives information on the radial direction and AIT data give the ones on the across and along track directions. Thus, both data sets are complementary and help to improve the precision of the trajectory estimation. For this purpose, we improved c5 ++ so that it can deal with AIT data as observation data. In the presentation, we will show the results of trajectory and GM estimations using LIDAR and AIT data, and show how much the precision and accuracy are improved compared to the case using LIDAR data only.

キーワード：はやぶさ2、軌道推定、リュウグウ
Keywords: Hayabusa2, Orbit Determination, Ryugu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Landing Site Selection for Hayabusa2: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu

*薮田 ひかる[1]、渡邊 誠一郎[2]、中村 智樹[3]、平田 成[4]、杉田 精司[5]、岡田 達明[6]、北里 宏平[4]、石原 吉明[7]、諸田 智克[2]、坂谷 尚哉[6]、松本 晃治[8]、和田 浩二[9]、橘 省吾[5]、小松 睦美[10]、巽 瑛理[5]、松岡 萌[6]、本田 親寿[4]、廣井 孝弘[11]、千秋 博紀[9]、本田 理恵[12]、横田 康弘[6]、野口 里奈[6]、嶌生 有理[6]、ドミング デボラ[13]、ルコル ルシール[13]、バルッチ アントネラ[14]、パロンバ アーネスト[15]、菊地 翔太[6]、三浦 昭[6]、山口 智宏[6]、山本 幸生[6]、佐伯 孝尚[6]、田中 智[6]、吉川 真[6]、津田 雄一[6]
*Hikaru Yabuta[1], Sei-ichiro WATANABE[2], Tomoki Nakamura[3], Naru Hirata[4], Seiji Sugita[5], Tatsuaki Okada[6], Kohei Kitazato[4], Yoshiaki Ishihara[7], Tomokatsu Morota[2], Naoya Sakatani[6], Koji Matsumoto[8], Koji Wada[9], Shogo Tachibana[5], Mutsumi Komatsu[10], ERI TATSUMI[5], Moe Matsuoka[6], Chikatoshi Honda[4], Takahiro Hiroi[11], Hiroki Senshu[9], Rie Honda[12], Yasuhiro Yokota[6], Rina Noguchi[6], Yuri Shimaki[6], Deborah Lorin Domingue[13], Lucille Le Corre[13], Antonella Barucci[14], Ernest Palomba[15], Shota Kikuchi[6], Akira Miura[6], Tomohiro Yamaguchi[6], Yukio Yamamoto[6], Takanao Saiki[6], Satoshi Tanaka[6], Makoto Yoshikawa[6], Yuichi Tsuda[6]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 名古屋大学、3. 東北大学、4. 会津大学、5. 東京大学、6. 宇宙科学研究所、7. 国立環境研究所、8. 国立天文台、9. 千葉工業大学惑星探査研究センター、10. 総合研究大学院大学、11. ブラウン大学、12. 高知大学、13. 米国惑星科学研究所、14. パリ天文台、15. イタリア国立宇宙物理学研究所
1. Hiroshima University, Department of Earth and Planetary Systems Science, 2. Nagoya University, 3. Tohoku University, 4. University of Aizu, 5. The University of Tokyo, 6. ISAS/JAXA, 7. NIES, 8. NAOJ, 9. Chiba Institute of Technology, Planetary Exploration Research Center (PERC), 10. Sokendai, 11. Brown University, 12. Kochi University, 13. Planetary Science Institute, USA, 14. Observatoire Paris-Site de Meudon, LESIA, France, 15. INAF-IAPS, Italy.

On June 27, 2018, JAXA’s Hayabusa2 spacecraft arrived at its target C-type asteroid Ryugu. Immediately after arrival, remote-sensing observations were carried out with the Optical Navigation Camera (ONC), the Near Infrared Spectrometer (NIRS3), the Thermal Infrared Imager (TIR), and the Laser Altimeter (LIDAR). Based on data from this suite of instruments, we carried out the landing site selection for the first touch-down (TD1). Since the mission aims to understand i) the origin and chemical evolution of the solar system and ii) the formation process and structure of the asteroid, we have set the most scientifically valuable TD1 site as the least altered region where water and/or carbon are potentially abundant.

Landing candidate sites were first selected by engineering evaluation for operational safety followed by scientific evaluations based on criteria such as science and samplability for the most interesting sites. The process was repeated using the observations from the altitudes of 20 km, 6 km, and 5 km.

Scientific evaluations of the landing site candidates were conducted based on the data products from ONC, NIRS3, TIR, and LIDAR. The shape modeling team produced two different shape models. ONC produced multiband images and reflectance spectra, as well as maps of spectral indices and X-means clustering analysis. Measurements of boulder size-frequency and Hapke parameters in the candidate landing areas were examined. NIRS3 produced four types of spectral feature maps. TIR provided maps of maximum temperature from the October 22, 2018 TD1 practice operations, apparent thermal inertia, and typical grain size determinations. LIDAR provided time series ranging data, topography, and corrected spacecraft trajectory.

Engineering evaluation: The possible landing site candidates were selected from the engineering safety

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

score map evaluated based on the sub-Earth distance, local solar angle, local slope and elevation maximum difference. Thermal prediction results for TD1 were obtained by TIR. Temperatures of each site are < 350 K, confirming the safe conditions. The regions that satisfied all the conditions were, L05, L07, L08, L12, M01, M03 and M04.

Scientific evaluation:
1) Boulders. Based on the distribution of boulders with a diameter larger than 3 m for each potential landing site, regions L07, L08, and M04 show smaller percentages of boulder coverage than other areas, and are regarded as safer sites for landing.
2) Geology. Ryugu exhibits a variety of topographic features and geologic settings. From a scientific perspective, it is of interest to be able to study various materials representing the evolution of Ryugu.
3) Hydrous minerals. The NIR spectral properties are nearly homogeneous across Ryugu’ s surface, especially between the candidate sites. The near-infrared reflectance spectra of Ryugu is similar to experimentally heated Murchison meteorite at 400˚C.
4) Carbon contents. It is likely that visible reflectance at 0.55 μm (R(0.55)) is influenced mostly by carbon content. R(0.55) is almost homogeneous across the surface with a low value, regardless of the candidate sites.
5) Secondary processes. Although the surface of Ryugu is almost homogeneous at the macro scale in the map of spectral slope from 0.48 to 0.86 μm, a slight heterogeneity is observed across the candidate regions. L-regions are relatively bluish and M-regions are reddish. Considering that spectral reddening is observed by laser irradiation of dehydrated carbonaceous chondrites, L regions are probably less altered and preferable for sampling.

In the total evaluation, L08, L07 and M04 were selected as the TD1 candidates on August 17, 2018. In September 2018, many boulders > 50 cm were additionally found for the sites during the rehearsal of TD1. Thus, the originally scheduled TD1 in October was postponed. Further search for a flat and safe site continued, and L08-E1 was determined as the TD1 site. The TD1 will be scheduled on Feb 22, 2019.

キーワード：はやぶさ２、着陸地点選定
Keywords: Hayabusa2, Landing Site Selection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北大1.6mピリカ望遠鏡による不活動彗星核P/2016 BA14の可視光測光・分光・偏光観測

Visible Photometric, Spectroscopic and Polarimetric observations of an inactive comet, P/2016 BA14 with the 1.6m Pirka Telescope

*山形 稜[1]、関口 朋彦[1]、岡崎 良[1]、土井 和也[1]、黒田 大介[2]、石黒 正晃[3]、内藤 博之[4]
*Ryo Yamagata[1], Tomohiko Sekiguchi[1], Ryo Okazaki[1], Kazuya Doi[1], Daisuke Kuroda[2], Masateru Ishiguro[3], Hiroyuki Naito[4]

1. 北海道教育大学、2. 京都大学、3. ソウル大学、4. なよろ市立天文台
1. Hokkaido University of Education, 2. Kyoto University, 3. Seoul National University, 4. Nayoro Observatory

We performed photometric, spectroscopic and polarimetric observations of an inactive comet, P/2016 BA14 with the 1.6m Pirka Telescope, Hokkaido.

P/2016 BA14 (a=3.02 au, e=0.67, i=18.9 deg.) was discovered as an unusual asteroid with a cometary orbit by the PANSTAARS on 2016 January 21.Since Knight et al. 2016 detected its cometary tail when the object close to sun(r=1.018au). It was classified into a Jupiter Family Comets. It can be regarded as a bare nucleus invisible coma because very weak comet activity that is different from general comet. There is a remarkable similarity between the orbits of 252P/LINEAR (a=3.05au, e=0.67, i=10.4deg) and P/2016 BA14. Jupiter Tisserand parameter is 252P/LINEAR and that of P/2016 BA14 are 2.82. P/2016 BA14 and 252P/LINEAR is division comet that is originally same comet (Jian-Yang.2017).

In this study, surface reflection properties of P/2016 BA14 classify D-type asteroids (Bus-DeMeo taxonomy) from result of visible spectroscopy (435-820nm). Color of surface is little red as D-type asteroid, but very blue as comet nucleus from result of BVRI photometry. The linear polarization Pr=10.46.±0.11% (α=46˚) is in close accord with that of D-type asteroids and comet nucleus.

キーワード：P/2016 BA14、測光観測、分光観測、偏光観測、D-タイプ
Keywords: P/2016 BA14, Photometric, Spectroscopic, Polarimetric, D-type

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite : Attempt to evaluate the thermal metamorphism degree on the parent body

加登 大輝[1]、*薮田 ひかる[1]
Hiroki Kato[1], *Hikaru Yabuta[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University, Department of Earth and Planetary Systems Science

Introduction: On June 27, 2018, Hayabusa2 spacecraft arrived at the C-type asteroid Ryugu. The surface of Ryugu has been thought to have experienced dehydration at least partially, according to the grand-based observation (Vilas et al. 2008; Hiroi et al. 1993). Therefore, it is important to investigate the chemical compositions of dehydrated carbonaceous CM chondrites for understanding the surface process of asteroid Ryugu. Although the extents of thermal metamorphism of CM chondrites have been evaluated by mineralogical compositions (e.g., Nakamura et al. 2006) and elemental and molecular compositions of insoluble organic matter (IOM) (e.g., Naraoka et al. 2004; Yabuta et al. 2005), the estimated temperature varies widely. On the other hand, soluble organic molecules from the dehydrated CM chondrites have not been quantified or below detection (e.g. Shimoyama et al. 1989), and there has been no study which evaluated thermal metamorphism based on the compositions of soluble organic molecules. Therefore, in this study, we analyzed aliphatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Jbilet Winselwan CM chondrite, which is a dehydrated CM chondrite (Zolensky et al 2016) and show similar reflectance spectrum to that of asteroid Ryugu (Kameda et al. 2015), for precise evaluation of parent body thermal metamorphism. The relative abundances of the hydrocarbons were compared with those of Murray meteorite, which is a primitive CM chondrite.

Samples and Methods: Powdered samples of Jbilet Winselwan meteorite and Murray meteorite (0.2 - 0.4g) were extracted with dichloromethane/methanol (9:1) by sonication. The extracts were applied to a silica gel column. From the column, aliphatic hydrocarbons were eluated with hexane and then PAHs were eluated with dichloromethane. The hexane and dichloromethane eluates were concentrated to 100 μl individually under a nitrogen flow for analysis by a gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). Identification and quantification of compounds were made by comparison of peak retention times on mass chromatograms and mass spectra, and peak areas, respectively, with those of standard compounds. For compounds without standard compounds, identification was made by comparison of mass spectra with library data.

Results and discussion: Total concentration of *n*-alkanes from Jbilet Winselwan meteorite (1.85 μg/g meteorite) was 40 times lower than those from Murray meteorite (80.7 μg/g meteorite). Relative abundances of short-chain *n*-alkanes (C_{15}-C_{16}) were dominant in Jbilet Winselwan meteorite, while those of long-chain *n*-alkanes (C_{17}-C_{21}) were dominant in Murray meteorite. This difference implies that short-chain *n*-alkanes were resulted from cracking of long-chain *n*-alkanes and/or IOM during thermal metamorphism of the parent body of Jbilet Winselwan meteorite. Total concentration of PAHs from Jbilet Winselwan meteorite (0.05 μg/ meteorite) was 1000 times lower than those from Murray meteorite (62.0 μg/g meteorite). Dimethylnaphthalene, fluorine, phenanthrene, pyrene, fluoranthene, methylbiphenyl (0.003-0.039 μg/g meteorite) were identified, while low molecular weight PAHs, such as naphthalene, methylnaphthalene, and acenaphthene, were not detected. The results suggest that PAHs with high

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

volatility in Jbilet Winselwan meteorite were lost or involved in further aromatization during thermal metamorphism. Distributions of dimethylnaphthalene and methylbiphenyl isomers in Jbilet Winselwan and Murray meteorites were similar, respectively, which indicates that the parent body of Jbilet Winselwan meteorite experienced relatively mild thermal metamorphism.

キーワード：Jbilet Winselwan隕石、可溶性有機分子、加熱脱水
Keywords: Jbilet Winselwan meteorite, Soluble organic molecules, Dehydration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Disk-Resolved Photometry Analysis of the Asteroid Ryugu Images Obtained by Hayabusa2 Visible Camera ONC

*横田 康弘[1,2]、本田 理恵[1]、巽 瑛理[3]、Domingue Deborah[4]、Schroeder Stefanus[5]、松岡 萌[2]、杉田 精司[3]、諸田 智克[6]、亀田 真吾[7]、神山 徹[8]、鈴木 秀彦[9]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[11]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、澤田 弘崇[2]
*yokota yasuhiro[1,2], Rie Honda[1], ERI TATSUMI[3], Deborah Domingue[4], Stefanus E. Schroeder[5], Moe Matsuoka[2], Seiji Sugita[3], Tomokatsu Morota[6], Shingo Kameda[7], Toru Kouyama[8], Hidehiko Suzuki[9], Manabu Yamada[10], Naoya Sakatani[2], Chikatoshi Honda[11], Masahiko Hayakawa[2], Kazuo Yoshioka[3], Yuichiro Cho[3], Hirotaka Sawada[2]

1. 高知大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 東京大学、4. Planetary Science Institute、5. DLR、6. 名古屋大学、7. 立教大学、8. 産総研、9. 明治大学、10. 千葉工業大学、11. 会津大学
1. Kochi University, 2. ISAS/JAXA, 3. Univ. of Tokyo, 4. Planetary Science Institute, 5. DLR, 6. Nagoya Univ., 7. Rikkyo Univ., 8. AIST, 9. Meiji Univ., 10. Chiba Institute od Technology, 11. Aizu Univ.

Since June 2018, the Optical Navigation Camera (ONC) onboard Hayabusa2, has observed the C-type asteroid 162173 Ryugu at a distance below 20 km. ONC-T and ONC-W1 are used for surface imaging operations, and their images allow us to investigate the disk-resolved photometric properties of the surface. A narrow-angle camera ONC-T has 7 broad-band filters ranging in wavelength from 0.39–0.95 μm. ONC-W1 is a wide-angle (> 65˚) pan-chromatic camera mainly used for optical navigation during cruise and low-altitude (< 20km) operations. We are proceeding the analysis of both dataset, ONC-T and ONC-W1.

Since Hayabusa2’s position is nominally fixed on the line connecting Ryugu and the Earth, the available solar phase angle range by ONC-T changes seasonally with the orbits of Earth and Ryugu around the sun. Therefore, we are collecting a large number of ONC-T images over a long period of time to cover a wide phase angle range.

ONC-W1 data has a strong point that it covers a wide phase angle range within a single frame during the descent operations, because of its wide field of view. One of our current challenges is deriving a precise viewing geometries (incidence angle, emission angle, and phase angle) at each pixel. Additionally, comparison of the absolute brightness value (radiance factor) with ONC-T is an ongoing issue.

キーワード：小惑星、測光、リュウグウ、はやぶさ2
Keywords: Asteroid, Photometry, Ryugu, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宇宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

Vertical coupling mechanisms throughout the whole atmosphere are critical to understanding the near Earth space environment, as well as its sensitivity to the solar, geomagnetic, and atmospheric drivers. This international session focuses on physical/chemical processes occurring in the mesosphere, thermosphere, and ionosphere (MTI). Both quiet and disturbed states in response to lower atmospheric forcing or solar forcing are important for understanding the MTI system and its coupling to other regions. We invite presentations of observations and observational concepts with ground-based and/or space-borne instruments, theoretical studies, numerical simulations, and development of data analysis systems for various kinds of temporal and spatial variations in atmosphere-ionosphere coupled system.

[PEM09-P01] Local-time Variabilities of SABER CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere Region

*Cornelius Csar Jude Salinas[1]、Loren Chang[1]、Danie Liang[2]、Jia Yue[3]、Liying Qian[4]、Quan Gan[5]、James Russel III[3]、Martin G Mlynczak[6] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Institute of Earth Science, Academia Sinica、3.Department of Atmospheric Sciences, Hampton University、4.High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research、5.Department of Physics and Astronomy, Clemson University、6.NASA Langley Research Center)

[PEM09-P02] 地震前の電離圏擾乱を引き起こす電場の成因

*小山 孝一郎[1,2,3] (1.国立成功プラズマ宇宙科学研究所　台湾、2.九州大学国際宇宙天気・教育センター、3.(株）アジア宇宙環境研究コンソーシアム)

[PEM09-P03] Morphology of E1 and E2 Kelvin waves from ECMWF reanalysis

*Chen-Jeih Pan[1]、Wei-Sheng Chen[1]、Uma Das[2] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India)

[PEM09-P04] Impact of strong ENSO on TEC activity disturbed by ultra-fast Kelvin waves

*Wei-Sheng Chen[1]、C.J. Pan[1]、Uma Das[2]、Chian-Chiau Lin[3] (1.Institute of Space Science, National Central University, Taiwan、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India、3.Environmental Research and Information Center, Chang Jung Christian University, Taiwan)

[PEM09-P05] Observation and simulation of propagation of coseismic infrasound to the ionosphere

*Jaroslav Chum[1] (1.Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences)

[PEM09-P06] Solar wind influence on tropical cyclones mediated by atmospheric gravity waves

*Paul Prikryl[1,2]、Iurii Cherniak[3]、Irina Zakharenkova[4,5]、James M. Weygand[6]、Bharat S. R. Kunduri[7] (1.Physics Department, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada、2.Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada, Ottawa, ON, Canada、3.COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA、4.West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia、5.University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland、6.Earth Planetary and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA, USA、7.Bradley Dept. of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA)

[PEM09-P07] VIPIR ionospheric observations in Japan

*津川 卓也[1]、前野 英生[1]、西岡 未知[1]、近藤 巧[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM09-P08] Simulation Results and Performance Analysis of Phase Velocity Spectral Analysis Software (M-Transform) for Airglow Imaging Data

*Septi Perwitasari[1]、Takuji Nakamura[2]、Masaru Kogure[2]、Yoshihiro Tomikawa[2]、Mitsumu K. Ejiri[2] (1.LAPAN、2.NIPR)

[PEM09-P09] Comparisons of Co-incident Ionospheric Plasma Observations Between FORMOSAT-5/AIP and Millstone Hill Incoherent Scatter Radar

*Yi-Wun Chen[1]、Chi-Kuang Chao[1] (1.Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan)

[PEM09-P10] Sub-ionospheric effects of volcano eruptions using VLF/LF standard radio waves

*丸山 慶[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、野崎 憲朗[5]、山下 幸三[3]、高橋 幸弘[4]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1] (1.千葉大学、2.東北大学、3.足利大学、4.北海道大学、5.情報通信研究機構)

[PEM09-P11] Observations of ionospheric and mesospheric wave structures by a low-cost airglow imaging system

*細川 敬祐[1]、楠山 ななみ[1]、穂積 裕太[1]、高見 晃平[1]、斎藤 享[2]、小川 泰信[3]、石井 守[4]、大塚 雄一[5]、津川 卓也[4] (1.電気通信大学、2.国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所、3.国立極地研究所、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM09-P12] Analysis of characteristics of ionospheric parameters, Sq index and neutral winds over Taiwan

*Yu-Jung Chuo[1] (1.Department of Information Technology, Ling Tung University)

[PEM09-P13] Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde and RO-COSMIC in magnetic Equator region in 2010

*Zheng Wang [1,2]、Huixin Liu[1] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, Japan. 、2.National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, China.)

[PEM09-P14] The statistical study of the growth rates of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances observed with GPS-TEC

*池田 孝文[1]、齊藤 昭則[1]、津川 卓也[2]、品川 裕之[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、2.情報通信研究機構)

[PEM09-P15] Comparison of Gravity Wave Activity in the Mesosphere Observed by OH Airglow Imagers and MF Radars over the Antarctic (Syowa & Davis).

*木暮 優[1]、中村 卓司[1,2]、冨川 喜弘[1,2]、江尻 省[1,2]、西山 尚典[2,1]、堤 雅基[1,2]、Michael Taylor[3]、Yucheng Zhao[3]、P.-Dominique Pautet[3]、Damian Murphy[4] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院複合科学研究科極域科学専攻、3.ユタ州立大学、4.オーストラリア南極局)

Local-time Variabilities of SABER CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere Region

*Cornelius Csar Jude Salinas[1], Loren Chang[1], Danie Liang[2], Jia Yue[3], Liying Qian[4], Quan Gan[5], James Russel III[3], Martin G Mlynczak[6]

1. Institute of Space Science, National Central University, 2. Institute of Earth Science, Academia Sinica, 3. Department of Atmospheric Sciences, Hampton University, 4. High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research, 5. Department of Physics and Astronomy, Clemson University, 6. NASA Langley Research Center

This work presents the local-time variabilities of CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere region (MLT region) as observed by the Sounding of the Atmosphere using Broadband Emission Radiometry (SABER) onboard the Thermosphere Ionosphere Mesosphere Energetics and Dynamics Satellite (TIMED Satellite). These are then compared to CO_2 as modeled by the Whole Atmosphere Community Climate Model –eXtended (WACCM-X). Also using WACCM-X, a tendency analysis using the continuity equation is done to explain the local-time variabilities of CO_2 in the MLT region. Finally, consequences of including a significant local-time variability in CO_2 when retrieving SABER temperature profiles are determined.

Keywords: Carbon Dioxide, Mesosphere and Lower Thermosphere Region, Tides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震前の電離圏擾乱を引き起こす電場の成因
Enhanced dynamo electric field as a possible cause of ionosphere disturbance before Large Earthquake

*小山 孝一郎[1,2,3]
*Koichiro Oyama[1,2,3]

1. 国立成功プラズマ宇宙科学研究所 台湾、2. 九州大学国際宇宙天気・教育センター、3. (株）アジア宇宙環境研究コンソーシアム
1. Institute of Plasma and Space Sciences,National Cheng Kung Univ., Taiwan, 2. International Ceneter for Space Weather Sudy and Education, Kyushu Univ.,, 3. CoLtd. Asia Space Environment Research Consortium, Japan

Disturbance of ionosphere before large earthquakes has been very often reported. One of the possible disturbing drivers is electric field, which explains most of the ionosphere features we reported so far. However, the origin of the electric field is still in the darkness. One idea of electric field generation exists inside earth interior (Freund et a., 2006). We propose here that the electric field is dynamo field at the height of ≈100 km, which simply intensified before earthquake; intensified eastward (westward)electric field during daytime(nighttime). This idea explains satellite data (Oyama et al.,2008; Oyama et al.,2011; Ryu et al., 2014; Ryu et al., 2016; Oyama et al.,2016; Oyama et al., 2019).

Next question on the electric field generation is the mechanism which modifies the dynamo field. We speculate that modification of E field is a result of modification of neutral wind system, which is originally caused by internal gravity waves which propagate from below. Then again next question is on the origin of the internal gravity waves. The waves might be originally caused by the ground motion, and these waves which propagate upward might interact with planetary wave, and amplified. We show several side evidence of ground motions before earthquakes.

キーワード：地震、電場、電離圏、擾乱
Keywords: Earthquake, Electric field, Ionosphere, Disturbance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Morphology of E1 and E2 Kelvin waves from ECMWF reanalysis

*Chen-Jeih Pan[1], Wei-Sheng Chen[1], Uma Das[2]

1. Institute of Space Science, National Central University, 2. Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India

Kelvin waves are planetary waves traveling eastwards and confined in the equatorial latitudes. The waves play an important role in middle atmosphere dynamics because they transfer energy and momentum from lower to higher altitudes, which contributes to the quasi-biennial oscillation (QBO) and further influences the global climate. Kelvin waves have been studied for many decades, and the most of studies were focused on the waves of wavenumber 1 (E1). On the other hand, the wavenumber-2 Kelvin waves (E2) are also an important part of Kelvin wave activities although their amplitude less than the E1. In this study, we analyzed the long-term European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) reanalysis data and reported the morphology of E1 and E2 Kelvin waves in the stratospheric altitudes individually. The temperature from ECMWF reanalysis was used to extract the wave properties. Temperatures between latitudes of 10S and 10N were firstly gridded into the structure of day-altitude-longitude, and then subtract background (longitudinal means) to get equatorial temperature fluctuations. For each altitude, the two-dimensional fast Fourier transform was applied to each 96-day data segment and stepped forward in time by 1 day. The output spectra were then analyzed to get primary wave periods and amplitude variations. From spectra, the E1 amplitude is 1.5 to 2.0 times larger than the E2 in average. The E1 primary periods are 12 to 25 days and are restricted under the 20-km altitude. The periods of 8 to 14 days are the secondary group. They can propagate upward to the 40-km altitude. Regarding the E2, the primary periods are 7 to 12 days and are also restricted under the 20-km altitude. Its secondary group is the periods of 5 to 8 days, which also can propagate upward to the 40-km altitude. Furthermore, the altitude-time-amplitude variation show that the E2 waves are influenced strictly by the QBO westerly. Finally, the cross correlation between E1 and E2 show that the E1 and E2 have high correlation at altitudes close to the tropopause, which implies they are excited simultaneously.

Keywords: Kelvin waves, QBO

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impact of strong ENSO on TEC activity disturbed by ultra-fast Kelvin waves

*Wei-Sheng Chen[1], C.J. Pan[1], Uma Das[2], Chian-Chiau Lin[3]

1. Institute of Space Science, National Central University, Taiwan, 2. Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India, 3. Environmental Research and Information Center, Chang Jung Christian University, Taiwan

Ultra-fast Kelvin waves (UFKW) are a subclass of Kelvin waves that they have the shortest periods (2-5 days) and thus can propagate into the ionosphere. UFKW relate to ionospheric variations have been reported, which include ionospheric minimum virtual height (h'F), F2 maximum critical frequency (foF2), total electron content (TEC), S4 scintillations, etc. In the study, we analyzed the UFKW activities using SABER (Sounding of the Atmosphere using Broadband Emission Radiometry) temperatures and GIM (Global Ionospheric Maps) TEC from 2009 to 2011 to see how UFKW influence the ionosphere. The period 2009-2011 belongs to the strong ENSO period. Previous studies have shown that Kelvin waves were highly active in this period, especially in the early of 2010. Therefore, this study can implicitly reveal how the ionosphere responds to the ENSO. The wave signatures in SABER temperatures were extracted using the fast Fourier transform (FFT). Temperatures in the geographic equatorial latitudes were gridded into the day-altitude-longitude structure and then removed background to get temperature fluctuations. The two-dimensional FFT was applied to each 96-day data segment for each altitude and stepped forward in time by one day. Regarding TEC, the Lomb-Scargle periodogram was used to extract UFKW signatures. Because TEC has a strong local time variation and constrains by the geomagnetic configuration, TEC at 16 local time and low geomagnetic latitudes were selected. The background was removed firstly from the data and then fed TEC fluctuations into the Lomb-Scargle process, which also stepped forward in time by one day. The FFT and Lomb-Scargle process both outputted spectra, which revealed UFKW activities in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) region (90-100 km) and the ionosphere (about 150-600 km). The results show that UFKW activities at two equatorial ionization anomalies (EIA) were almost identical, and both were higher than that at geomagnetic equator. Most of wave activities in the temperature field in the MLT region have corresponding activities in TEC. However, there are a lot of small amplitude activities only in TEC.

Keywords: ultra-fast Kelvin waves, ENSO, TEC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation and simulation of propagation of coseismic infrasound to the ionosphere

*Jaroslav Chum[1]

1. Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences

Vertical motion of the ground surface caused by seismic waves generates acoustic waves that propagate nearly vertically upward owing to supersonic speed of seismic waves. As the air density decreases with height, the amplitude of acoustic waves increases to conserve the energy flux up to the altitudes where the air is so rarefied that it cannot sustain the propagation and the waves start dissipating. For distances up to about 1500 km from the epicenter of the strong earthquakes (M>7), the amplitude (oscillation velocity) of infrasound waves reaches significant values in the upper atmosphere. Consequently, the nonlinear phenomena start to play an important role. Spectral content of the wave packet is changed and the energy is transferred to lower frequencies, which can cause the formation of roughly bipolar N-shaped pulse. The simulation results are compared with observation for selected examples. It is also shown that only infrasound with periods larger than about 10 s (generated by long period seismic waves) can reach the ionospheric heights, namely the F layer where it can be easily detected.

Keywords: coseismic perturbation in the ionosphere, infrasound, nonlinear propagation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar wind influence on tropical cyclones mediated by atmospheric gravity waves

*Paul Prikryl[1,2], Iurii Cherniak[3], Irina Zakharenkova[4,5], James M. Weygand[6], Bharat S. R. Kunduri[7]

1. Physics Department, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada, 2. Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada, Ottawa, ON, Canada, 3. COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA, 4. West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia, 5. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland, 6. Earth Planetary and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA, USA, 7. Bradley Dept. of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA

Solar wind coupling to the magnetosphere-ionosphere-atmosphere (MIA) system generates medium- and large-scale atmospheric gravity waves (AGWs) propagating globally from sources in the lower thermosphere at high latitudes. The AGWs propagate globally [1,2] upward and downward, are observed in the ionosphere as traveling ionospheric disturbances [3], can be ducted in lower atmosphere over long distances and reach troposphere. At the reflection point in the troposphere they can trigger moist instabilities to initiate convective bursts, with the latent heat release leading to intensification of storms [4]. In the follow-up studies [5,6,7] it was shown that explosive extratropical cyclones and rapid intensification of tropical cyclones tend to follow arrivals of solar wind high-speed streams (HSS) and/or interplanetary coronal mass ejections (ICMEs). The coupling of solar wind to MIA is most intense during the arrivals of co-rotating interaction regions (CIRs) and/or interplanetary shocks at the leading edges of HSSs and ICMEs when the amplitudes of aurorally-generated AGWs are largest. Ray tracing of AGWs in a model atmosphere show that they can reach tropical cyclones. Spiral gravity waves in typhoons were observed and simulated to propagate radially outward from the typhoon core [8]. The spectra of waves in surface pressure and surface wind measured by the Impacts of Typhoons on the Ocean in the Pacific (ITOP) buoy during the nearby passages of intense typhoons are similar to those of incoming aurorally-generated AGWs. It is suggested that the interaction of aurorally-generated gravity waves with the tropical cyclone vortex and the inner primary eyewall plays a role in the intensification process.

[1] Mayr H.G., et al., J. Geophys. Res., 89, 10929–10959, 1984.
[2] Prikryl P., et al., Ann. Geophys., 23, 401-417, 2005. doi:10.5194/angeo-23-401-2005
[3] Cherniak Iu., Zakharenkova I., Space Weather, 16, 2018. https://doi.org/10.1029/2018SW001869.
[4] Prikryl P., et al., Ann. Geophys. 27, 31–57, 2009. https://doi.org/10.5194/angeo-27-31-2009.
[5] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 149, 219–231, 2016.
[6] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 171, 94–110, 2018.
[7] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 183, 36-60, https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.12.009.
[8] Nolan D.S., Zhang J.A., Geophys. Res. Lett., 44, 3924–3931, 2017. doi:10.1002/2017GL073572

Keywords: Solar wind-magnetosphere-ionosphere-atmosphere coupling, High-speed solar wind stream, Atmospheric gravity wave, Extratropical and tropical cyclones

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

VIPIR ionospheric observations in Japan

*津川 卓也[1]、前野 英生[1]、西岡 未知[1]、近藤 巧[1]、石井 守[1]
*Takuya Tsugawa[1], Hideo Maeno[1], Michi Nishioka[1], Takumi Kondo[1], Mamoru Ishii[1]

1. 情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

National Institute of Information and Communications Technology (NICT) has observed ionosphere by ionosondes more than 70 years in Japan. At present, four ionosondes at Wakkanai (Sarobetsu), Kokubunji, Yamagawa, Okinawa (Ogimi) are automatically operated and controlled from Tokyo. Major ionospheric parameters such as foF2 and foEs are scaled from the ionograms automatically on a realtime basis and scaled manually for the final values. These scaled parameters are provided through our web site (http://wdc.nict.go.jp/IONO/). In 2017, we replaced the 10C ionosondes with Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar 2 (VIPIR2) which can separate the O- and X-modes of ionospheric echoes which have improved the availability of automatic scaling of the ionogram. Our automatic scaling method has been improved using new O- and X-modes separated ionograms. As for future plans, we try to expand observation area by oblique sounding observations with VIPIRs in Japan and neighboring countries. We have also tried to detect arrival directions of ionospheric echo by using the 8ch receiving data as a interferometry. In this presentation, we will introduce current status and future plans of ionospheric observation in NICT.

キーワード：電離圏、イオノゾンデ、宇宙天気
Keywords: Ionosphere, Ionosonde, Space Weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation Results and Performance Analysis of Phase Velocity Spectral Analysis Software (M-Transform) for Airglow Imaging Data

*Septi Perwitasari[1], Takuji Nakamura[2], Masaru Kogure[2], Yoshihiro Tomikawa[2], Mitsumu K. Ejiri[2]

1. LAPAN, 2. NIPR

We have developed a user-friendly software based on *Matsuda et al.*, 2014's 3D-FFT method (M-Transform) for airglow data analysis as a function on Interactive Data Language (IDL). Input of this function is 3-D array of a time series of airglow image that have already been converted to geographical coordinate (*x*, *y*, *t*). The user can customize the wave parameters (e.g. horizontal wavelength (λ_h), wave period (τ), phase speed (*c*), image resolution in space (*dx*,*dy*) and time (*dt*)) in one-line command when executing the program, which depends on their analysis purpose. In order to exhibit this new function's performance and the characteristics/interpretation of the spectral analysis, we have run several test cases using artificial wave. The first case is artificial wave with constant speed (40 m/s) and different wave period (8, 15, 30 min) and horizontal wavelength. In second case, we applied Gaussian shape wave-packet with different FWHM (50, 100, 200 km). For the third test case, with a fixed wave packet size (100 km), we changed the wave packet duration (30, 60, 120 min). The results from the various simulations showed reasonable characteristics of the spectral analysis for different scenarios. We showed that the increase of wave period and horizontal wavelength lead to the wider spectrum with total power difference of ~10%. By changing the wave packet size, we showed that the bigger the wave packet size, the sharper and narrower the spectrum became with the total power increase 2x of the increase size of the wave packet. The result of changing the wave packet duration showed that the longer the duration of wave packet, the spectrum becomes sharper and the total power is proportional to the wave packet length. We also examined the aliasing and zero padding effect on the spectral analysis. In order to avoid the aliasing effect, it is recommended to set the period minimum to at least 2 x image interval (*dt*). More detailed analysis will be discussed during the presentation.

Keywords: Airglow, Gravity wave, Analysis software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comparisons of Co-incident Ionospheric Plasma Observations Between FORMOSAT-5/AIP and Millstone Hill Incoherent Scatter Radar

*Yi-Wun Chen[1], Chi-Kuang Chao[1]

1. Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan

Advanced Ionospheric Probe (AIP) onboard FORMOSAT-5 satellite has routinely measured ionospheric plasma parameters, like ion concentration, velocity, and temperature in a sun-synchronous circular orbit at 720 km altitude along 2230 local-time sector since November 2017. AIP has found that the satellite has a much lower potential with respective to environmental plasma from measured current-voltage curves. A comparison study shall be performed to identify possible bias on the derived AIP parameters. Co-incident observations have been scheduled with Millstone Hill incoherent scatter radar during 30 January to 1 February 2019. In this poster, preliminary comparison results will be outlined and will be used to improve accuracy of the AIP measurement in the future.

Keywords: FORMOSAT-5, AIP, ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sub-ionospheric effects of volcano eruptions using VLF/LF standard radio waves

*丸山 慶[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、野崎 憲朗[5]、山下 幸三[3]、高橋 幸弘[4]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]
*Kei Maruyama[1], Hiroyo Ohya[1], Fuminori Tsuchiya[2], Kenro Nozaki[5], Kozo Yamashita[3], Yukihiro Takahashi[4], Hiroyuki Nakata[1], Toshiaki Takano[1]

1. 千葉大学、2. 東北大学、3. 足利大学、4. 北海道大学、5. 情報通信研究機構
1. Chiba University, 2. Tohoku University, 3. Ashikaga University, 4. Hokkaido University, 5. National Institute of Information and Communications Technology

Several studies for the F-region ionosphere associated with volcano eruptions based on GPS-TEC data have been reported so far (e.g., Heki, 2006; Dautermann et al., 2009; Heki et al., 2010). These studies reported that acoustic waves excited by volcano eruptions reach up to the F-region ionosphere, and caused F-region perturbations. After eruption of the Kelud Volcano, Indonesia, in February 2014, acoustic resonance between the Earth’ s surface and lower thermosphere was reported based on TEC data and the seismic wave data (Nakashima et al., 2015). However, little studies on the D-region ionosphere associated with volcano eruptions have been reported. In this study, we investigate the D-region effects of eruptions of Sakurajima volcano (31.59N, 130.66E), Japan, at 04:11 UT on June 6, 2014, using intensity perturbation of VLF/LF transmitter signals. The VLF/LF propagation paths use in this study are JJY (JJY 60 kHz) - Tainan (TNN, Taiwan), and JJI (22.2 kHz) - TNN. Based on wavelet spectra, the perturbation of both transmitter signals had a frequency of 2-6 mHz during 04:12-04:30 UT after the eruptions (04:11 UT).We compared the perturbations with atmospheric pressure data obtained by an infrasonic meter observed by Sakurajima Volcano Research Center, Kyoto University, and seismic waves in the NIED F-net data (FUK, STM, and SBR) located close to the JJY-TNN path. The atmospheric pressure and vertical velocity of the seismic waves had the similar frequencies of 2-10 mHz during 04:12-04:47 UT. These similar frequencies suggest that the perturbations would be caused by acoustic resonance between the Earth's surface and lower thermosphere, or by acoustic and atmospheric gravity waves generated by volcanic eruptions. In the presentation, we will discuss the cause of the VLF/LF perturbations in more detail.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observations of ionospheric and mesospheric wave structures by a low-cost airglow imaging system

*細川 敬祐[1]、楠山 ななみ[1]、穂積 裕太[1]、高見 晃平[1]、斎藤 享[2]、小川 泰信[3]、石井 守[4]、大塚 雄一[5]、津川 卓也[4]
*Keisuke Hosokawa[1], Nanami Kusuyama[1], Yuta Hozumi[1], Kohei Takami[1], Susumu Saito[2], Yasunobu Ogawa[3], Mamoru Ishii[4], Yuichi Otsuka[5], Takuya Tsugawa[4]

1. 電気通信大学、2. 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所、3. 国立極地研究所、4. 情報通信研究機構、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. University of Electro-Communications, 2. ENRI, 3. NIPR, 4. NICT, 5. ISEE, Nagoya University

In the last two decades, all-sky airglow imagers with cooled CCD cameras have widely been used to observe large-scale wave structures in the F-region ionosphere, for example medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs). Such wavy features are seen in the oxygen emission at 630.0 nm from altitudes slightly below the F-region peak. Similar optical observations of OH band emission have also enabled us to visualize atmospheric gravity waves at the mesospheric height. Deploying airglow imagers in multiple places is one of the cost-effective ways to visualize the large-scale structure of these wave structures at both the F-region ionosphere and mesosphere [e.g., Kubota et al., 2001; Suzuki et al., 2013]. However, ground-based airglow imagers equipped with a cooled CCD camera is still expensive; thus, it is rather difficult to deploy such systems in a wide area and carry out a network observation. To overcome this limitation, we recently developed a low-cost airglow imaging system (Low-Cost Airglow imaging System: LCAS) which consists of a small camera (WAT-910HX), fisheye lens and optical filter. We then confirmed its capability of imaging the spatial structure of polar cap patches and plasma bubble in the 630.0 nm emission from the F-region. But, still, it is unclarified if the system is also capable of detecting the two-dimensional structure of MSTIDs. On the night of May 12, 2018, we identified a weak wavy signature in the 630.0 nm airglow images from one of our LCAS stations in Ishigaki Island, Japan. The wave structure in the 630.0 nm images was smoothly connected to the structure of MSTIDs in the GPS-TEC data, which confirmed the ability of LCAS for detecting MSTIDs. We also identified smaller scale wave structures in the 630.0 nm images, showing characteristic concentric wave fronts. We speculate that gravity waves in the mesosphere were captured in the 630.0 nm images as a contamination of the OH airglow. This is mainly because we make use of an optical filter having 10 nm FWHM, which enables us to detect several spectral peaks of OH emission near the 630.0 nm oxygen emission. We have estimated the center of the concentric wave structures by using the curvature of the wave fronts, and then confirmed that active rain fall took place in a localized area close to the estimated center of the concentric waves. This result supports our hypothesis that the OH emission containing signatures of mesospheric gravity waves were detected in the 630.0 nm images. In summary, the 630.0 nm airglow observation of LCAS is able to observe MSTIDs and mesospheric gravity waves. This will allow us to monitor such wavy structures at two different altitudes by distributing the similar system in a wide area.

キーワード：大気光、伝搬性電離圏擾乱
Keywords: Airglow, Traveling Ionospheric Disturbances

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of characteristics of ionospheric parameters, Sq index and neutral winds over Taiwan

*Yu-Jung Chuo[1]

1. Department of Information Technology, Ling Tung University

In this paper, we examine the variation of thermospheric neutral winds and solar quiet (Sq) current of the geomagnetic fields for the equatorial ionospheric anomaly area (EIA) during the solar activity period in 1999. The thermospheric neutral winds are derived from the ionospheric F_2-layer peak height, hmF_2, by using the servo model method. The variability of the amplitude ofSq fields is derived from the ground geomagnetic fields in the components H and Z, respectively. Theresults of the current system show a same diurnal variation, which that peaks / valleys in the local noon time for Sq(H) / Sq(Z) in the low latitudes, respectively.The results also indicate a weak seasonal variation that peaks appear at the local summer of the Sq currents in H and Z components, respectively. The Sq current system is associated with the change of the equatorial electrojet (EEJ). Further, the variability is probably attributed to local thermospheric winds. The study also shows that the zonal and meridional components of the neutral winds at the EIA over Taiwan area. Furthermore, the study examines the variations of Sq(H), Sq(Z), neutral winds, and ionospheric parameters foE_s, NmF_2, and hmF_2during the disturbed geophysical conditions such as geomagnetic storm and earthquake. The result shows the variationsof ionospheric Sq(H), Sq(Z) and thermospheric neutral winds are different between the seismo-ionospheric and solar-terrestrial disturbed periods, even they lead the same decreasing electron density reaction in the ionosphere at the EIA over Taiwan area.

Keywords: Sq current, ionosphere, neutral winds

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde and RO-COSMIC in magnetic Equator region in 2010

*Zheng Wang [1,2], Huixin Liu[1]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, Japan. , 2. National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, China.

Scintillations under 150 km height shown by radio occultation (RO) of COSMIC are considered to be associated with ionospheric sporadic E (Es) layer. In this paper, we make a Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde at five stations in magnetic Equator region in 2010, and make a comparison with S4 index from RO-COSMIC within 6 degree of each station. The results show that: At each station the diurnal variation of foEs from ionosonde decrease a little around LT 0600 and then increase, having maximum around LT 1200, decrease around LT 1800 and then increase near LT 2000-2200; All the S4>=0.3 observations during daytime come from RO-COSMIC under 150 km height; The diurnal variation of S4 index under 150 km height from RO-COSMIC over each station has similar trend with that of foEs at the same station; S4 index over 150 km height from RO-COSMIC is only high during nighttime; For the stations at different longitudes, Es occurrences from ionosonde are positively associated with S4>=0.3 from RO-COSMIC. The comparison shows that the S4 index from RO-COSMIC could show some features of daytime Es layer in magnetic Equator region without the location limitation of ground stations.

Keywords: daytime ionospheric sporadic E, ground-ionosonde , radio occultation of COSMIC , magnetic Equator region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The statistical study of the growth rates of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances observed with GPS-TEC

*池田 孝文[1]、齊藤 昭則[1]、津川 卓也[2]、品川 裕之[2]
*Takafumi Ikeda[1], Akinori Saito[1], Takuya Tsugawa[2], Hiroyuki Shinagawa[2]

1. 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、2. 情報通信研究機構
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National Institutes of Information and Communications Technology

We think two mechanism, E-F coupling and Perkins Instability, will relate to growth for nighttime-MSTID in mid-latitude [Tsunoda and Cosgrove., 2001 ; Perkins., 1973]. Linear growth rate of perturbation intensity of Pedersen conductivity expected from E-F coupling is around 15 minutes [Yokoyama et al., 2009], which is far shorter than one expected from Perkins Instability [Fukao and Kelley, 1991 ; Miller et al., 1997 ; Shiokawa et al., 2003]. However, Es layer’ s spatial and temporal scale is less than 100km and 15min [Maeda et al., 2013 ; S.Saito et al., 2007]. They are different from MSTID’ s ones, which are 200-400 km and around 2hours [Otsuka et al., 2011]. To decide which instability is responsible for growth of nighttime MSTID, the growth rate of MSTID was observationally determined with ground-based GPS network data.

We statistically investigated the growth rate of nighttime-MSTID in Japan in 2014 observed with GPS-TEC. The growth rate of nighttime -MSTID observed was 1.0 - 6.0 $\times 10^{-4}$ s^{-1} during 1800LT-2400LT in summer.Linear growth rate of Perkins instability in summer was 1.0 - 6.0 $\times 10^{-4}$ s^{-1} during 1800LT - 2400LT, so they were less than one of the E-F coupling instability. Also,Seasonal distribution of observed growth rate before midnight was similar to that of linear growth rate.U×B derived by GAIA model was high in spring - summer and seasonal distribution of U×B was similar to that of linear growth rate. Therefore, the growth of MSTID when propagating is not determined by E-F coupling instability but Perkins instability and neutral wind.

キーワード：中規模伝搬性電離圏擾乱、GPS-TEC、電離層
Keywords: MSTID, GPS-TEC, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comparison of Gravity Wave Activity in the Mesosphere Observed by OH Airglow Imagers and MF Radars over the Antarctic (Syowa & Davis).

*木暮 優[1]、中村 卓司[1,2]、冨川 喜弘[1,2]、江尻 省[1,2]、西山 尚典[2,1]、堤 雅基[1,2]、Michael Taylor[3]、Yucheng Zhao[3]、P.-Dominique Pautet[3]、Damian Murphy[4]
*Masaru Kogure[1], Takuji Nakamura[1,2], Yoshihiro Tomikawa[1,2], Mitsumu K. Ejiri[1,2], Takanori Nishiyama[2,1], Masaki Tsutsumi[1,2], Michael J. Taylor[3], Yucheng Zhao[3], P.-Dominique Pautet[3], Damian Murphy[4]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院複合科学研究科極域科学専攻、3. ユタ州立大学、4. オーストラリア南極局
1. National Institute of Polar Research, 2. Department of Polar Science, Sokendai, 3. Physics Department, Utah State University, 4. Australian Antarctic Division

Gravity waves transport momentum and energy from the lower atmosphere to the upper atmosphere and drive the general circulation, which significantly changes the temperature in the middle atmosphere [Fritts and Alexander, 2003]. To understand this role quantitatively will improve the modern general circulation models [Garcia et al., 2017].

The polar night jet region is known to have high gravity-wave activity. However, sources of gravity waves, their propagation, and their spectra are poorly understood because of a lack of observations. In particular, little is known about the dependence of their characteristics on their spectra (i.e., wavenumber and frequency) and on interactions among waves with several wavenumbers and frequencies [Fritts and Alexander, 2003]. To understand these, our group has observed gravity waves at different sites over the Antarctic.

Observation techniques have limitations due to the breadth of the gravity wave spectrum and the target and physical parameter sensed by the observing system [Alexander et al., 1998]. In this study an OH imager and an MF radar are used. Both instruments cover the OH layer (~87 km altitude), but both cover quite different ranges of the wave spectrum. The OH imager can observe waves with shorter ground-based periods (8-60 min) and shorter horizontal wavelengths (2-100 km) [Matsuda et al., 2017]. On the other hand, the MF radar can observe waves with the longer ground-based periods (>~30 min). It also has a preference for the waves with longer horizontal wavelength because of its observational volume.

This study derives gravity-wave perturbations, over Syowa and Davis, from the OH imager data based on Matsuda et al. [2014] and the MF radar data based on Murphy et al. [2007], respectively. In this presentation, we would like to show the gravity wave activity, over Syowa and Davis, with the shorter horizontal wavelength (i.e., observed by the OH imagers) and with the longer horizontal wavelength (i.e., observed by the MF radars). The correlation and relationship between both wave activities will be discussed. Also, we would like to discuss the local variation of that relationship.

キーワード：大気重力波、中層大気、OHイメージャ
Keywords: Gravity Wave, Middle Atmosphere, OH Imager

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宇宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

Vertical coupling mechanisms throughout the whole atmosphere are critical to understanding the near Earth space environment, as well as its sensitivity to the solar, geomagnetic, and atmospheric drivers. This international session focuses on physical/chemical processes occurring in the mesosphere, thermosphere, and ionosphere (MTI). Both quiet and disturbed states in response to lower atmospheric forcing or solar forcing are important for understanding the MTI system and its coupling to other regions. We invite presentations of observations and observational concepts with ground-based and/or space-borne instruments, theoretical studies, numerical simulations, and development of data analysis systems for various kinds of temporal and spatial variations in atmosphere-ionosphere coupled system.

[PEM09-P01] Local-time Variabilities of SABER CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere Region

*Cornelius Csar Jude Salinas[1]、Loren Chang[1]、Danie Liang[2]、Jia Yue[3]、Liying Qian[4]、Quan Gan[5]、James Russel III[3]、Martin G Mlynczak[6] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Institute of Earth Science, Academia Sinica、3.Department of Atmospheric Sciences, Hampton University、4.High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research、5.Department of Physics and Astronomy, Clemson University、6.NASA Langley Research Center)

[PEM09-P02] 地震前の電離圏擾乱を引き起こす電場の成因

*小山 孝一郎[1,2,3] (1.国立成功プラズマ宇宙科学研究所　台湾、2.九州大学国際宇宙天気・教育センター、3.(株）アジア宇宙環境研究コンソーシアム)

[PEM09-P03] Morphology of E1 and E2 Kelvin waves from ECMWF reanalysis

*Chen-Jeih Pan[1]、Wei-Sheng Chen[1]、Uma Das[2] (1.Institute of Space Science, National Central University、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India)

[PEM09-P04] Impact of strong ENSO on TEC activity disturbed by ultra-fast Kelvin waves

*Wei-Sheng Chen[1]、C.J. Pan[1]、Uma Das[2]、Chian-Chiau Lin[3] (1.Institute of Space Science, National Central University, Taiwan、2.Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India、3.Environmental Research and Information Center, Chang Jung Christian University, Taiwan)

[PEM09-P05] Observation and simulation of propagation of coseismic infrasound to the ionosphere

*Jaroslav Chum[1] (1.Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences)

[PEM09-P06] Solar wind influence on tropical cyclones mediated by atmospheric gravity waves

*Paul Prikryl[1,2]、Iurii Cherniak[3]、Irina Zakharenkova[4,5]、James M. Weygand[6]、Bharat S. R. Kunduri[7] (1.Physics Department, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada、2.Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada, Ottawa, ON, Canada、3.COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA、4.West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia、5.University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland、6.Earth Planetary and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA, USA、7.Bradley Dept. of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA)

[PEM09-P07] VIPIR ionospheric observations in Japan

*津川 卓也[1]、前野 英生[1]、西岡 未知[1]、近藤 巧[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM09-P08] Simulation Results and Performance Analysis of Phase Velocity Spectral Analysis Software (M-Transform) for Airglow Imaging Data

*Septi Perwitasari[1]、Takuji Nakamura[2]、Masaru Kogure[2]、Yoshihiro Tomikawa[2]、Mitsumu K. Ejiri[2] (1.LAPAN、2.NIPR)

[PEM09-P09] Comparisons of Co-incident Ionospheric Plasma Observations Between FORMOSAT-5/AIP and Millstone Hill Incoherent Scatter Radar

*Yi-Wun Chen[1]、Chi-Kuang Chao[1] (1.Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan)

[PEM09-P10] Sub-ionospheric effects of volcano eruptions using VLF/LF standard radio waves

*丸山 慶[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、野崎 憲朗[5]、山下 幸三[3]、高橋 幸弘[4]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1] (1.千葉大学、2.東北大学、3.足利大学、4.北海道大学、5.情報通信研究機構)

[PEM09-P11] Observations of ionospheric and mesospheric wave structures by a low-cost airglow imaging system

*細川 敬祐[1]、楠山 ななみ[1]、穂積 裕太[1]、高見 晃平[1]、斎藤 享[2]、小川 泰信[3]、石井 守[4]、大塚 雄一[5]、津川 卓也[4] (1.電気通信大学、2.国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所、3.国立極地研究所、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM09-P12] Analysis of characteristics of ionospheric parameters, Sq index and neutral winds over Taiwan

*Yu-Jung Chuo[1] (1.Department of Information Technology, Ling Tung University)

[PEM09-P13] Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde and RO-COSMIC in magnetic Equator region in 2010

*Zheng Wang [1,2]、Huixin Liu[1] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, Japan. 、2.National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, China.)

[PEM09-P14] The statistical study of the growth rates of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances observed with GPS-TEC

*池田 孝文[1]、齊藤 昭則[1]、津川 卓也[2]、品川 裕之[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、2.情報通信研究機構)

[PEM09-P15] Comparison of Gravity Wave Activity in the Mesosphere Observed by OH Airglow Imagers and MF Radars over the Antarctic (Syowa & Davis).

*木暮 優[1]、中村 卓司[1,2]、冨川 喜弘[1,2]、江尻 省[1,2]、西山 尚典[2,1]、堤 雅基[1,2]、Michael Taylor[3]、Yucheng Zhao[3]、P.-Dominique Pautet[3]、Damian Murphy[4] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院複合科学研究科極域科学専攻、3.ユタ州立大学、4.オーストラリア南極局)

Local-time Variabilities of SABER CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere Region

*Cornelius Csar Jude Salinas[1], Loren Chang[1], Danie Liang[2], Jia Yue[3], Liying Qian[4], Quan Gan[5], James Russel III[3], Martin G Mlynczak[6]

1. Institute of Space Science, National Central University, 2. Institute of Earth Science, Academia Sinica, 3. Department of Atmospheric Sciences, Hampton University, 4. High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research, 5. Department of Physics and Astronomy, Clemson University, 6. NASA Langley Research Center

This work presents the local-time variabilities of CO_2 in the Mesosphere and Lower Thermosphere region (MLT region) as observed by the Sounding of the Atmosphere using Broadband Emission Radiometry (SABER) onboard the Thermosphere Ionosphere Mesosphere Energetics and Dynamics Satellite (TIMED Satellite). These are then compared to CO_2 as modeled by the Whole Atmosphere Community Climate Model –eXtended (WACCM-X). Also using WACCM-X, a tendency analysis using the continuity equation is done to explain the local-time variabilities of CO_2 in the MLT region. Finally, consequences of including a significant local-time variability in CO_2 when retrieving SABER temperature profiles are determined.

Keywords: Carbon Dioxide, Mesosphere and Lower Thermosphere Region, Tides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震前の電離圏擾乱を引き起こす電場の成因
Enhanced dynamo electric field as a possible cause of ionosphere disturbance before Large Earthquake

*小山 孝一郎[1,2,3]
*Koichiro Oyama[1,2,3]

1. 国立成功プラズマ宇宙科学研究所 台湾、2. 九州大学国際宇宙天気・教育センター、3. (株）アジア宇宙環境研究コンソーシアム
1. Institute of Plasma and Space Sciences,National Cheng Kung Univ., Taiwan, 2. International Ceneter for Space Weather Sudy and Education, Kyushu Univ.,, 3. CoLtd. Asia Space Environment Research Consortium, Japan

Disturbance of ionosphere before large earthquakes has been very often reported. One of the possible disturbing drivers is electric field, which explains most of the ionosphere features we reported so far. However, the origin of the electric field is still in the darkness. One idea of electric field generation exists inside earth interior (Freund et a., 2006). We propose here that the electric field is dynamo field at the height of ≈100 km, which simply intensified before earthquake; intensified eastward (westward)electric field during daytime(nighttime). This idea explains satellite data (Oyama et al.,2008; Oyama et al.,2011; Ryu et al., 2014; Ryu et al., 2016; Oyama et al.,2016; Oyama et al., 2019).

Next question on the electric field generation is the mechanism which modifies the dynamo field. We speculate that modification of E field is a result of modification of neutral wind system, which is originally caused by internal gravity waves which propagate from below. Then again next question is on the origin of the internal gravity waves. The waves might be originally caused by the ground motion, and these waves which propagate upward might interact with planetary wave, and amplified. We show several side evidence of ground motions before earthquakes.

キーワード：地震、電場、電離圏、擾乱
Keywords: Earthquake, Electric field, Ionosphere, Disturbance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Morphology of E1 and E2 Kelvin waves from ECMWF reanalysis

*Chen-Jeih Pan[1], Wei-Sheng Chen[1], Uma Das[2]

1. Institute of Space Science, National Central University, 2. Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India

Kelvin waves are planetary waves traveling eastwards and confined in the equatorial latitudes. The waves play an important role in middle atmosphere dynamics because they transfer energy and momentum from lower to higher altitudes, which contributes to the quasi-biennial oscillation (QBO) and further influences the global climate. Kelvin waves have been studied for many decades, and the most of studies were focused on the waves of wavenumber 1 (E1). On the other hand, the wavenumber-2 Kelvin waves (E2) are also an important part of Kelvin wave activities although their amplitude less than the E1. In this study, we analyzed the long-term European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) reanalysis data and reported the morphology of E1 and E2 Kelvin waves in the stratospheric altitudes individually. The temperature from ECMWF reanalysis was used to extract the wave properties. Temperatures between latitudes of 10S and 10N were firstly gridded into the structure of day-altitude-longitude, and then subtract background (longitudinal means) to get equatorial temperature fluctuations. For each altitude, the two-dimensional fast Fourier transform was applied to each 96-day data segment and stepped forward in time by 1 day. The output spectra were then analyzed to get primary wave periods and amplitude variations. From spectra, the E1 amplitude is 1.5 to 2.0 times larger than the E2 in average. The E1 primary periods are 12 to 25 days and are restricted under the 20-km altitude. The periods of 8 to 14 days are the secondary group. They can propagate upward to the 40-km altitude. Regarding the E2, the primary periods are 7 to 12 days and are also restricted under the 20-km altitude. Its secondary group is the periods of 5 to 8 days, which also can propagate upward to the 40-km altitude. Furthermore, the altitude-time-amplitude variation show that the E2 waves are influenced strictly by the QBO westerly. Finally, the cross correlation between E1 and E2 show that the E1 and E2 have high correlation at altitudes close to the tropopause, which implies they are excited simultaneously.

Keywords: Kelvin waves, QBO

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impact of strong ENSO on TEC activity disturbed by ultra-fast Kelvin waves

*Wei-Sheng Chen[1], C.J. Pan[1], Uma Das[2], Chian-Chiau Lin[3]

1. Institute of Space Science, National Central University, Taiwan, 2. Department of Physics, Indian Institute of Information Technology, Kalyani, India, 3. Environmental Research and Information Center, Chang Jung Christian University, Taiwan

Ultra-fast Kelvin waves (UFKW) are a subclass of Kelvin waves that they have the shortest periods (2-5 days) and thus can propagate into the ionosphere. UFKW relate to ionospheric variations have been reported, which include ionospheric minimum virtual height (h'F), F2 maximum critical frequency (foF2), total electron content (TEC), S4 scintillations, etc. In the study, we analyzed the UFKW activities using SABER (Sounding of the Atmosphere using Broadband Emission Radiometry) temperatures and GIM (Global Ionospheric Maps) TEC from 2009 to 2011 to see how UFKW influence the ionosphere. The period 2009-2011 belongs to the strong ENSO period. Previous studies have shown that Kelvin waves were highly active in this period, especially in the early of 2010. Therefore, this study can implicitly reveal how the ionosphere responds to the ENSO. The wave signatures in SABER temperatures were extracted using the fast Fourier transform (FFT). Temperatures in the geographic equatorial latitudes were gridded into the day-altitude-longitude structure and then removed background to get temperature fluctuations. The two-dimensional FFT was applied to each 96-day data segment for each altitude and stepped forward in time by one day. Regarding TEC, the Lomb-Scargle periodogram was used to extract UFKW signatures. Because TEC has a strong local time variation and constrains by the geomagnetic configuration, TEC at 16 local time and low geomagnetic latitudes were selected. The background was removed firstly from the data and then fed TEC fluctuations into the Lomb-Scargle process, which also stepped forward in time by one day. The FFT and Lomb-Scargle process both outputted spectra, which revealed UFKW activities in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) region (90-100 km) and the ionosphere (about 150-600 km). The results show that UFKW activities at two equatorial ionization anomalies (EIA) were almost identical, and both were higher than that at geomagnetic equator. Most of wave activities in the temperature field in the MLT region have corresponding activities in TEC. However, there are a lot of small amplitude activities only in TEC.

Keywords: ultra-fast Kelvin waves, ENSO, TEC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation and simulation of propagation of coseismic infrasound to the ionosphere

*Jaroslav Chum[1]

1. Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences

Vertical motion of the ground surface caused by seismic waves generates acoustic waves that propagate nearly vertically upward owing to supersonic speed of seismic waves. As the air density decreases with height, the amplitude of acoustic waves increases to conserve the energy flux up to the altitudes where the air is so rarefied that it cannot sustain the propagation and the waves start dissipating. For distances up to about 1500 km from the epicenter of the strong earthquakes (M>7), the amplitude (oscillation velocity) of infrasound waves reaches significant values in the upper atmosphere. Consequently, the nonlinear phenomena start to play an important role. Spectral content of the wave packet is changed and the energy is transferred to lower frequencies, which can cause the formation of roughly bipolar N-shaped pulse. The simulation results are compared with observation for selected examples. It is also shown that only infrasound with periods larger than about 10 s (generated by long period seismic waves) can reach the ionospheric heights, namely the F layer where it can be easily detected.

Keywords: coseismic perturbation in the ionosphere, infrasound, nonlinear propagation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar wind influence on tropical cyclones mediated by atmospheric gravity waves

*Paul Prikryl[1,2], Iurii Cherniak[3], Irina Zakharenkova[4,5], James M. Weygand[6], Bharat S. R. Kunduri[7]

1. Physics Department, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada, 2. Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada, Ottawa, ON, Canada, 3. COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA, 4. West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia, 5. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland, 6. Earth Planetary and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA, USA, 7. Bradley Dept. of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA

Solar wind coupling to the magnetosphere-ionosphere-atmosphere (MIA) system generates medium- and large-scale atmospheric gravity waves (AGWs) propagating globally from sources in the lower thermosphere at high latitudes. The AGWs propagate globally [1,2] upward and downward, are observed in the ionosphere as traveling ionospheric disturbances [3], can be ducted in lower atmosphere over long distances and reach troposphere. At the reflection point in the troposphere they can trigger moist instabilities to initiate convective bursts, with the latent heat release leading to intensification of storms [4]. In the follow-up studies [5,6,7] it was shown that explosive extratropical cyclones and rapid intensification of tropical cyclones tend to follow arrivals of solar wind high-speed streams (HSS) and/or interplanetary coronal mass ejections (ICMEs). The coupling of solar wind to MIA is most intense during the arrivals of co-rotating interaction regions (CIRs) and/or interplanetary shocks at the leading edges of HSSs and ICMEs when the amplitudes of aurorally-generated AGWs are largest. Ray tracing of AGWs in a model atmosphere show that they can reach tropical cyclones. Spiral gravity waves in typhoons were observed and simulated to propagate radially outward from the typhoon core [8]. The spectra of waves in surface pressure and surface wind measured by the Impacts of Typhoons on the Ocean in the Pacific (ITOP) buoy during the nearby passages of intense typhoons are similar to those of incoming aurorally-generated AGWs. It is suggested that the interaction of aurorally-generated gravity waves with the tropical cyclone vortex and the inner primary eyewall plays a role in the intensification process.

[1] Mayr H.G., et al., J. Geophys. Res., 89, 10929–10959, 1984.
[2] Prikryl P., et al., Ann. Geophys., 23, 401-417, 2005. doi:10.5194/angeo-23-401-2005
[3] Cherniak Iu., Zakharenkova I., Space Weather, 16, 2018. https://doi.org/10.1029/2018SW001869.
[4] Prikryl P., et al., Ann. Geophys. 27, 31–57, 2009. https://doi.org/10.5194/angeo-27-31-2009.
[5] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 149, 219–231, 2016.
[6] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 171, 94–110, 2018.
[7] Prikryl P., et al., J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 183, 36-60, https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.12.009.
[8] Nolan D.S., Zhang J.A., Geophys. Res. Lett., 44, 3924–3931, 2017. doi:10.1002/2017GL073572

Keywords: Solar wind-magnetosphere-ionosphere-atmosphere coupling, High-speed solar wind stream, Atmospheric gravity wave, Extratropical and tropical cyclones

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

VIPIR ionospheric observations in Japan

*津川 卓也[1]、前野 英生[1]、西岡 未知[1]、近藤 巧[1]、石井 守[1]
*Takuya Tsugawa[1], Hideo Maeno[1], Michi Nishioka[1], Takumi Kondo[1], Mamoru Ishii[1]

1. 情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

National Institute of Information and Communications Technology (NICT) has observed ionosphere by ionosondes more than 70 years in Japan. At present, four ionosondes at Wakkanai (Sarobetsu), Kokubunji, Yamagawa, Okinawa (Ogimi) are automatically operated and controlled from Tokyo. Major ionospheric parameters such as foF2 and foEs are scaled from the ionograms automatically on a realtime basis and scaled manually for the final values. These scaled parameters are provided through our web site (http://wdc.nict.go.jp/IONO/). In 2017, we replaced the 10C ionosondes with Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar 2 (VIPIR2) which can separate the O- and X-modes of ionospheric echoes which have improved the availability of automatic scaling of the ionogram. Our automatic scaling method has been improved using new O- and X-modes separated ionograms. As for future plans, we try to expand observation area by oblique sounding observations with VIPIRs in Japan and neighboring countries. We have also tried to detect arrival directions of ionospheric echo by using the 8ch receiving data as a interferometry. In this presentation, we will introduce current status and future plans of ionospheric observation in NICT.

キーワード：電離圏、イオノゾンデ、宇宙天気
Keywords: Ionosphere, Ionosonde, Space Weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation Results and Performance Analysis of Phase Velocity Spectral Analysis Software (M-Transform) for Airglow Imaging Data

*Septi Perwitasari[1], Takuji Nakamura[2], Masaru Kogure[2], Yoshihiro Tomikawa[2], Mitsumu K. Ejiri[2]

1. LAPAN, 2. NIPR

We have developed a user-friendly software based on *Matsuda et al.*, 2014's 3D-FFT method (M-Transform) for airglow data analysis as a function on Interactive Data Language (IDL). Input of this function is 3-D array of a time series of airglow image that have already been converted to geographical coordinate (*x*, *y*, *t*). The user can customize the wave parameters (e.g. horizontal wavelength (λ_h), wave period (τ), phase speed (*c*), image resolution in space (*dx*,*dy*) and time (*dt*)) in one-line command when executing the program, which depends on their analysis purpose. In order to exhibit this new function's performance and the characteristics/interpretation of the spectral analysis, we have run several test cases using artificial wave. The first case is artificial wave with constant speed (40 m/s) and different wave period (8, 15, 30 min) and horizontal wavelength. In second case, we applied Gaussian shape wave-packet with different FWHM (50, 100, 200 km). For the third test case, with a fixed wave packet size (100 km), we changed the wave packet duration (30, 60, 120 min). The results from the various simulations showed reasonable characteristics of the spectral analysis for different scenarios. We showed that the increase of wave period and horizontal wavelength lead to the wider spectrum with total power difference of ~10%. By changing the wave packet size, we showed that the bigger the wave packet size, the sharper and narrower the spectrum became with the total power increase 2x of the increase size of the wave packet. The result of changing the wave packet duration showed that the longer the duration of wave packet, the spectrum becomes sharper and the total power is proportional to the wave packet length. We also examined the aliasing and zero padding effect on the spectral analysis. In order to avoid the aliasing effect, it is recommended to set the period minimum to at least 2 x image interval (*dt*). More detailed analysis will be discussed during the presentation.

Keywords: Airglow, Gravity wave, Analysis software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comparisons of Co-incident Ionospheric Plasma Observations Between FORMOSAT-5/AIP and Millstone Hill Incoherent Scatter Radar

*Yi-Wun Chen[1], Chi-Kuang Chao[1]

1. Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan

Advanced Ionospheric Probe (AIP) onboard FORMOSAT-5 satellite has routinely measured ionospheric plasma parameters, like ion concentration, velocity, and temperature in a sun-synchronous circular orbit at 720 km altitude along 2230 local-time sector since November 2017. AIP has found that the satellite has a much lower potential with respective to environmental plasma from measured current-voltage curves. A comparison study shall be performed to identify possible bias on the derived AIP parameters. Co-incident observations have been scheduled with Millstone Hill incoherent scatter radar during 30 January to 1 February 2019. In this poster, preliminary comparison results will be outlined and will be used to improve accuracy of the AIP measurement in the future.

Keywords: FORMOSAT-5, AIP, ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sub-ionospheric effects of volcano eruptions using VLF/LF standard radio waves

*丸山 慶[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、野崎 憲朗[5]、山下 幸三[3]、高橋 幸弘[4]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]
*Kei Maruyama[1], Hiroyo Ohya[1], Fuminori Tsuchiya[2], Kenro Nozaki[5], Kozo Yamashita[3], Yukihiro Takahashi[4], Hiroyuki Nakata[1], Toshiaki Takano[1]

1. 千葉大学、2. 東北大学、3. 足利大学、4. 北海道大学、5. 情報通信研究機構
1. Chiba University, 2. Tohoku University, 3. Ashikaga University, 4. Hokkaido University, 5. National Institute of Information and Communications Technology

Several studies for the F-region ionosphere associated with volcano eruptions based on GPS-TEC data have been reported so far (e.g., Heki, 2006; Dautermann et al., 2009; Heki et al., 2010). These studies reported that acoustic waves excited by volcano eruptions reach up to the F-region ionosphere, and caused F-region perturbations. After eruption of the Kelud Volcano, Indonesia, in February 2014, acoustic resonance between the Earth’ s surface and lower thermosphere was reported based on TEC data and the seismic wave data (Nakashima et al., 2015). However, little studies on the D-region ionosphere associated with volcano eruptions have been reported. In this study, we investigate the D-region effects of eruptions of Sakurajima volcano (31.59N, 130.66E), Japan, at 04:11 UT on June 6, 2014, using intensity perturbation of VLF/LF transmitter signals. The VLF/LF propagation paths use in this study are JJY (JJY 60 kHz) - Tainan (TNN, Taiwan), and JJI (22.2 kHz) - TNN. Based on wavelet spectra, the perturbation of both transmitter signals had a frequency of 2-6 mHz during 04:12-04:30 UT after the eruptions (04:11 UT).We compared the perturbations with atmospheric pressure data obtained by an infrasonic meter observed by Sakurajima Volcano Research Center, Kyoto University, and seismic waves in the NIED F-net data (FUK, STM, and SBR) located close to the JJY-TNN path. The atmospheric pressure and vertical velocity of the seismic waves had the similar frequencies of 2-10 mHz during 04:12-04:47 UT. These similar frequencies suggest that the perturbations would be caused by acoustic resonance between the Earth's surface and lower thermosphere, or by acoustic and atmospheric gravity waves generated by volcanic eruptions. In the presentation, we will discuss the cause of the VLF/LF perturbations in more detail.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observations of ionospheric and mesospheric wave structures by a low-cost airglow imaging system

*細川 敬祐[1]、楠山 ななみ[1]、穂積 裕太[1]、高見 晃平[1]、斎藤 享[2]、小川 泰信[3]、石井 守[4]、大塚 雄一[5]、津川 卓也[4]
*Keisuke Hosokawa[1], Nanami Kusuyama[1], Yuta Hozumi[1], Kohei Takami[1], Susumu Saito[2], Yasunobu Ogawa[3], Mamoru Ishii[4], Yuichi Otsuka[5], Takuya Tsugawa[4]

1. 電気通信大学、2. 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所、3. 国立極地研究所、4. 情報通信研究機構、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. University of Electro-Communications, 2. ENRI, 3. NIPR, 4. NICT, 5. ISEE, Nagoya University

In the last two decades, all-sky airglow imagers with cooled CCD cameras have widely been used to observe large-scale wave structures in the F-region ionosphere, for example medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs). Such wavy features are seen in the oxygen emission at 630.0 nm from altitudes slightly below the F-region peak. Similar optical observations of OH band emission have also enabled us to visualize atmospheric gravity waves at the mesospheric height. Deploying airglow imagers in multiple places is one of the cost-effective ways to visualize the large-scale structure of these wave structures at both the F-region ionosphere and mesosphere [e.g., Kubota et al., 2001; Suzuki et al., 2013]. However, ground-based airglow imagers equipped with a cooled CCD camera is still expensive; thus, it is rather difficult to deploy such systems in a wide area and carry out a network observation. To overcome this limitation, we recently developed a low-cost airglow imaging system (Low-Cost Airglow imaging System: LCAS) which consists of a small camera (WAT-910HX), fisheye lens and optical filter. We then confirmed its capability of imaging the spatial structure of polar cap patches and plasma bubble in the 630.0 nm emission from the F-region. But, still, it is unclarified if the system is also capable of detecting the two-dimensional structure of MSTIDs. On the night of May 12, 2018, we identified a weak wavy signature in the 630.0 nm airglow images from one of our LCAS stations in Ishigaki Island, Japan. The wave structure in the 630.0 nm images was smoothly connected to the structure of MSTIDs in the GPS-TEC data, which confirmed the ability of LCAS for detecting MSTIDs. We also identified smaller scale wave structures in the 630.0 nm images, showing characteristic concentric wave fronts. We speculate that gravity waves in the mesosphere were captured in the 630.0 nm images as a contamination of the OH airglow. This is mainly because we make use of an optical filter having 10 nm FWHM, which enables us to detect several spectral peaks of OH emission near the 630.0 nm oxygen emission. We have estimated the center of the concentric wave structures by using the curvature of the wave fronts, and then confirmed that active rain fall took place in a localized area close to the estimated center of the concentric waves. This result supports our hypothesis that the OH emission containing signatures of mesospheric gravity waves were detected in the 630.0 nm images. In summary, the 630.0 nm airglow observation of LCAS is able to observe MSTIDs and mesospheric gravity waves. This will allow us to monitor such wavy structures at two different altitudes by distributing the similar system in a wide area.

キーワード：大気光、伝搬性電離圏擾乱
Keywords: Airglow, Traveling Ionospheric Disturbances

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of characteristics of ionospheric parameters, Sq index and neutral winds over Taiwan

*Yu-Jung Chuo[1]

1. Department of Information Technology, Ling Tung University

In this paper, we examine the variation of thermospheric neutral winds and solar quiet (Sq) current of the geomagnetic fields for the equatorial ionospheric anomaly area (EIA) during the solar activity period in 1999. The thermospheric neutral winds are derived from the ionospheric F_2-layer peak height, hmF_2, by using the servo model method. The variability of the amplitude ofSq fields is derived from the ground geomagnetic fields in the components H and Z, respectively. Theresults of the current system show a same diurnal variation, which that peaks / valleys in the local noon time for Sq(H) / Sq(Z) in the low latitudes, respectively.The results also indicate a weak seasonal variation that peaks appear at the local summer of the Sq currents in H and Z components, respectively. The Sq current system is associated with the change of the equatorial electrojet (EEJ). Further, the variability is probably attributed to local thermospheric winds. The study also shows that the zonal and meridional components of the neutral winds at the EIA over Taiwan area. Furthermore, the study examines the variations of Sq(H), Sq(Z), neutral winds, and ionospheric parameters foE_s, NmF_2, and hmF_2during the disturbed geophysical conditions such as geomagnetic storm and earthquake. The result shows the variationsof ionospheric Sq(H), Sq(Z) and thermospheric neutral winds are different between the seismo-ionospheric and solar-terrestrial disturbed periods, even they lead the same decreasing electron density reaction in the ionosphere at the EIA over Taiwan area.

Keywords: Sq current, ionosphere, neutral winds

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde and RO-COSMIC in magnetic Equator region in 2010

*Zheng Wang [1,2], Huixin Liu[1]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, Japan. , 2. National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, China.

Scintillations under 150 km height shown by radio occultation (RO) of COSMIC are considered to be associated with ionospheric sporadic E (Es) layer. In this paper, we make a Statistical study on daytime Es observed by ground-ionosonde at five stations in magnetic Equator region in 2010, and make a comparison with S4 index from RO-COSMIC within 6 degree of each station. The results show that: At each station the diurnal variation of foEs from ionosonde decrease a little around LT 0600 and then increase, having maximum around LT 1200, decrease around LT 1800 and then increase near LT 2000-2200; All the S4>=0.3 observations during daytime come from RO-COSMIC under 150 km height; The diurnal variation of S4 index under 150 km height from RO-COSMIC over each station has similar trend with that of foEs at the same station; S4 index over 150 km height from RO-COSMIC is only high during nighttime; For the stations at different longitudes, Es occurrences from ionosonde are positively associated with S4>=0.3 from RO-COSMIC. The comparison shows that the S4 index from RO-COSMIC could show some features of daytime Es layer in magnetic Equator region without the location limitation of ground stations.

Keywords: daytime ionospheric sporadic E, ground-ionosonde , radio occultation of COSMIC , magnetic Equator region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The statistical study of the growth rates of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances observed with GPS-TEC

*池田 孝文[1]、齊藤 昭則[1]、津川 卓也[2]、品川 裕之[2]
*Takafumi Ikeda[1], Akinori Saito[1], Takuya Tsugawa[2], Hiroyuki Shinagawa[2]

1. 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、2. 情報通信研究機構
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National Institutes of Information and Communications Technology

We think two mechanism, E-F coupling and Perkins Instability, will relate to growth for nighttime-MSTID in mid-latitude [Tsunoda and Cosgrove., 2001 ; Perkins., 1973]. Linear growth rate of perturbation intensity of Pedersen conductivity expected from E-F coupling is around 15 minutes [Yokoyama et al., 2009], which is far shorter than one expected from Perkins Instability [Fukao and Kelley, 1991 ; Miller et al., 1997 ; Shiokawa et al., 2003]. However, Es layer’ s spatial and temporal scale is less than 100km and 15min [Maeda et al., 2013 ; S.Saito et al., 2007]. They are different from MSTID’ s ones, which are 200-400 km and around 2hours [Otsuka et al., 2011]. To decide which instability is responsible for growth of nighttime MSTID, the growth rate of MSTID was observationally determined with ground-based GPS network data.

We statistically investigated the growth rate of nighttime-MSTID in Japan in 2014 observed with GPS-TEC. The growth rate of nighttime -MSTID observed was 1.0 - 6.0 $\times 10^{-4}$ s^{-1} during 1800LT-2400LT in summer.Linear growth rate of Perkins instability in summer was 1.0 - 6.0 $\times 10^{-4}$ s^{-1} during 1800LT - 2400LT, so they were less than one of the E-F coupling instability. Also,Seasonal distribution of observed growth rate before midnight was similar to that of linear growth rate.U×B derived by GAIA model was high in spring - summer and seasonal distribution of U×B was similar to that of linear growth rate. Therefore, the growth of MSTID when propagating is not determined by E-F coupling instability but Perkins instability and neutral wind.

キーワード：中規模伝搬性電離圏擾乱、GPS-TEC、電離層
Keywords: MSTID, GPS-TEC, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comparison of Gravity Wave Activity in the Mesosphere Observed by OH Airglow Imagers and MF Radars over the Antarctic (Syowa & Davis).

*木暮 優[1]、中村 卓司[1,2]、冨川 喜弘[1,2]、江尻 省[1,2]、西山 尚典[2,1]、堤 雅基[1,2]、Michael Taylor[3]、Yucheng Zhao[3]、P.-Dominique Pautet[3]、Damian Murphy[4]
*Masaru Kogure[1], Takuji Nakamura[1,2], Yoshihiro Tomikawa[1,2], Mitsumu K. Ejiri[1,2], Takanori Nishiyama[2,1], Masaki Tsutsumi[1,2], Michael J. Taylor[3], Yucheng Zhao[3], P.-Dominique Pautet[3], Damian Murphy[4]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院複合科学研究科極域科学専攻、3. ユタ州立大学、4. オーストラリア南極局
1. National Institute of Polar Research, 2. Department of Polar Science, Sokendai, 3. Physics Department, Utah State University, 4. Australian Antarctic Division

Gravity waves transport momentum and energy from the lower atmosphere to the upper atmosphere and drive the general circulation, which significantly changes the temperature in the middle atmosphere [Fritts and Alexander, 2003]. To understand this role quantitatively will improve the modern general circulation models [Garcia et al., 2017].

The polar night jet region is known to have high gravity-wave activity. However, sources of gravity waves, their propagation, and their spectra are poorly understood because of a lack of observations. In particular, little is known about the dependence of their characteristics on their spectra (i.e., wavenumber and frequency) and on interactions among waves with several wavenumbers and frequencies [Fritts and Alexander, 2003]. To understand these, our group has observed gravity waves at different sites over the Antarctic.

Observation techniques have limitations due to the breadth of the gravity wave spectrum and the target and physical parameter sensed by the observing system [Alexander et al., 1998]. In this study an OH imager and an MF radar are used. Both instruments cover the OH layer (~87 km altitude), but both cover quite different ranges of the wave spectrum. The OH imager can observe waves with shorter ground-based periods (8-60 min) and shorter horizontal wavelengths (2-100 km) [Matsuda et al., 2017]. On the other hand, the MF radar can observe waves with the longer ground-based periods (>~30 min). It also has a preference for the waves with longer horizontal wavelength because of its observational volume.

This study derives gravity-wave perturbations, over Syowa and Davis, from the OH imager data based on Matsuda et al. [2014] and the MF radar data based on Murphy et al. [2007], respectively. In this presentation, we would like to show the gravity wave activity, over Syowa and Davis, with the shorter horizontal wavelength (i.e., observed by the OH imagers) and with the longer horizontal wavelength (i.e., observed by the MF radars). The correlation and relationship between both wave activities will be discussed. Also, we would like to discuss the local variation of that relationship.

キーワード：大気重力波、中層大気、OHイメージャ
Keywords: Gravity Wave, Middle Atmosphere, OH Imager

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:Patrick Espy(Norwegian University of Science and Technology)、Astrid Maute(National Center for Atmospheric Research, US)

Vertical coupling mechanisms throughout the whole atmosphere are critical to understanding the near Earth space environment, as well as its sensitivity to the solar, geomagnetic, and atmospheric drivers. This international session focuses on physical/chemical processes occurring in the mesosphere, thermosphere, and ionosphere (MTI). Both quiet and disturbed states in response to lower atmospheric forcing or solar forcing are important for understanding the MTI system and its coupling to other regions. We invite presentations of observations and observational concepts with ground-based and/or space-borne instruments, theoretical studies, numerical simulations, and development of data analysis systems for various kinds of temporal and spatial variations in atmosphere-ionosphere coupled system.

13:45 ~ 14:05

[PEM09-01] **Vertical Coupling from the Atmosphere to Geospace at Arrival Heights in Antarctica**
★Invited Papers

*Xinzhao Chu[1] (1.University of Colorado Boulder)

14:05 ~ 14:20

[PEM09-02] Vertical structure of terdiurnal tides in the Antarctic MLT region: 15 years observation over Syowa

*Liu Huixin[1]、堤 雅基[2]、Liu Hanli[3] (1.九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 、2.National Institute for Polar Research、3.National Center for Atmospheric Research)

14:20 ~ 14:35

[PEM09-03] **3D Investigation of gravity waves propagation by Continuous Doppler sounding**

*Jaroslav Chum[1]、Katerina Podolska[1] (1.Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences)

14:35 ~ 14:55

[PEM09-04] **Observations of MLT dynamics using meteor radars and meteor radar networks**
★Invited Papers

*Gunter Stober[1]、Vivien Matthias[2]、Sven Wilhelm[1]、Dimitry Pokhotelov[1]、Alexander Kozlovsky[3]、Evgenia Belova[4]、Johan Kero[4]、Chris Hall[5]、Masaki Tsutsumi[6] (1.Leibniz Institute of Atmospheric Physics、2.Potsdam Institute for Climate Impact Research, Earth System Analysis - Research Domain 1, Potsdam, Germany、3.Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, FIN-99600, Finland、4.Swedish Institute of Space Physics, Box 812, 98128 Kiruna, Sweden、5.Tromsø Geophysical Observatory UiT-the Arctic University of Norway, Tromsø, Norway、6.National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan)

14:55 ~ 15:15

[PEM09-05] Ionospheric Variability Associated with the Quasi-6-day Planetary Wave
★Invited Papers

*山崎 洋介[1] (1.ドイツ地球科学研究センター)

Vertical Coupling from the Atmosphere to Geospace at Arrival Heights in Antarctica

*Xinzhao Chu[1]

1. University of Colorado Boulder

The observational campaign with Fe Boltzmann and Na Doppler lidars has entered its 9th year at Arrival Heights near McMurdo (77.8S, 166.7E), Antarctica. The unique datasets have opened an exceptional window for exploration in the vertical coupling from the lower atmosphere to the thermosphere, and vertical coupling among the neutral atmosphere, ionosphere, and magnetosphere. Collaborating with theoreticians and modelers, we are attempting to establish a vertical picture of gravity waves in Antarctica from near the surface to the thermosphere, and a key concept is the secondary gravity wave generation initially hypothesized by Dr. Sharon Vadas. Combining observations with numerical modeling, we are also trying to understand how metal layers with cosmic dust origins are formed high in the thermosphere and ionosphere F-region via a complex atmosphere-ionosphere-magnetosphere (AIM) coupling and even correlating with solar wind activity. In this paper we will report a few studies that may be intriguing for advancing the understandings of vertical coupling from the atmosphere to the geospace at Arrival Heights that is a gravity-wave hotspot and by the edge of polar cap and auroral zone.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Vertical structure of terdiurnal tides in the Antarctic MLT region: 15 years observation over Syowa

Vertical structure of terdiurnal tides in the Antarctic MLT region: 15 years observation over Syowa

*Liu Huixin[1]、堤 雅基[2]、Liu Hanli[3]
*Huixin Liu[1], Masaki Tsutsumi[2], Hanli Liu[3]

1. 九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 、2. National Institute for Polar Research、3. National Center for Atmospheric Research
1. Earth and Planetary Science Division, Kyushu University, Japan, 2. National Institute for Polar Research, Japan, 3. National Center for Atmospheric Research, US

The terdiurnal tide (TDT) in the Antarctica mesosphere and lower thermosphere (MLT) region is poorly known. In this study, we examine its characteristics using long-term neutral wind observations at Syowa (69S, 39E) between January 2004 and July 2018. The analysis reveals TDT being a significant tidal component in the Antarctica with distinct vertical structures and seasonal evolution. (1) It shows a prominent height-dependent seasonal variation, being in opposite phase above and below 94 km altitude, with peak amplitude in June –July at altitudes below 94 km, but in November –December above it. (2) The zonal wind component is 90 phase shifted from the meridional, with its amplitude of comparable or larger values than the meridional in all seasons except for November –December. (3) The vertical wavelength is shortest (50 –65 km) in local summer (Nov.–Jan.) and longes (80 –110 km) in local winter (Jun.–Aug.). Most of these features differ from those reported in the Arctic, indicating hemispheric asymmetry. Furthermore, the phase structure reveals a dominant upward propagating mode in local summer, but superposition of more than one mode in other seasons. Especially in local winter, a downward propagating mode above 95 km suggests Joule heating/ion drag as likely tidal sources from above, in addition to those from lower atmosphere. The nearly 15 years Syowa observations provide new constrains and benchmark for model simulations that seek to understan terdiurnal tidal forcing mechanisms in polar regions.

キーワード：Terdiurnal tide、Antarctica、vertical coupling
Keywords: Terdiurnal tide, Antarctica, vertical coupling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

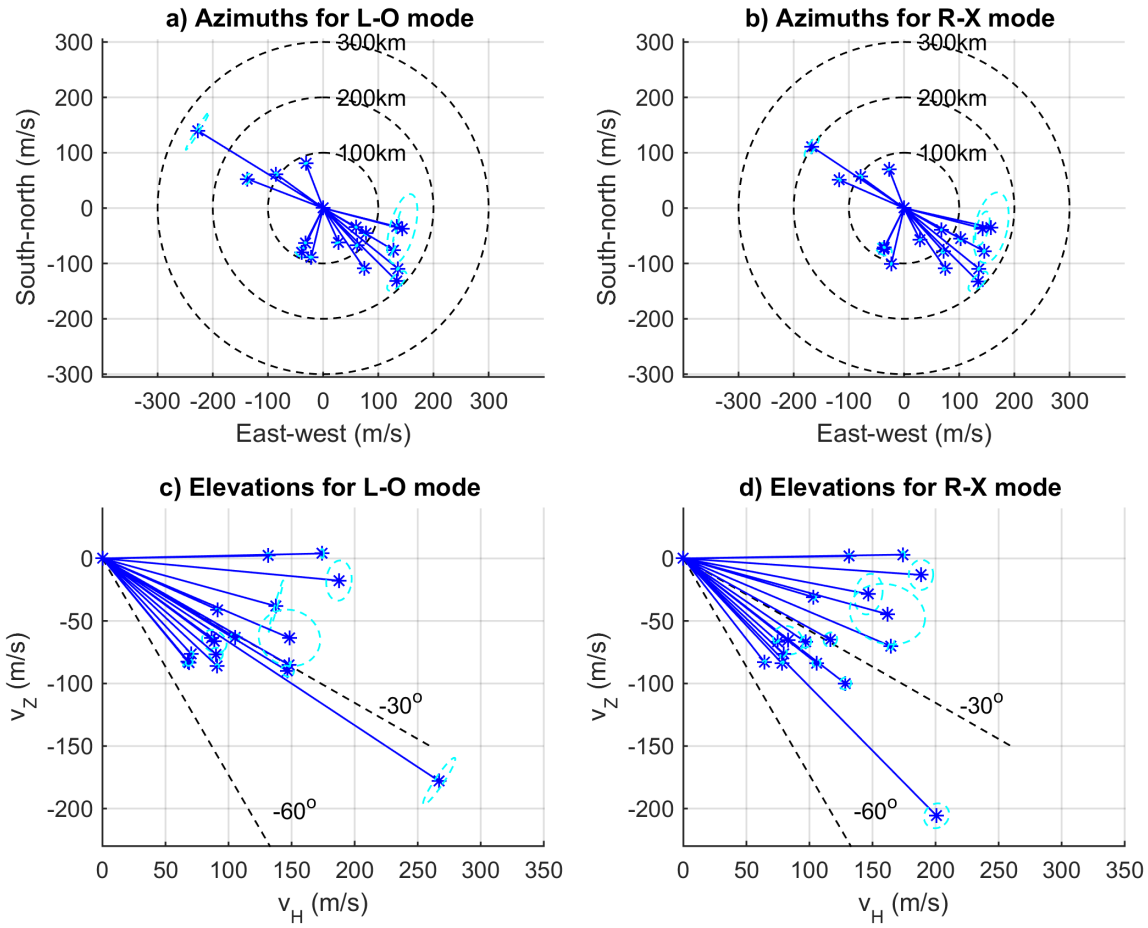
3D Investigation of gravity waves propagation by Continuous Doppler sounding

*Jaroslav Chum[1], Katerina Podolska[1]

1. Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences

Multi-point continuous Doppler sounding is a useful tool to investigate short-time fluctuations in the ionosphere. We present analysis of GW propagation in the upper atmosphere and ionosphere in 3D. It is based on multi-point continuous Doppler sounding at three different frequencies; sounding radio waves of various frequencies reflect at different altitudes. The advantage of this analysis is information about the GW propagation in 3D and about the attenuation of wave power with height. The disadvantage is a relatively small number of events that can be analyzed as critical frequency of the ionosphere foF2 has to be larger than the highest sounding frequency and also significant cross-correlation between signals reflecting at different altitudes is necessary.

Keywords: atmospheric internal gravity waves, ionosphere , Doppler sounding, 3D analysis, Attenuation



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observations of MLT dynamics using meteor radars and meteor radar networks

*Gunter Stober[1], Vivien Matthias[2], Sven Wilhelm[1], Dimitry Pokhotelov[1], Alexander Kozlovsky[3], Evgenia Belova[4], Johan Kero[4], Chris Hall[5], Masaki Tsutsumi[6]

1. Leibniz Institute of Atmospheric Physics, 2. Potsdam Institute for Climate Impact Research, Earth System Analysis - Research Domain 1, Potsdam, Germany, 3. Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, FIN-99600, Finland, 4. Swedish Institute of Space Physics, Box 812, 98128 Kiruna, Sweden, 5. Tromsø Geophysical Observatory UiT-the Arctic University of Norway, Tromsø, Norway, 6. National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan

The winter 2015/16 was characterized by an unusually strong polar vortex with values up to 2 standard deviations guiding the mid-latitude planetary waves into the subtropical mesosphere. This exceptionally strong wave activity in the subtropical mesosphere led to a regionally reversed meridional temperature gradient resulting in a zonal wind reversal between 70 and 80 km at polar latitudes due to the thermal wind relation. This regional wind reversal changes the propagation conditions for waves propagating upward from the mesosphere into the thermosphere/ionosphere. The variability of the thermosphere/ionosphere is influenced by forcing from below and thus by gravity waves and atmospheric tides propagating upward from the mesosphere into the thermosphere.
To investigate the change in propagation characteristics of gravity waves and tides in the upper mesosphere/ lower thermosphere (MLT) during this unusual zonal wind reversal in winter 2015/16 we use data from a meteor radar network in Scandinavia. With this network we are able to apply tomographic wind field analysis obtaining horizontally resolved wind fields and horizontal wavelength spectra. Further, we are able to assess the spatial and temporal day-to-day variability of tides.

Keywords: meteor radar, horizontally resolved winds, planetary waves, atmospheric tides and gravity waves, vertical coupling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ionospheric Variability Associated with the Quasi-6-day Planetary Wave

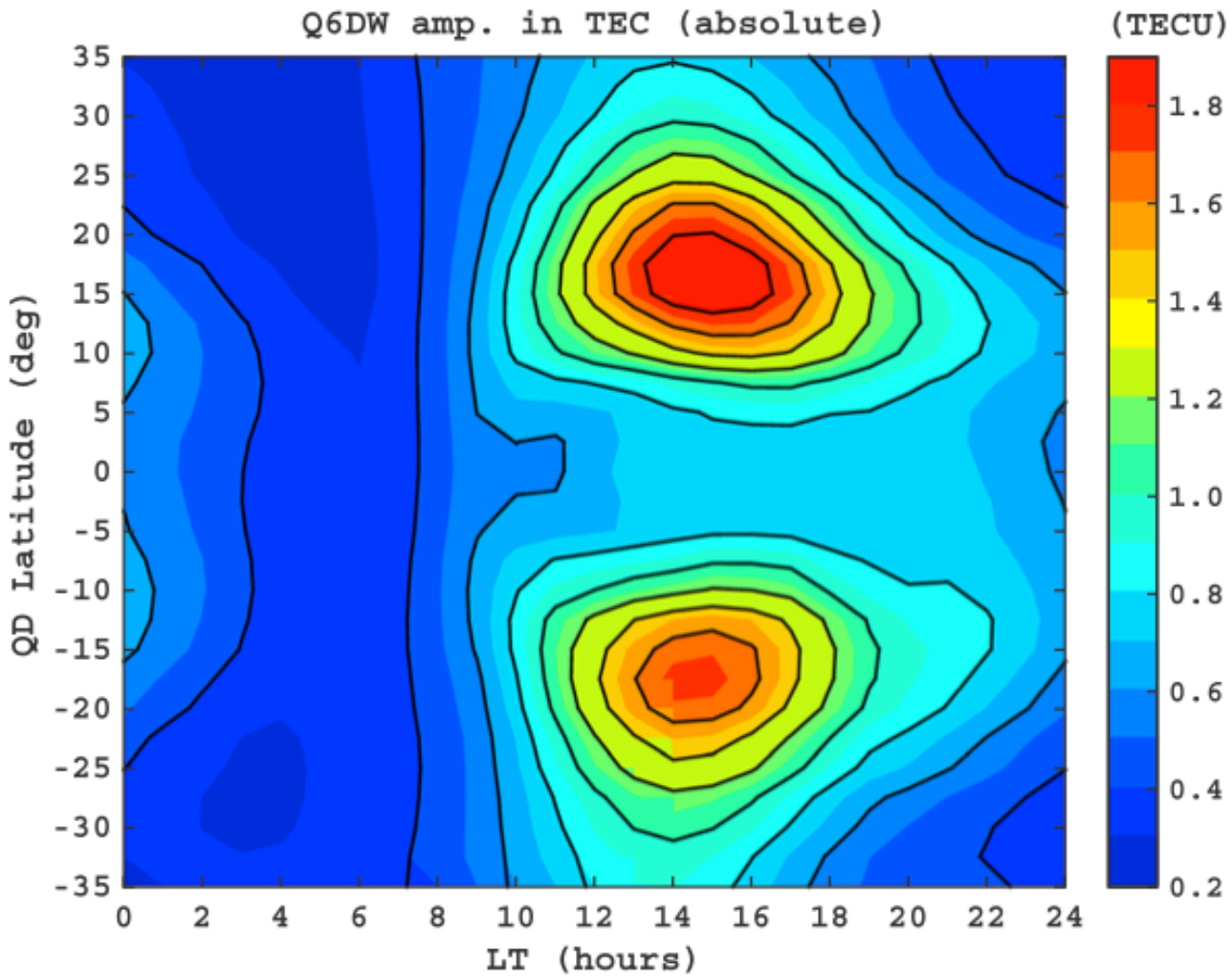
*山崎 洋介[1]
*Yosuke Yamazaki[1]

1. ドイツ地球科学研究センター
1. GFZ German Research Centre for Geosciences

The state of the ionosphere varies from day to day. This is partly due to atmospheric waves that propagate to the upper atmosphere from below. The present study investigates the ionospheric variability associated with the quasi-6-day wave (Q6DW), which is a westward-traveling planetary wave with zonal wave number s=1 and period around t=6d. First, the Q6DW effect on the equatorial ionospheric electric field is examined using the equatorial electrojet measurements from CHAMP and Swarm satellites, as well as ground-based magnetometer and radar observations. Case studies are presented where westward-propagating disturbances with s=1 and t~6d are observed in the daytime equatorial ionospheric electric field. Geopotential height measurements from the Aura satellite confirm the presence of the Q6DW in the lower thermosphere during those events. Next, the impact of the Q6DW on the equatorial ionization anomaly (EIA) is assessed using global maps of total electron content (TEC) from Global Positioning System data. It is shown that the amplitude of the Q6DW in TEC is largest at the EIA crest latitudes and its intra-annual variability closely follows the Q6DW variability in the lower thermosphere.

キーワード：電離圏/熱圏、準6日波、赤道域
Keywords: ionosphere/thermosphere, quasi-6-day wave, equatorial region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM09] Vertical coupling in the atmosphere and Ionosphere

コンビーナ:Liu Huixin(九州大学理学研究院地球惑星科学専攻 九州大学宙空環境研究センター)、Chang Loren(Institute of Space Science, National Central University)、大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:大塚 雄一、Yosuke Yosuke Yamazaki(GFZ Potsdam, Germany)

Vertical coupling mechanisms throughout the whole atmosphere are critical to understanding the near Earth space environment, as well as its sensitivity to the solar, geomagnetic, and atmospheric drivers. This international session focuses on physical/chemical processes occurring in the mesosphere, thermosphere, and ionosphere (MTI). Both quiet and disturbed states in response to lower atmospheric forcing or solar forcing are important for understanding the MTI system and its coupling to other regions. We invite presentations of observations and observational concepts with ground-based and/or space-borne instruments, theoretical studies, numerical simulations, and development of data analysis systems for various kinds of temporal and spatial variations in atmosphere-ionosphere coupled system.

15:30 ~ 15:50

[PEM09-06] Results of FORMOSAT-3/COSMIC to the most recent developments on FORMOSAT-7/COSMIC-2

★Invited Papers

*JANN-YENQ Liu[1] (1.Center for Astronautical Physics and Engineering; Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan)

15:50 ~ 16:05

[PEM09-07] A morphological study on the relationship between electron density fluctuations and magnetic fluctuations observed by low altitude satellites in low and middle latitudes

*家森 俊彦[1]、青山 忠司[1]、横山 佳弘[1] (1.京都大学)

16:05 ~ 16:25

[PEM09-08] Observations of the Thermosphere and Ionosphere by the NASA GOLD Mission

★Invited Papers

*Stanley C Solomon[1]、Alan G. Burns[1]、Richard W. Eastes[2]、William E. McClintock[2] (1.National Center for Atmospheric Research、2.University of Colorado)

16:25 ~ 16:40

[PEM09-09] 全球TECに見られる磁気嵐時の中低緯度域における電子密度増大の時間・空間発展

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

16:40 ~ 16:55

[PEM09-10] Tidal Forcing Effects on the Zonal Variation of Solstice Equatorial Plasma Bubbles

*Loren Chang[1]、Jude Salinas[1]、Yi-Chung Chiu[1]、Pei-yun Chiu[1]、Charles Lin[2] (1.Institute of Space Science and Engineering, Center for Astronautical Physics and Engineering, National Central University, Taiwan、2.Department of Earth Science, National Cheng Kung University, Taiwan)

16:55 ~ 17:00

Discussion

Results of FORMOSAT-3/COSMIC to the most recent developments on FORMOSAT-7/COSMIC-2

*JANN-YENQ Liu[1]

1. Center for Astronautical Physics and Engineering; Graduate Institute of Space Science, National Central University, Taiwan

The FORMOSAT-3 Project is also named Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate (COSMIC), or FORMOSAT-3/COSMIC (F3/C) for short. The project is targeted to place six micro-satellites into six different orbits with 72-deg inclination at 700~800 kilometer above the earth ground. These satellites orbit around the earth to form a low-earth-orbit constellation that conduct radio occultation (RO) by receiving signals transmitted by the 24 US GPS satellites. The satellite observation covers the entire global ionosphere, providing over 2,500 global RO sounding data (electron density and S4 scintillation profiles) per day since 15 April 2006. This for the first time allows scientists observing the 3D ionospheric electron density structure and dynamics. Simultaneous F3/C RO observations and ground-based receiver measurements of International GNSS (global navigation satellite system) Service (IGS) further initiate constructing three different models for monitoring (near real-time), nowcasting (few minutes to hours), and forecasting (few hours to days) the ionospheric weather resulted from the space weather (solar disturbances, solar winds, magnetic storms, etc.); the atmospheric severe weathers (typhoons, fronts, volcano eruptions, etc.); and the lithosphere weather (earthquakes, tsunami, etc.). The monitoring model is combining the total electron content (TEC) or the GNSS satellite signal scintillations of F3/C and ground-based IGS observations to construct an advanced GIM (global ionospheric map) to report the ionospheric bias and develop L-band scintillation models for communication, positioning, and navigation applications. The nowcast model is a global 3D ionospheric data assimilation model based on the Gauss-Markov Kalman filter with an existing background model to assimilate the TEC observations from the ground-based IGS receivers and space-based F3/C to output the global electron density for coming few minutes to hours. On the other hand, to carry out a long-term forecast, the neutral compositions in the atmosphere should be taken into consideration. Therefore, to develop a forecast model assimilating the observations of F3/C and IGS ground-based receivers into a neutral-ion coupled model. Following the F3/C, FORMOSAT-7/COSMIC (F7/C2) consists of six small-satellites with 24-deg inclination and about 500 km altitude will be launched in 2019. The developed models with F7/C2 RO by receiving signals transmitted by the GPS/GLONASS satellites and IVM (ionospheric velocity meter) plasma measurements as well as ground-based IGS GNSS data shall significantly improve the space weather monitoring/nowcast/forecast in the near future.

Keywords: ionospheric space weather, FORMOSAT-3/COSMIC, FORMOSAT-7/COSMIC, Kalman filter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A morphological study on the relationship between electron density fluctuations and magnetic fluctuations observed by low altitude satellites in low and middle latitudes

*家森 俊彦[1]、青山 忠司[1]、横山 佳弘[1]
*Toshihiko Iyemori[1], Tadashi Aoyama[1], Yoshihiro Yokoyama[1]

1. 京都大学
1. Kyoto University

Polar orbiting low-altitude satellites such as the Swarm satellites observe magnetic and electron density fluctuations in low and middle latitudes along satellite orbit. The magnetic fluctuations typically have the period about 10-30seconds along satellite orbit and they are mostly small-scale field-aligned current effects and named as 'magnetic ripples'. They are supposed to be generated in lower ionosphere by dynamo mechanism caused by neutral atmospheric waves from lower atmosphere. On the nightside, they still exist with smaller amplitude because of lower ionospheric conductivity. Plasma bubbles also exist on the nightside and they normally accompany magnetic fluctuations to keep pressure balance. If we trace down to the dynamo layer around 120km altitude from magnetic ripples and compare the electron density fluctuations, they correspond better than the correspondence on the orbit. This indicates vertical propagation of atmospheric waves which causes both magnetic ripples and electron density fluctuations. On the other hand, in well-developed plasma bubbles, plasma density fluctuation and magnetic fluctuation occur at the same location on the orbit. In this study, we present morphological relationship between the two phenomena. That is, we investigate how magnetic ripples relate to plasma bubbles.

キーワード：磁気リップル、電離層電子密度、プラズマバブル
Keywords: magnetic ripples, ionospheric electron density, plasma bubbles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observations of the Thermosphere and Ionosphere by the NASA GOLD Mission

*Stanley C Solomon[1], Alan G. Burns[1], Richard W. Eastes[2], William E. McClintock[2]

1. National Center for Atmospheric Research, 2. University of Colorado

The new Global-scale Observations of the Limb and Disk (GOLD) mission is an imaging spectrograph deployed in geostationary orbit on the SES-14 communications satellite. GOLD measures airglow emitted by the Earth in the far-ultraviolet region of the spectrum from 132 to 164 nm, notably including the 135.6 nm doublet of atomic oxygen (O), and most of the LBH bands of molecular nitrogen (N_2). During the day, the ratios of the oxygen to nitrogen emissions indicate the relative column densities of O and N_2, and temperature can be inferred from the spectral shape of the LBH bands. During the night, radiative recombination emissions by the O doublet indicate the density of the ionosphere, particularly the equatorial ionization anomalies and the structured instabilities that form within them. GOLD also measures exospheric temperatures on the limb, it infers molecular oxygen densities from stellar occultations, and it can also see northern hemisphere aurora. SES-14 was launched in January 2018, the satellite achieved geostationary orbit in, and GOLD observations commenced in October. We will give an overview of the GOLD mission and show preliminary results from its first months of operations. Despite the recent quiet conditions with low solar activity, composition images reveal daily and seasonal variations, indicative of global vertical wind patterns. The equatorial ionization anomalies are seen to be surprisingly variable and dynamic, with instabilities forming on most nights, even at solar minimum. We will compare GOLD results with global general circulation models and airglow emissions modeling, and discuss how these data could be used in assimilation models of the upper atmosphere and ionosphere.

Keywords: Thermosphere, Ionosphere, Ultraviolet Imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全球TECに見られる磁気嵐時の中低緯度域における電子密度増大の時間・空間発展

Temporal and spatial evolutions of storm enhanced density in the mid- and low-latitude regions as seen in the variation of global total electron content

*新堀 淳樹[1]、惣宇利 卓也[1]、大塚 雄一[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2]
*Atsuki Shinbori[1], Takuya Sori[1], Yuichi Otsuka[1], Takuya Tsugawa[2], Michi Nishioka[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 情報通信研究機構
1. Institute for Space-Earth Environment Research (ISEE), Nagoya University, 2. National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

The global electron density distribution in the ionosphere depends strongly on geographical latitude, longitude, and local time. The structure changes severely from the high-latitude to the equatorial regions associated with geomagnetic storms. The storm-time prominent ionospheric phenomena are tongue of ionization (TOI), storm-enhanced density (SED), and equatorial ionization anomaly (EIA). These phenomena are very dynamic because ionospheric electric fields and particle precipitation from the magnetosphere vary significantly during the development and decay of the geomagnetic storms. The generation mechanism of SED has been thought as local upward **E**x**B** drifts [e.g., Huang et al., 2005, Liu et al., 2016], westward plasma transportation from the nightside to the dayside by sub-auroral polarization stream (SAPS) [Foster et al., 2007], equatorward neutral winds [Anderson, 1976], and latitudinal expansion of the EIA [e.g., Kelley et al., 2004]. However, since such different mechanisms of the formation of SED have been proposed by many researchers, a comprehensive understanding of the cause of SED formation has not yet been done. In this study, we investigate the temporal and spatial evolutions of SED during the development and decay of geomagnetic storms using Global Navigation Satellite System (GNSS) Total Electron Content (TEC) data with high time and spatial resolutions, to identify the main mechanism responsible for SED. We also use solar wind data and geomagnetic indices to see the interplanetary condition and geomagnetic activity during geomagnetic storms. In the present analysis, we first calculate the average absolute TEC (ATEC) of 10 geomagnetically quiet days every month, referring to the list of quiet and disturbed days provided by GFZ. Next, we subtract the storm-time ATEC from the average ATEC and create global maps of the difference ATEC in geographical and geomagnetic coordinates. Several hours after the onset of the main phase of the geomagnetic storms, the enhanced TEC region with a narrow latitudinal width (5-10 degrees) appears at high latitudes (60-70 degrees in geomagnetic latitude (GMLAT)) of the afternoon sector (12-16 h, MLT: magnetic local time). The enhanced TEC region is located at a lower latitude of the equatorward wall of the midlatitude trough. As the geomagnetic storms grow, the enhanced TEC region expands to the nightside (~20 h, MLT) within a time scale of 20-30 minutes, and the region moves equatorward within several hours. After that, apart from the midlatitude enhanced TEC phenomena, another TEC enhancement takes place in the low-latitude region (15-30 degrees, GMLAT) on both sides of the dip equator. This observational fact cannot be explained by the latitudinal expansion of the EIA and westward transportation of a part of the higher latitude EIA by SAPS [Kelley et al., 2004; Foster et al., 2007]. As already proposed by Liu et al. [2016], the midlatitude enhanced TEC signature may be caused by upward **E**x**B** drifts that lift the ionosphere in the sunlit region to higher altitudes. In future study, we verify the effect of the localized **E**x**B** drifts on the formation of SED from a comparison between the global TEC and ionospheric plasma flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observed by the SuperDARN radars.

キーワード：磁気嵐、電離圏、磁気嵐時の電子密度増大、赤道異常、中緯度、対流電場
Keywords: Geomagnetic storm, Ionosphere, Storm enhanced density, Equatorial ionization anomaly, Midlatitude, Convection electric field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tidal Forcing Effects on the Zonal Variation of Solstice Equatorial Plasma Bubbles

*Loren Chang[1], Jude Salinas[1], Yi-Chung Chiu[1], Pei-yun Chiu[1], Charles Lin[2]

1. Institute of Space Science and Engineering, Center for Astronautical Physics and Engineering, National Central University, Taiwan, 2. Department of Earth Science, National Cheng Kung University, Taiwan

Equatorial plasma bubbles are elongated plasma depletions that can occur in the nighttime ionospheric F region, causing scintillation in satellite navigation and communications signals, and manifesting in ionograms as spread F. Equatorial plasma bubbles are believed to be Rayleigh-Taylor instabilities seeded by vertically propagating gravity waves. A necessary pre-condition for plasma bubble formation is believed to be a threshold vertical ion drift from the E region, which is required to produce the vertical plasma gradients conducive to such an instability. Factors affecting the zonal and seasonal variation of equatorial plasma bubbles therefore include magnetic declination, as well as the strength of the equatorial electojet, and neutral winds in the lower thermosphere controlling vertical plasma drifts via the wind dynamo. In most longitude zones, the above factors result in elevated occurrence rates of equatorial plasma bubbles during the equinoxes. The notable exception is over the central Pacific and African sectors, where equatorial plasma bubble activity maximizes during solstice. As the zonal separation of the two sectors is roughly half the Earth’ s circumference, *Tsunoda et al.* (2015) hypothesized that the solstice maxima in these two sectors could be driven by a zonal wavenumber 2 atmospheric tidal component in the mesosphere and lower thermosphere (MLT). In this study, we find that the post-sunset electron density observed by FORMOSAT-3/COSMIC during the boreal summer does indeed exhibit a wave-2 zonal distribution in both the equatorial and northern mid latitude regions. The equatorial wave-2 is consistent with results expected from elevated vertical ion drift over the Central Pacific and African sectors, while the mid- latitude wave-2 is consistent with the Mid-Summer Nighttime Anomaly. Using COSMIC, the seasonal, longitudinal, and local time variation of ionospheric tidal and stationary planetary wave (SPW) components that produce zonal wavenumber 2 disturbances when viewed in a constant local time frame is examined. Numerical experiments are also carried out using the Thermosphere Ionosphere Electrodynamics General Circulation Model (TIE-GCM) to determine the effect of the aforementioned tidal and SPW components on vertical ion drift, showing a clear wave-2 modulation of vertical ion drift when subject to forcing from wave-2 atmospheric tidal components in the mesosphere and lower thermosphere. The aforementioned results are consistent with the solstice maxima hypothesis.

Keywords: Ionosphere, Scintillation, Tides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[P-EM11] Dynamics of Magnetosphere and Ionosphere

コンビーナ:中溝 葵(情報通信研究機構　電磁波研究所)、尾崎 光紀(金沢大学理工研究域電子情報学系)、藤本 晶子(九州工業大学)、堀 智昭(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

This session provides an opportunity to present recent results from satellite and ground-based observations and theoretical and simulation studies on the magnetosphere, ionosphere, and their coupling processes. We invite talks and posters discussing various phenomena related to the magnetosphere-ionosphere system: solar wind-magnetosphere interaction, magnetosphere-ionosphere convection, field-aligned current, magnetic storms/substorms, neutral-plasma interaction, ionospheric ion inflow and outflow, aurora phenomena, and so forth. Discussions on planetary and satellite ionosphere and magnetospheres, future missions and instrument developments are also welcome.

[PEM11-P01] Effects of Inclination/Rotation of Earth's Magnetic Axis on Magnetosphere Simulated by Global MHD Model

*中溝 葵[1] (1.情報通信研究機構　電磁波研究所)

[PEM11-P02] Asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind

*Masaki N Nishino[1,2]、Yoshifumi Saito[2]、Kazuo Shiokawa[1]、Masaki Fujimoto[2] (1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、2.JAXA/ISAS)

[PEM11-P03] New perspectives on coupling processes in solar-terrestrial system obtained by comprehensive data analysis

*田中 良昌[1]、梅村 宜生[2]、阿部 修司[3]、上野 悟[4]、能勢 正仁[2]、中川 裕美[5] (1.国立極地研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター、4.京都大学大学院理学研究科附属天文台、5.茨城大学大学院理工学研究科宇宙地球システム科学専攻)

[PEM11-P04] 磁気圏電離圏対流と磁場構造の相互作用

*藤田 茂[1]、田中 高史[2]、渡辺 正和[2] (1.気象庁気象大学校/国立極地研究所、2.九州大学)

[PEM11-P05] Effects of the dipole tilt and the interplanetary magnetic field Bx component on the dawn-dusk and interhemispheric asymmetries of the interchange convection cycle

*渡辺 正和[1,2]、田中 高史[2]、藤田 茂[3,4] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.気象大学校、4.国立極地研究所)

[PEM11-P06] Transient polar ionospheric convection response to negative dynamic pressure pulse

*Jianjun Liu[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P07] アクティブ電離圏：磁力線双極子化の別の視点

*坂 翁介[1] (1.オフィス　ジオフィジク)

[PEM11-P08] Toward the automatic identification of FLR signals in the SuperDARN data by using the gradient method

*河野 英昭[1,2]、行松 彰[3,4]、西谷 望[5]、田中 良昌[3,4]、才田 聡子[6]、堀 智昭[5] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所、6.北九州工業高等専門学校)

[PEM11-P09] A statistical study of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere using Swarm magnetic field data

*Park Jaehee[1]、Khan-Hyuk Kim[1]、Junga Hwang[2] (1.School of Space Research, Kyung Hee University, Gyeonggi, South Korea、2.Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon,South Korea)

[PEM11-P10] MAGDAS9システムの10Hzデータによる，Pc1-2脈動の全球分布特性解明

*樺澤 大生[1]、吉川 顕正[1]、魚住 禎司[1]、藤本 晶子[1]、阿部 修司[1] (1.九州大学)

[PEM11-P11] 地球磁気圏尾部における磁気リコネクション境界領域の直接観測

*荒木 瑞穂[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.宇宙科学研究所)

[PEM11-P12] Flow speed dependence of ion temperature, electron temperature, and their ratio in the near-Earth magnetotail reconnection region

*渡邊 香里[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]、北村 成寿[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P13] **Examining Minimum Cyclotron Resonant Electron Energy of EMIC Waves with MMS**

*Si Liu[1] (1.Changsha University of Science and Technology)

[PEM11-P14] 磁気圏シース領域のミラー構造内の磁場極小付近での小スケールのホイッスラーモード波動

*北村 成寿[1]、天野 孝伸[1]、大村 善治[2]、中村 紗都子[2]、梅垣 千賀[1]、Boardsen Scott[3,4]、Ahmadi Narges[5]、Ergun Robert[5]、Le Contel Olivier[6]、Lindqvist Per-Arne[7]、斎藤 義文[8]、横田 勝一郎[9]、Gershman Daniel[3]、Giles Barbara[3]、Moore Thomas[3]、Paterson William[3]、Pollock Craig[10]、Russell Christopher[11]、Strangeway Robert[11]、Burch James[12] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学 生存圏研究所、3.NASAゴダード宇宙飛行センター、4.メリーランド大学、5.コロラド大学 大気宇宙物理研究所、6.フランス国立科学研究センター プラズマ物理学研究所、7.スウェーデン王立工科大学、8.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、9.大阪大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、10.デナリサイエンティフィック、11.カリフォルニア大学ロサンゼルス校 地球惑星物理学専攻、12.サウスウェスト研究所)

[PEM11-P15] Spatial characteristics of the internal modulation of pulsating aurora: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*川村 勇貴[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、江袋 叡[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院 情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報・システム研究機構)

[PEM11-P16] **Large-scale characteristics of pulsating aurora periodicities:multi-point high-speed optical observations in Scandinavia**

*江袋 叡[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3,5]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、川村 勇貴[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報•システム研究機構、5.オウル大学)

[PEM11-P17] Variations of cosmic noise absorption (CNA) by energetic electron precipitation (EEP) and changes of the auroral morphology

*宮本 太志朗[1]、大山 伸一郎[1,4,5]、小川 泰信[2]、細川 敬祐[3]、栗田 怜[1]、三好 由純[1]、片岡 龍峰[2]、宮岡 宏[2]、Raita Tero[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu、5.Ionosphere Research Unit, University of Oulu)

[PEM11-P18] Spatiotemporal characteristics on the source region of flash aurora using ray tracing analysis

*井上 智寛[1]、尾崎 光紀[1]、後藤 由貴[1]、八木谷 聡[1]、笠原 禎也[1]、塩川 和夫[2]、三好 由純[2]、片岡 龍峰[3]、海老原 祐輔[4] (1.金沢大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.京都大学)

[PEM11-P19] Molecular ion supply mechanisms from the low-altitude ionosphere to magnetosphere observed by EISCAT and Arase(ERG)

*高田 雅康[1]、関 華奈子[1]、小川 泰信[2]、桂華 邦裕[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、堀 智昭[7]、浅村 和史[6]、三好 由純[7] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立極地研究所、3.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4.東京大学、5.大阪大学・理学研究科、6.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、7.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P20] Optical and radar observation of the dynamic auroral forms

*長房 勇之介[1]、Tima Sergienko[2]、田口 聡[1]、Urban Braendstroem[2]、山内 正敏[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.スウェーデン国立宇宙物理研究所)

[PEM11-P21] Observations of MF/HF auroral radio emissions at three ground-based stations

*佐藤 由佳[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、門倉 昭[3,4]、小川 泰信[3,4]、新堀 淳樹[5] (1.日本工業大学、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P22] **Ionospheric F-region Drift Measurements Derived from DPS-4D at Zhongshan Station, Antarctic**

*Xiangcai Chen[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P23] 観測機器パッケージPARM-HEPによる脈動オーロラ現象に伴う高エネルギー降り込み電子の観測

*滑川 拓[1]、三谷 烈史[2]、浅村 和史[2]、斎藤 義文[2] (1.東京大学・理学系研究科・地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P24] 半球視野の中間エネルギー電子検出器の開発と PARM（Pulsating AuRora and Microburst）ミッションにおける飛行試験

*菅生 真[1]、川島 桜也[1]、浅村 和史[2]、野村 麗子[3]、小川 泰信[4]、細川 敬祐[5]、三好 由純[6]、三谷 烈史[2]、滑川 拓[1,2]、坂野井 健[7]、吹澤 瑞貴[7]、八木 直志[7]、笠原 慧[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台、4.国立極地研究所、5.電気通信大学大学院情報理工学研究科、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東北大学)

[PEM11-P25] オーロラ爆発の衛星画像と地上画像における相違

*家田 章正[1]、Kirsti Kauristie[2]、西村 幸敏[3]、宮下 幸長[4]、Frey Harald[5]、Juusola Liisa[2]、Whiter Daniel[6]、能勢 正仁[7]、Fillingim Matthew[5]、Honary Farideh[8]、Rogers Neil[8]、三好 由純[1]、町田 忍[1] (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2.Finnish Meteorological Institute、3.Boston University、4.韓国天文研究院、5.University of California Berkeley、6.University of Southampton、7.京都大学理学研究科、8.Lancaster University)

[PEM11-P26] Automatic Classification of Auroral images using optical flow feature

*柏木 直人[1]、藤本 晶子[1]、Tokunaga Terumasa[1]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、細川 敬祐[4] (1.九州工業大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.電気通信大学)

[PEM11-P27] Fine-scale visualization of aurora in a wide area using color digital camera images from the International Space Station

*南條 壮汰[1]、穂積 裕太[1]、細川 敬祐[1] (1.電気通信大学)

[PEM11-P28] X線衛星によるジオスペース撮像計画：GEO-X

*三好 由純[1]、江副 祐一郎[2]、笠原 慧[3]、松本 洋介[4]、石川 久美[5]、片岡 龍峰[6]、伊藤 大輝[1]、伊師 大貴[2]、沼澤 正樹[2]、山崎 敦[5]、長谷川 洋[5]、藤本 正樹[5]、満田 和久[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.首都大学東京、3.東京大学、4.千葉大学、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.国立極地研究所)

Effects of Inclination/Rotation of Earth’s Magnetic Axis on Magnetosphere Simulated by Global MHD Model

*中溝 葵[1]
*Aoi Nakamizo[1]

1. 情報通信研究機構　電磁波研究所
1. Applied Electromagnetic Research Institute, National Institute of Information and Communications Technology

Recently, we have shown that the ionospheric Hall conductance distribution, owing to the polarization field generated by its nonuniformity, largely control the magnetospheric configuration and dynamics by using a global MHD model. The effects of the ionospheric conductance on the magnetosphere were also reported by previous studies based on other global models; for example, the current-voltage relationship in the solar wind-magnetosphere-ionosphere [Fedder and Lyon, 1987] and the plasma pressure distribution in the near-Earth region [Ridley et al., 2004]. These studies indicate that the ionospheric conductance is one of the most important settings in the global models to accurately simulate the magnetosphere.

On the other hand, in the development/improvement of the global MHD model in NICT, which was originally developed by Tanaka [1994] and Tanaka et al. [2010], introducing the inclination and rotation of Earth’s magnetic axis with respect to the rotation axis has been remained as one of the most difficult problems. In other words, in the present model, the precession between the magnetic axis and the rotation axis is not included. This means that the simulated magnetosphere will show a different structure and temporal development than the actual magnetosphere.

We, for the first time, equivalently introduce the precession by rotating the background conductance distribution due to solar illumination (i.e., depending on the geographic coordinate) with respect to the geomagnetic coordinate. (Improvement of the conductance setting in the auroral region is the next challenge.) In this paper, we will show how the simulated magnetosphere is changed by this improvement, focusing on the near-Earth plasma environment.

キーワード：磁気圏電離圏結合、磁気圏MHDシミュレーション、電離圏効果
Keywords: M-I Coupling, Global MHD Simulation, Ionospheric Effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind

*Masaki N Nishino[1,2], Yoshifumi Saito[2], Kazuo Shiokawa[1], Masaki Fujimoto[2]

1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. JAXA/ISAS

The density of the solar wind around the Earth's magnetosphere sometimes decreases to only several percent of the usual value, and such density extrema results in a significant reduction of dynamic pressure and Alfvenic Mach number of the solar wind flow. While simple expansion of the Earth's magnetosphere by the low dynamic pressure was assumed in previous studies, a global-MHD simulation study predicted a remarkable dawn-dusk asymmetry of the magnetosphere in shape under low-density solar wind and Parker-spiral IMF configuration. Here we present evidence of asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind and Parker-spiral IMF conditions, based on several events of GEOTAIL observations. As predicted by the global-MHD simulation, the magnetosphere on the dawnside expands much further than the magnetopause location of simple (symmetric) expansion, while no significant expansion is detected in the dusk tail flank. Fast ion beams detected at the flank magnetopause suggest that magnetic reconnection frequently occurs due to the low-beta environment of the magnetosheath.

Keywords: Low density solar wind, Magnetosphere, Plasma transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New perspectives on coupling processes in solar-terrestrial system obtained by comprehensive data analysis

*田中 良昌[1]、梅村 宜生[2]、阿部 修司[3]、上野 悟[4]、能勢 正仁[2]、中川 裕美[5]
*Yoshimasa Tanaka[1], Norio Umemura[2], Shuji Abe[3], Satoru UeNo[4], Masahito Nose[2], Yumi Nakagawa[5]

1. 国立極地研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター、4. 京都大学大学院理学研究科附属天文台、5. 茨城大学大学院理工学研究科宇宙地球システム科学専攻
1. National Institute of Polar Research, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. International Center for Space Weather Science and Education, 4. Kwasan & Hida Observatories, School of Science, Kyoto University, 5. Ibaraki University

In the Earth’s upper atmosphere above 60 km, including magnetosphere and ionosphere, various phenomena are generated by energy inputs from solar radiation (including solar wind) and atmospheric waves propagating from the lower atmosphere. Thus, comprehensive analysis of various kinds of satellite and ground-based observational data using advanced methods is required to understand physical mechanism of the phenomena. For such interdisciplinary studies, it is important to share data distributed across many universities and institutes and use advanced tools, such as metadata database for cross-searching a variety of datasets and analysis software for analyzing various types of data in an integrated fashion. In fact, many scientific papers on the upper atmosphere have recently been obtained by comprehensive analysis of various data with such analysis tools.
We present some examples of scientific results achieved by comprehensively analyzing data from multiple regions. These examples include the effect of solar coronal holes on the Earth’s geomagnetic activity and the interaction between solar wind, magnetosphere, ionosphere and neutral atmosphere. The former study investigated long-term trends of coronal boles, solar wind parameters, and Earth’s geomagnetic indices during two solar cycles. It showed the possibility that the solar wind speed and geomagnetic activities may be controlled by the size and latitudinal distribution of coronal holes. The latter analyzed multi-instrument data simultaneously obtained from interplanetary space, magnetosphere, and ionosphere and mesosphere in both northern and southern hemispheres. They newly found that the polar mesosphere is affected by relativistic electron precipitation caused by the interaction with magnetospheric plasma waves during the high-speed solar wind stream. These studies demonstrate that sharing and comprehensive analysis of long-term, multiple-sphere, and multi-instrument data using sophisticated tools are very effective to produce scientific outcomes. At present there are data gap areas in the Asia and African regions. Therefore, we believe that filling in the data gap by international collaborations could be a breakthrough for unsolved issues in the upper atmosphere.

キーワード：超高層大気、多圏間結合、総合解析、長期観測データ
Keywords: upper atmosphere, coupling between multiple regions, comprehensive analysis, long-term observational data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏電離圏対流と磁場構造の相互作用
The interaction between the magnetosphere-ionosphere compound system and the magnetic field topology

*藤田 茂[1]、田中 高史[2]、渡辺 正和[2]
*Shigeru Fujita[1], Takashi Tanaka[2], Masakazu Watanabe[2]

1. 気象庁気象大学校/国立極地研究所、2. 九州大学
1. Meteorological College, Japan Meteorological Agency/ Nationa Institute of Polar Research, 2. Kyushu University

The steady convection in the magnetosphere-ionosphere coupling system is composed of the following self-consistent elementary processes; dynamo in the cusp-mantle region, the field-perpendicular current system in the magnetosphere, the field-aligned current system connecting the ionosphere, the ionospheric electric field, the magnetospheric convection corresponding to the ionospheric electric field, and the high plasma pressure distribution in the cusp region [Tanaka, 2007].

The energy of the convection is transported from the solar wind across the magnetopause where the magnetic field configures the null-separator structure. Since the magnetic field configuration of the null-separator structure is originally derived from the superposition of two scalar fields [Stern, 1973], say, the dipole field and the uniform field, the magnetic field of the null-separator would not have free energy necessary for plasma acceleration. However, the simulation reveals that the magnetic field has a tension force near the null point. Therefore, we need a mechanism that transports the energy to this region.

It is revealed from the simulation that the bow shock supplies the energy. Indeed, the current from the bow shock deforms the magnetic field of the null-separator structure. In addition, it is noted that the Chapman-Ferraro current also deforms the magnetic field configuration in the magnetopause. This fact indicates that the convection system in the magnetosphere contributes to deformation of the null-separator structure. That is to say, energy transport from the solar wind to the magnetosphere-ionosphere compound system is affected by the physical processes in the convection. Therefore, as a result of the interaction between the magnetosphere-ionosphere convection and the null-separator structure, the magnetosphere-ionosphere compound system can be extended to the solar wind-magnetosphere-ionosphere compound system.

References

T. Tanaka (2007), Magnetosphere-Ionosphere Convection as a Compound System, Space Sci Rev, 133, 1-72, DOI 10.1007/s11214-007-9168-4.

Stern, D. P. (1973), A study of the electric field in an open magnetospheric model, J. Geophys. Res., 78(31), 7292-7305, doi:10.1029/JA078i031p07292.

キーワード：convection、null-separartor structure
Keywords: global MHD simulation, compound system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effects of the dipole tilt and the interplanetary magnetic field Bx component on the dawn-dusk and interhemispheric asymmetries of the interchange convection cycle

*渡辺 正和[1,2]、田中 高史[2]、藤田 茂[3,4]
*Masakazu Watanabe[1,2], Takashi Tanaka[2], Shigeru Fujita[3,4]

1. 九州大学大学院理学研究院、2. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3. 気象大学校、4. 国立極地研究所
1. Graduate School of Science, Kyushu University, 2. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University, 3. Meteorological College, 4. National Institute of Polar Research

The interchange cycle is a mode of magnetic flux circulation that appears for periods of northward interplanetary magnetic field (IMF). It is made up of IMF-to-open reconnection in one hemisphere and open-to-closed reconnection in the other hemisphere. The two reconnection processes have the same topological nature in that the roles of the two reconnecting field lines interchange at the time of reconnection. The interchange cycle is characterized by reciprocation of open magnetic flux between the two hemispheres. One observable signature of the interchange cycle is an appearance of a reverse cell circulating in the closed field line region of the ionosphere, which is named the “reciprocal cell.” The reciprocal cell appears in the open-to-closed reconnection hemisphere, whereas in the opposite IMF-to-open reconnection hemisphere, there appears a lobe cell circulating exclusively on open field lines. For given (1) IMF By, (2) IMF Bx, and (3) dipole tilt conditions, two interchange cycles concur, one on the dawnside and the other on the duskside. For an ideal case, one can easily expect the mode of the interchange cycles to occur. For example, for the case of due northward IMF with significant dipole tilt, the twin reverse cells in the summer hemisphere are both lobe cells, while in the winter hemisphere the twin reverse cells are both reciprocal cells. For the general case, however, one cannot predict the mode of the interchange cycles without quantitative modeling. The purpose of this study is to examine how the presence of dipole tilt or IMF Bx alters the dawn-dusk and north-south pattern of the twin reverse cells. For this purpose, we perform numerical magnetohydrodynamic simulations using the REPPU (Reproduce Plasma Universe) code developed by T. Tanaka. In the presentation, we discuss the dipole tilt and IMF Bx effects revealed by the numerical modeling.

キーワード：電離圏対流、交換型磁力線再結合、リシプロカルセル
Keywords: ionospheric convection, interchange reconnection, reciprocal cell

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transient polar ionospheric convection response to negative dynamic pressure pulse

*Jianjun Liu[1]

1. Polar Research Institute of China

The response of the high latitude ionospheric convection to a sudden decrease in solar wind dynamic pressure provides a unique opportunity to investigate how the solar wind couples to the dayside magnetosphere and ionosphere. Here, the event shows three IMF components do not have prominent changes, but the solar wind plasma went down to near zero magnitude, which leads to very weak solar wind driving during northward IMF. However, ionospheric convection observed by SuperDARN radars showed enhanced plasma flow speed in the central polar cap region just after the negative pressure pulse arrival to the magnetosphere. Simultaneous convection map generated by SuperDARN measurement presents enlarged convection cell with obvious equatorward moving Heppner-Maynard boundary. It is noted that cross polar cap potential enhanced instantly and this enhanced feature continued almost 10 min. The distribution of total electron content (TEC) exhibited typical auroral oval signature especially on dayside ionosphere, TEC density in auroral oval showed a noticeable decrease after the arrival of the negative pressure pulse. Both ionospheric convection and TEC distribution reveal that negative pressure pulse impacts the magnetosphere-ionosphere coupling system directly and dramatically. Moreover, the TIEGCM model also showed an enhanced polar potential pattern.

Keywords: Dynamic pressure, Ionospheric convection, Auroral oval

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アクティブ電離圏：磁力線双極子化の別の視点
An active ionosphere: a new perspective of field line dipolarization

*坂 翁介[1]
*Osuke Saka[1]

1. オフィス　ジオフィジク
1. Office Geophysik

磁力線双極子化に伴い、Pi2オンセットに同期して電離圏に伝搬してきた磁気圏電場は、秒速１ｋｍを超えるプラズマドリフトを電離圏に作り出す。この速度は磁力線沿いのプラズマの流出速度を超え、電離圏にプラズマの集積を引き起こす。集積による圧縮性は、準中性を必要とする電離圏から沿磁力線電流を引き出し、Ion outflowやInverted-V加速のためのイオン音波を電離圏に励起し、そしてその非線形性によってオーロラのPoleward Expansionが発生する。この様なacoustic regimeの視点からオーロラを捉える。

キーワード：磁気圏サブストーム、オーロラサブストーム、電離圏
Keywords: Substorm, Auroral substorm, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Toward the automatic identification of FLR signals in the SuperDARN data by using the gradient method

*河野 英昭[1,2]、行松 彰[3,4]、西谷 望[5]、田中 良昌[3,4]、才田 聡子[6]、堀 智昭[5]
*Hideaki Kawano[1,2], Akira Sessai Yukimatu[3,4], Nozomu Nishitani[5], Yoshimasa Tanaka[3,4], Satoko Saita[6], Tomoaki Hori[5]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3. 国立極地研究所、4. 総合研究大学院大学、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、6. 北九州工業高等専門学校
1. Dept. Earth Planet. Sci., Kyushu Univ., 2. ICSWSE, Kyushu University, 3. National Institute of Polar Research, 4. SOKENDAI, 5. ISEE, Nagoya University, 6. Kitakyushu College

The FLR (Field Line Resonance) takes place where the frequency of an incoming wave matches the eigen-frequency of magnetospheric magnetic field lines, and excites the eigen-oscillation of the field lines. The FLR can be identified by using the unique manner of change in the amplitude and the phase of thus excited eigen-oscillation across the resonant point. That is, the amplitude is maximum at the resonant point, and the phase changes the most steeply across the resonance point. The FLR-generated eigen-oscillations can be identified in the ground magnetic field data and the ionospheric plasma velocity data. From thus identified eigen-frequency ("FLR frequency" below) one can estimate the magnetospheric plasma density along the field line which passes through the ground/ionospheric observation point.

In this study we use the SuperDARN radar data to identify FLR: For each radar beam from each SuperDARN radar, the velocity of the ionospheric plasma flow along the line of sight (VLOS) of the beam is obtained; we use the VLOS data to identify the FLR and estimate the magnetospheric plasma density. Unlike the ground magnetometer data, the SuperDARN data is two-dimensional, enabling two-dimensional estimates of the magnetospheric equatorial plasma density and magnetospheric region identification.

To achieve that, it is important to identify as many FLR events as possible. Overwrapping of non-FLR waves/perturbations hides FLR events. As a countermeasure to this problem, the so-called gradient method has been applied to the ground magnetometer data; this method cancels out the overwrapping signals by dividing the data from a magnetometer by the data from another magnetometer having an adequate latitudinal distance from the other. The division yields the amplitude ratio and the phase difference. The gradient method is effective since the FLR frequency tends to depend on the latitude more strongly than the overwrapping signals.

The gradient method is also applicable to the SuperDARN VLOS data. The field of view of each beam is divided into Range Gates (RGs below) having the same length along the beam. The identification number of the RGs increases with increasing distance from the radar. The VLOS is obtained for each RG. Thus, each RG can be regarded as a "virtual observatory."

As an initial study, we have selected an FLR event which was identified in the VLOS data of a radar (at Hankasalmi) without the use of the gradient method, selected a beam, and selected a few pairs of RGs of the beam. We then have manually applied the gradient method to the VLOS data of the above-selected RG pairs, and successfully identified the FLR. In more detail, the identification has been successful only for two paired RGs whose RG numbers differs by two. This suggest that, since the length of the RG, mapped to the meridional plane, was about 40km for this event, about 80km distance was the best (with

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the resolution of 40km) for this event. This distance reflects the resonance width, which is an important quantity reflecting the diffusion and dissipation of the FLR energy.

In order to identify as many FLR events as possible, it is also important to automatically identify the FLR events, since visual identification is time-consuming. The gradient method enables automatic identification more easily than analyses of VLOS itself, since the gradient method yields peaks in both the amplitude ratio and the phase difference. We have started making a program for automatic identification by applying the gradient method to VLOS; the version at the time of this abstract has successfully identified FLRs for all of the above-stated pairs of RGs.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A statistical study of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere using Swarm magnetic field data

*Park Jaehee[1], Khan-Hyuk Kim[1], Junga Hwang[2]

1. School of Space Research, Kyung Hee University, Gyeonggi, South Korea, 2. Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon,South Korea

The properties of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere are studied using magnetic field data acquired by the Swarm-A spacecraft in low Earth orbit (LEO) and at the low-latitude Bohyun ground station (BOH, L = 1,3) for January 2014-Jun 2015. From time intervals when Swarm-A was on the nightside (magnetic local time (MLT) = 1800-0600 hrs) and the BOH station was near midnight (MLT = 2100-0300 hrs), we identified 623 Pi2 events in the horizontal H component of the BOH data. For each event we examine the coherence between the horizontal H component on the ground and the B_x (radial) azimuthal B_y (azimuthal), or B_z (compressional) components at Swarm-A. Out of 623 events, the B_x-H high coherence (> 0.7) events are ~6%, the B_y-H high coherence events are ~4%, and the B_z-H high coherence events are ~25%. The ground-satellite high coherence events occurred when the spacecraft was located within a magnetic latitude range of ±50°. Using the ground-satellite high coherence events, we examined the latitudinal structure of the relative amplitude and phase of the ionospheric Pi2 pulsations detected at Swarm-A. Confirming previous observations at LEO, we found that the ionospheric Pi2 pulsations are characterized by symmetric odd mode standing oscillations in the north-south direction, having a node for B_x oscillation and an antinode for B_z oscillation, respectively, at the equator. This indicates that the source of ionospheric Pi2 pulsations is the plasmaspheric resonance.

Keywords: Pi2 pulsations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MAGDAS9システムの10Hzデータによる，Pc1-2脈動の全球分布特性解明

Study on the global distribution characteristics of Pc 1-2 geomagnetic pulsation with the 10Hz data of the MAGDAS system

*樺澤 大生[1]、吉川 顕正[1]、魚住 禎司[1]、藤本 晶子[1]、阿部 修司[1]
*Taisei Kabasawa[1], Akimasa Yoshikawa[1], Teiji Uozumi[1], Akiko Fujimoto[1], Shuji Abe[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

地球の磁場(地磁気)は磁気嵐やオーロラ嵐等の宇宙天気現象の影響を受け，日々刻々と変化し続けている。地磁気変動現象のうち，変動周期が約数秒～1000秒程度の周期性を持つ磁場擾乱現象は古くから知られており，地磁気脈動と総称される。地磁気脈動は，地球周辺の宇宙空間(ジオ・スペース)に生起する様々な宇宙天気現象，ジオ・スペースと大気・地球システムの結合過程を反映した結果として励起されることから，その発現・伝播メカニズムの解明は，太陽地球系物理学の主要テーマの1つでもある。地磁気脈動はその波形的特徴及びその変動周期に基づき細かく分類されており，本研究で主に扱う「Pc1脈動」及び「Pc2脈動」は地磁気脈動の中でも連続的又は規則的な波として観測され，かつ変動周期がそれぞれ0.2-5秒，5-10秒の比較的高周波な地磁気変動を指す。

高緯度領域を中心に励起されるPc1脈動は，磁気赤道面での粒子加速を引き起こすEMIC波動励起に伴い観測される地磁気脈動と理解されており，地上に到達した後，電離層F層ダクト中を伝搬することが知られているが，そのグローバルな発生・伝搬特性については明らかにされていない。Pc1脈動より高周波の磁場擾乱現象を観測するときはInduction磁力計を使用するが，現段階で中低緯度・赤道領域までをカバーするグローバルなInduction磁力計は存在しない。一方でグローバルな低周波磁気擾乱現象の観測にはFluxgate磁力計を使用することが一般的であるが，その時間精度は1秒値が通常であるため，高周波Pc1-2脈動の解析には不向きであるとされている。

九州大学が展開する，Fluxgate磁力計による地上多点磁場観測ネットワーク（MAGDAS）は，250Hzサンプリング，10Hz平均値データを取得しており，従来の研究では不十分であったPc1-2脈動現象の全球発生特性を調査することができる唯一の地磁気ネットワーク観測網である。

解析・結果

本研究ではMAGDAS磁場データ，京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料センターのDst/AE指数データを使用し，極域から赤道域までの広範囲に渡るPc1-2脈動の同時発生イベントについて，解析を行った。その結果，ストーム中のサブストーム時を中心に，高緯度から中低緯度領域で発生するPc1脈動と同時に，磁気赤道領域まで到達するPc2脈動が確認された。EMIC励起に伴うPc1−2脈動の発生特性の解明は，地上からEMICの発生をモニター可能とする宇宙天気な応用のみならず，内部磁気圏から高緯度−中低緯度−磁気赤道領域を同時にカバーする超グローバルな結合過程の解明に於いても非常に重要である。特に周期帯が5-10秒のPc2脈動に関してはF層ダクト伝搬が可能かどうかも不明であり，新しい結合メカニズムの創案も必要となるかもしれない。

本講演ではこのようなPc1-2脈動の発生特性に関する初期報告を行うとともに，その地方時分布，FM-CWレーダーやイオノゾンデのデータとの比較による電離層構造変化との関連性，PWINGによる高緯度地域でのPc1発生特性，ERG衛星(直接観測)による宙空環境でのEMIC発生特性の同時解析等,包括的なアプローチによる内部磁気圏-高緯度−中低緯度−磁気赤道領域結合過程解明の研究アプローチについても議論する予定で

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ある。

キーワード：Pc1-2脈動、EMIC波動、全球結合
Keywords: Pc1-2 pulsation, EMIC waves, global coupling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球磁気圏尾部における磁気リコネクション境界領域の直接観測
In-situ Observations of Reconnection Separatrix Regions in the near-Earth Magnetotail

*荒木 瑞穂[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]
*Mizuho Araki[1], Masahiro Hoshino[1], Kunihiro Keika[1], Yoshifumi Saito[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 宇宙科学研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Institude of Space and Astronautical Science

磁気リコネクションは磁場エネルギーをプラズマの熱エネルギー・運動エネルギーに変換する重要な物理機構である。特にPetschekリコネクションにおいてはその散逸領域に加えて、境界に形成されるスローショックにおけるプラズマの加速・加熱の影響を考慮しなければならない。磁気圏尾部遠方ではGEOTAIL衛星等を用いた直接観測によって、プラズマシート・ローブ境界層(PSBL)におけるスローショックの構造が明らかにされた(Saito et al., 1995)。これによれば磁気圏尾部遠方については、PSBL観測例のうちおよそ10%がランキン・ユゴニオ(RH)関係式を満たすMHD的スローショックであると指摘している。しかしその割合がどのような要因により決定するのか、またスローショックとみなせる領域とそうでない領域との差異(イオン・電子の加熱メカニズム、エネルギー分配)については未だ明らかではない。

本研究では、地球近傍における磁気圏尾部の磁気再結合境界領域について複数編隊衛星による直接観測を行った。具体的には、MMS衛星が磁気圏尾部を観測していた2017年6月~8月におけるburst-mode観測を行った全イベント中、PSBLまたはプラズマシート内におけるデータのうち、磁気再結合境界領域を観測していると思われるイベントを、アウトフロー領域におけるイオンフローの速度に着目して抽出した。ここでは粒子観測器FPI(Fast Plasma Investigation)、磁場観測機FGM(Fluxgate Magnetometer)を用いた。これらのイベントについてイオン・電子の温度変化、および温度比の変化について確認した。

観測されたイベントは、上流のプラズマベータによって２種類に分類できた。ベータ値が0.1以下のものと、1近くのものである。この研究ではそれぞれ”ローブリコネクション”、”プラズマシートリコネクション”と呼称する。前者では再結合する磁場がPSBLまで達し、ローブ領域の薄く冷たいプラズマが流入している。一方後者では再結合している磁場はローブまで届かず、プラズマシートの内部にインフロー領域が存在することで熱く密度の大きいプラズマが流入する。

ローブリコネクションでは、境界領域を通過したイオンは数100eVから数keVまで温度上昇する。一方、プラズマシートリコネクションではインフロー領域での温度が1keV程度であるが、やはり数keVまでの上昇を見せる。電子はイオンに比べると温度上昇は小さく、せいぜい1keV程度までである。一方でイオン対電子の温度比を見ると、どちらのリコネクションイベントについてもアウトフロー領域での温度比は5程度である。これは磁気圏の領域ごとの温度比を観測したWang et al.(2012)の、磁気圏尾部プラズマシートにおける温度比の観測結果と一致している。

これらの結果を用いて、磁気リコネクション境界領域における加熱メカニズム、エネルギー分配の問題について議論する。

キーワード：磁気リコネクション、MMS衛星、地球磁気圏尾部
Keywords: Magnetic Reconnection, MMS satellite, Earth's Magnetotail

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Flow speed dependence of ion temperature, electron temperature, and their ratio in the near-Earth magnetotail reconnection region

*渡邊 香里[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]、北村 成寿[1]
*Kaori Watanabe[1], Masahiro Hoshino[1], Kunihiro Keika[1], Yoshifumi Saito[2], Naritoshi Kitamura[1]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所
1. Univ. of Tokyo, 2. ISAS/JAXA

Plasma in the Earth's magnetotail are heated up to 1-10 keV and stored in the plasma sheet. One of the heating or acceleration mechanisms is the magnetic reconnection. Heated or accelerated plasma are transported both earthward and tailward as fast flow with a speed of several hundred kilometers per second. However, what determines the partition among ion and electron thermal energy and kinetic energy is an unresolved problem. It has been reported that ion temperature T_i, electron temperature T_e, and their ratio T_i/T_e vary spatially and depend on the conditions of fast flows [Wang et al., 2012, Runov et al., 2018] but there are few studies which focus on macroscopic profiles of them in reconnection regions in the magnetotail.
In this study, we examine the relation between flow speed and average profiles of T_i, T_e, and T_i/T_e in the magnetotail reconnection region by using data obtained from FPI and FGM on board the MMS spacecraft. We use the observations for a period from May to August 2017 and take out the data in the region of X_{GSM} < -15 Re, -10 Re < Y_{GSM}< 10 Re, and beta > 0.1. We then divide them into different groups according to flow speed normalized by alfven speed and show B_z/B_{lobe}– B_x/B_{lobe} maps of T_i, T_e, and T_i/T_e of each group. The results show that ion temperature increase with increasing flow speed while electron temperature decrease. Ion temperature are hotter around the X-point. The structure of inflow and outflow regions is pronounced in the profile of electron temperature. T_i/T_e in inflow region are greater than in outflow region, which means that ion and electron temperatures become comparable by passing through the diffusion region. The results suggest that electron get less energy when more energy is partitioned into plasma kinetic energy. We will discuss about the profiles of anisotropy of plasma temperatures to know more details about the heating mechanisms.

キーワード：温度比、フロー、MMS
Keywords: temperature ratio, flow, MMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examining Minimum Cyclotron Resonant Electron Energy of EMIC Waves with MMS

*Si Liu[1]

1. Changsha University of Science and Technology

Electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves can be in cyclotron resonance with relativistic electrons, causing relativistic electron precipitation. The four ideal Magnetospheric Multiscale (MMS) spacecraft provide great opportunity to directly calculate the wave vector ***k*** of EMIC waves by phase differencing technique and hence estimate the minimum resonant energy by the resonance condition. Deriving a simplified analytic solution, we find that the phase differencing method can still provide an estimate of the dominant wave number when a finite wave number spread or a finite frequency spread is present. Numerical calculations indicate that quasi-antiparallel propagation dominates the EMIC event on 20 November 2015, which is consistent with the FFT spectral analysis results. We also find that obtained wave vectors, roughly agreeing with the validity of cold plasma theory, might significantly vary from wave packet to wave packet. Moreover, minimum resonant electron energies gradually increase from 0.5 MeV to tens of MeV with a decreasing parallel componet of ***k***. Current results provide evidence that EMIC waves can be in resonance with the electrons of energies down to hundreds of keV. It further demonstrates that EMIC waves in a narrow frequency band can effectively interact with the relativistic electrons with a broad energy range.

Keywords: EMIC waves, minimum resonant electron energy, wave vector, phase differencing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏シース領域のミラー構造内の磁場極小付近での小スケールのホイッスラーモード波動

Small scale whistler mode waves near the magnetic field intensity minimum in the magnetosheath

*北村 成寿[1]、天野 孝伸[1]、大村 善治[2]、中村 紗都子[2]、梅垣 千賀[1]、Boardsen Scott[3,4]、Ahmadi Narges[5]、Ergun Robert[5]、Le Contel Olivier[6]、Lindqvist Per-Arne[7]、斎藤 義文[8]、横田 勝一郎[9]、Gershman Daniel[3]、Giles Barbara[3]、Moore Thomas[3]、Paterson William[3]、Pollock Craig[10]、Russell Christopher[11]、Strangeway Robert[11]、Burch James[12]
*Naritoshi Kitamura[1], Takanobu Amano[1], Yoshiharu Omura[2], Satoko Nakamura[2], Chika Umegaki[1], Scott A Boardsen[3,4], Narges Ahmadi[5], Robert E Ergun[5], Olivier Le Contel[6], Per-Arne Lindqvist[7], Yoshifumi Saito[8], Shoichiro Yokota[9], Daniel J Gershman[3], Barbara L Giles[3], Thomas E Moore[3], William R Paterson[3], Craig J Pollock[10], Christopher T Russell[11], Robert J Strangeway[11], James L Burch[12]

1. 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2. 京都大学 生存圏研究所、3. NASAゴダード宇宙飛行センター、4. メリーランド大学、5. コロラド大学 大気宇宙物理研究所、6. フランス国立科学研究センター プラズマ物理学研究所、7. スウェーデン王立工科大学、8. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、9. 大阪大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、10. デナリサイエンティフィック、11. カリフォルニア大学ロサンゼルス校 地球惑星物理学専攻、12. サウスウェスト研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. NASA Goddard Space Flight Center, 4. University of Maryland, 5. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, 6. Laboratoire de Physique des Plasmas, UMR7648 CNRS/Ecole Polytechnique/UPMC/Université Paris-Sud/Observatoire de Paris, 7. Royal Institute of Technology, 8. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 9. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 10. Denali Scientific, 11. Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles, 12. Southwest Research Institute

Wave-particle interactions are thought to play a crucial role in energy transfer in collisionless space plasmas in which the motion of charged particles is controlled by electromagnetic fields. In the terrestrial magnetosheath, intense whistler mode waves, called 'Lion roars', are often detected by spacecraft around minima of semi-periodic fluctuations of magnetic field intensity due to mirror mode structures and motion of the structures. It is expected that whistler mode waves are efficiently generated near a local minimum of magnetic field intensity due to the smallest cyclotron resonance velocity. We report the detailed characteristics of such whistler mode waves using the data obtained by the four MMS (Magnetospheric Multiscale) spacecraft. Because reversals of field-aligned component of Poynting flux around minima in mirror mode structures correspond to reversals of gradient of magnetic field intensity along the magnetic field, whistler mode events with reversals of the field-aligned component of Poynting flux are good candidates of observations of effective wave generation regions along field lines. Even in such events, phase difference and change of amplitude of whistler mode waves observed by the four spacecraft do not have a clear correlation in cases of ~40 km separation, which is much smaller than the spatial scale of magnetic field depression due to mirror mode structures and is even smaller than the local thermal ion gyro scale. This result indicates that the coherent whistler wave generation in mirror mode structures has very limited spatial scale across field lines and is probably affected by any electron scale process. A plane wave approximation can be usable only in a very small scale. Because some events in cases of ~7 km separation showed good correlation among four spacecraft, the typical scale of coherent whistler wave across field lines can be at least an order of 10 km in mirror mode structures in the terrestrial

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

magnetosheath. The whistler mode waves observed by a spacecraft in a mirror mode structure are a cluster of waves from multiple spatially small sources.

キーワード：ホイッスラーモード波動、プラズマ波動、MMS衛星、波動粒子相互作用
Keywords: Whistler mode wave, Plasma wave, MMS spacecraft, Wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial characteristics of the internal modulation of pulsating aurora: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*川村 勇貴[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、江袋 叡[1]、藤井 良一[4]
*Yuki Kawamura[1], Keisuke Hosokawa[1], Shin-ichiro Oyama[2,3], Yoshizumi Miyoshi[2], Yasunobu Ogawa[3], Satoshi Kurita[2], Satoshi Ebukuro[1], Ryoichi Fujii[4]

1. 電気通信大学大学院 情報理工学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 国立極地研究所、4. 情報・システム研究機構
1. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Organization of Information and Systems

Pulsating aurora (PsA) is a kind of diffuse aurora which almost always appears in the morning side during the recovery phase of auroral substorm. PsA typically has two characteristic temporal variations. One is so-called main pulsation whose period ranges from a few to a few tens of seconds. The other is a few Hz brightness modulation (internal modulation) which is often seen during the ON time of the main pulsation. Previous studies have suggested that the temporal variation of PsA is characterized by wave-particle interaction between whistler-mode chorus waves and high energy electrons in the magnetosphere. Especially, it has been indicated that there is one to one correspondence between the amplitude variation of chorus waves and the luminosity modulation of PsA.
Recent studies revealed the occurrence distribution of the frequency of the internal modulation. However, there have been no studies which analyzed the spatial distribution of the internal modulation.

To reveal the spatial characteristics of the internal modulation, we need to perform a frequency analysis of the internal modulation by using data from high speed optical instruments having wide spatial coverage. For this purpose, we make use of highly sensitive EMCCD cameras which have been operated in Sodankylä and Kevo in Finland, Tromsø in Norway, and Tjautjas in Sweden. In these observations, all-sky images are taken with a sampling rate of 100 Hz, which is sufficient to identify temporal variations of the internal modulation.

In the frequency analysis, we have employed all-sky images taken on March 15, 2018 (00:00 –01:30 UT) in Sodankylä, Kevo, Tromsø, and Tjautjas. We computed the average frequency of the internal modulation from each pixel of the EMCCD cameras and derived the spatial distribution of their dominant frequencies. Regardless of the latitude, each pulsating patch was fluctuating at a similar frequency. We also derived the frequency spectrum of several pulsating patches existing at different positions in the north-south direction and found that those frequency spectrums of pulsating patches have peaks at about 3 Hz. These results indicate that the frequency of the internal modulation does not depend on the magnetic latitude, and the frequency of the internal modulation is collimated on 3 Hz.
In the presentation, we discuss why the frequency of the internal modulation concentrate on 3 Hz by taking into account the time of flight of PsA electrons.

キーワード：脈動オーロラ、内部変調
Keywords: Pulsating aurora, Internal modulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Large-scale characteristics of pulsating aurora periodicities: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*江袋 叡[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3,5]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、川村 勇貴[1]、藤井 良一[4]
*Satoshi Ebukuro[1], Keisuke Hosokawa[1], Shin-ichiro Oyama[2,3,5], Yoshizumi Miyoshi[2], Yasunobu Ogawa[3], Satoshi Kurita[2], Yuki Kawamura[1], Ryoichi Fujii[4]

1. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 国立極地研究所、4. 情報•システム研究機構、5. オウル大学
1. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Organization of Information and Systems, 5. University of Oulu

It has been known that most of diffuse aurorae in the morning side are composed of luminous patches whose brightness modulates quasi-periodically. Such aurorae are termed as pulsating aurora (PsA) and have been studied extensively in the last decade. PsA patches have a scale size of a few hundreds of km and are usually observed during the late recovery phase of substorms. The entire temporal variation of PsA consists of two individual modulations: main pulsation and internal modulation. The periodicity of the main pulsation ranges from a few to a few tens of seconds and the internal modulation, showing a few Hz scintillating luminosity changes, is often embedded within the ON time of the main pulsation. Previous studies using satellites indicated one-to-one correlation between PsA and chorus wave near the equatorial plane of the magnetosphere, suggesting that ground-based observations of PsA can be used for mapping the activity of chorus in the magnetosphere in 2D fashion. In the past, the spatial characteristics of chorus wave have not visualized in detail because satellite observations only cover a single point in the magnetosphere. To overcome this limitation, we derive the spatial distribution of chorus waves by using ground-based optical observations of PsA and discuss the ambient parameters which characterize the nature of chorus.
For this purpose, we have employed data from electron multiplying charge-coupled device (EMCCD) cameras deployed at multiple sites in Scandinavia to derive the large-scale characteristics of PsA. EMCCD cameras have been operative in Kevo and Sodankyla in Finland, Tromsoe in Norway, and Tjautjas in Sweden and their temporal resolution is 100 Hz. We conducted a frequency analysis for a PsA event on March 28, 2017 (23:30 to 24:10 UT). During the event studied, there existed three different regions of PsA, regions A, B and C, showing different modulation periods. It was also found that the boundaries between these three regions were sharp. We derived the 2D frequency map by using data from all the available stations. As a result, it became clear that the higher latitude region (region C) showed faster internal modulation than the lower latitude region (region A). In addition, region B, which was sandwiched by regions A and C, did not show any internal modulations (i.e., main pulsation without internal modulation). In the presentation, we discuss why the three regions showed different modulation periods with sharp boundaries. In particular, we address what ambient conditions can control the absence of internal modulation in region B. We also derived similar frequency maps of chorus waves by tracing the PsA modulation with the Tsyganenko 04 magnetic field model, which could be used to estimate the spatial extent of chorus wave generation region.

キーワード：脈動オーロラ、コーラス波動、主脈動、内部変調
Keywords: Pulsating aurora, Chorus wave, Main pulsation, Internal modulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variations of cosmic noise absorption (CNA) by energetic electron precipitation (EEP) and changes of the auroral morphology

*宮本 太志朗[1]、大山 伸一郎[1,4,5]、小川 泰信[2]、細川 敬祐[3]、栗田 怜[1]、三好 由純[1]、片岡 龍峰[2]、宮岡 宏[2]、Raita Tero[4]
*Miyamoto Taishiro[1], Shin-ichiro Oyama[1,4,5], Yasunobu Ogawa[2], Keisuke Hosokawa[3], Satoshi Kurita[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Ryuho Kataoka[2], Hiroshi Miyaoka[2], Tero Raita[4]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 国立極地研究所、3. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、4. Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu、5. Ionosphere Research Unit, University of Oulu
1. Institute for Space-Earth Environmental Research,Nagoya University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 4. Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu, 5. Ionosphere Research Unit, University of Oulu

サブストームに関連したオーロラの形態の時間的・空間的変化は半世紀以上にわたり研究されており、比較的明るく、東西方向に伸展した形状をしたディスクリートアークや、それよりは輝度が低く、しかしかなりの広範囲に分布するディフューズオーロラなど、様々なオーロラの種類が知られている。そのなかでも、数秒から数十秒の周期で輝度が明滅する脈動オーロラや、その周辺に出現するパッチ状のオーロラはサブストームの回復相、特に、真夜中から明け方にかけて現れ、数百 keV を超える高エネルギーの電子降下を伴っていることが知られている。脈動オーロラと高エネルギー電子降下の発生メカニズムの解明は、放射線帯と地球超高層・中層大気との関係を知る上で重要なテーマでありArase衛星を始めとする衛星観測や、地上光学・電波観測による研究の結果、磁気圏のプラズマ波動と電子による波動粒子相互作用が主要因と考えられている。本研究では、地上から観測された脈動オーロラ、特にパッチ状に変化していく過程と、高エネルギー降下電子の時間・空間発展との関係に着目する。

脈動オーロラの発生の後に見られるパッチ状のオーロラへの形態変化 [e.g., Shiokawa et al., 2014] や、高エネルギー降下電子の時間発展 [e.g., Hosokawa and Ogawa, 2015] はそれぞれ先行研究がある。上述のように、脈動オーロラと高エネルギー降下電子には、生成機構の観点から強い関係があると考えられるが、パッチ構造への移行に伴い、高エネルギー降下電子が時間的、空間的にどのように変化するのか解析した研究はほとんどない。Oyama et al. [2017] では、パッチ構造の出現に合わせ、CNA (cosmic noise absorption) が増加することを示したが、２例のみの事例解析結果であった。また拠点観測データの解析結果であったため、オーロラが発生している領域の一部を切り出した解析結果であった。そこで本研究では、北欧に展開されたEMCCD (Electron Multiplying Charge Coupled Device) カメラとリオメータのネットワークを活用し、オーロラ形態と高エネルギー降下電子の時間発展と空間分布を同時にとらえる観測実験を実施した。

本研究では３イベント(2018年2月19-20日、2017年3月6-7日、3月29-30日)について、解析結果を報告する。これら全ての例で、北欧付近で２回、サブストームオンセットが発生した後、北欧が明け方付近になった頃に、再び、より西側(アイスランドやグリーンランド付近)でオンセットが発生した。特に今回着目するのは、後者のオンセットに伴うオーロラとCNAであり、オーロラはディフューズオーロラから、脈動、パッチ構造へと空間的・時間的に変化していった。このことから、遠方で起こったサブストーム活動が引き金となり、北欧上空において、これらのオーロラ形態の空間分布と時間変化が発生したと考えられる。この時のCNAは数時間かけて増減する、ゆっくりとした時間変化が特徴的であり、これは、北欧上空でサブストームオンセットが発生した時には見られない特徴である。また、緯度方向の分布はパッチ構造が見られる緯度ではCNAが増加し、見られない緯度ではCNAが一定の値を保つという特徴が確認された。発表では、これらの観測結果をもとに、オーロラ形態変化とCNAを増加させる高エネルギー降下電子の分布との間にある物理機構について考察を行う。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：電離圏、オーロラ、高エネルギー電子降下
Keywords: Ionosphere, Aurora, Energetic Electron Precipitation (EEP)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatiotemporal characteristics on the source region of flash aurora using ray tracing analysis

*井上 智寛[1]、尾崎 光紀[1]、後藤 由貴[1]、八木谷 聡[1]、笠原 禎也[1]、塩川 和夫[2]、三好 由純[2]、片岡 龍峰[3]、海老原 祐輔[4]
*Tomohiro Inoue[1], Mitsunori Ozaki[1], Yoshitaka Goto[1], Satoshi Yagitani[1], Yoshiya Kasahara[1], Kazuo Shiokawa[2], Yoshizumi Miyoshi[2], Ryuho Kataoka[3], Yusuke Ebihara[4]

1. 金沢大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 京都大学
1. Kanazawa University , 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Kyoto University

Whistler mode waves cause precipitation of high-energy electrons via wave-particle interactions in the magnetosphere. The scattered particles precipitate to the ground along the geomagnetic field line. Then, flush aurora, which is a rapid (less than 1 s) auroral phenomenon, is happened. Flash aurora is important for understanding the spatial evolution of wave-particle interaction region in the magnetosphere. We observed the mainly southward spread of flush aurora. In order to understand the spatial-time variation of wave-particle interaction region, we analyze the propagation effects of whistler mode waves near the magnetic equator region using ray tracing analysis. We calculated the ray paths of whistler mode waves (0.2 fce and 0.4 fce) near the magnetic equator (-10 to +10 degrees of geographic latitude), where fce is the electron cyclotron frequency at the magnetic equator. The initial ray paths put in the assumption of a spatial spread with the wave normal angles of tens of degrees along the magnetic field line at the magnetic equator (a point source). Then, we traced the magnetic field lines from the ray paths of whistler mode waves and estimated the precipitation area of electrons in the ionosphere using the IGRF model. The calculation results showed the precipitation area was not mainly spread southward, but evolved northward in the preliminary study.
In this presentation, we will present the spatiotemporal characteristics of flash aurora and the analysis results of ray tracing in detail.

キーワード：フラッシュオーロラ、ホイッスラーモード波動、レイトレーシング、波動粒子相互作用
Keywords: Flush aurora, Whistler mode wave, Ray tracing, Wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Molecular ion supply mechanisms from the low-altitude ionosphere to magnetosphere observed by EISCAT and Arase(ERG)

*高田 雅康[1]、関 華奈子[1]、小川 泰信[2]、桂華 邦裕[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、堀 智昭[7]、浅村 和史[6]、三好 由純[7]
*Masayoshi Takada[1], Kanako Seki[1], Yasunobu Ogawa[2], Kunihiro Keika[3], Satoshi Kasahara[4], Shoichiro Yokota[5], Tomoaki Hori[7], Kazushi Asamura[6], Yoshizumi Miyoshi[7]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 国立極地研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4. 東京大学、5. 大阪大学・理学研究科、6. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、7. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Science, Tokyo University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Tokyo University, 4. The University of Tokyo, 5. Graduate School of Science, Osaka University, 6. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 7. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Molecular ions (O_2^+/NO^+/N_2^+) in the magnetosphere have been observed during magnetic storms [Peterson et al., 1994; Klecker et al., 1986]. These molecular ions are considered to originate from the Earth’s ionosphere. It is considered that they have been transported upward by some heating processes in the ionosphere. However, due to the larger mass than atomic ions (O^+), the molecular ions usually exist only in the low-altitude ionosphere below 300 km altitude. It is hence difficult to transport these molecular ions by overcoming loss by chemical reactions to the high-altitude ionosphere where the ion upflow and outflows usually take place [Peterson et al., 1994]. Therefore, it is necessary to reveal what mechanism causes molecular ion upflow during the magnetic storms. In this study, we aim at the observational assessments of the supply processes of the molecular ions from the low-altitude ionosphere to the magnetosphere based on conjugate observations by EISCAT radar and the Arase (ERG) satellite.

The EISCAT radar and the Arase (ERG) satellite have the conjunction event during the large magnetic storm with the minimum Dst of -124 nT on September 8, 2017. During the event, the Arase satellite was located in the dusk-side inner magnetosphere and observed molecular ions in the energy range of 12-180 keV/q. The EISCAT radar simultaneously observed the ion upflow (with the upward velocity of ~50-150 m/s) from the low-altitude ionosphere (~250-400 km) together with strong ion heating (>2000 K). The convective electric field was also enhanced by a factor of 2 in the same region. We estimated each term in the equation of motion for ions. The result indicates that the ion upflow reached stable equilibrium because the upward ion and electron pressure gradients are balanced with the downward gravitational force. It is suggested that the ion upflow can take place from the low-altitude ionosphere due to strong ion pressure gradient. We also estimated the flux decrease of molecular ions due to dissociative recombination. The flux decreased to ~1 % at 350 km compared with 280 km. The estimated upflow flux of molecular ions at 350 km is $>10^{10}$ m^{-2} s^{-1} . Comparison between distribution functions observed by Arase satellite and EISCAT radar suggests that acceleration by 3 orders of magnitudes is necessary during the outflow process. These results indicate that the strong ion frictional heating during magnetic storms enabled molecular ions to be transported upward from the low-altitude ionosphere and provide a source of molecular ion outflows into the magnetosphere.

キーワード：分子イオン、EISCATレーダー、あらせ (ERG) 衛星、イオン上昇流、電離圏加熱
Keywords: Molecular ion, EISCAT radar, Arase (ERG) satellite, Ion upflow, Ionospheric heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Optical and radar observation of the dynamic auroral forms

*長房 勇之介[1]、Tima Sergienko[2]、田口 聡[1]、Urban Braendstroem[2]、山内 正敏[2]
*Yunosuke Nagafusa[1], Tima Sergienko[2], Satoshi Taguchi[1], Urban Braendstroem[2], Masatoshi Yamauchi[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. スウェーデン国立宇宙物理研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Swedish Institute of Space Physics, Kiruna

Ionosphere disturbances caused by the auroral electron precipitations are studied using auroral images taken by Auroral Large Imaging System (ALIS) and ionospheric parameters measured by EISCAT UHF radar that were conjugate with ALIS field-of-view. ALIS consists of several remote controlled stations located in northern Scandinavia, separated by approximately 50 km. Each station is equipped with a high-resolution CCD detector with 1024×1024 pixels, and a filter wheel with six positions for narrow-band interference filters. In this study we use the data obtained with the 557.7 nm filter, which show the auroral emission originated from the atomic oxygen. EISCAT UHF radar located in northern Norway near Tromsø operating in the BEATA program provides the ionospheric electron density, electron and ion temperatures, and ion velocity with the time resolution of 5 s and the spatial resolution of 1.5 km. The auroral images from the different ALIS stations were used for triangulation of the auroral forms in order to determine the aurora position in relation to the radar beam. For each auroral arc, the electron density, the electron and ion temperatures measured inside and in the vicinity of the auroral forms were analyzed with the aim of understanding the ionospheric response to the different types of auroral electron precipitations.

キーワード：オーロラ、電離層パラメータ、電子降下
Keywords: aurora, ionospheric parameters, electron precipitations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observations of MF/HF auroral radio emissions at three ground-based stations

*佐藤 由佳[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、門倉 昭[3,4]、小川 泰信[3,4]、新堀 淳樹[5]
*Yuka Sato[1], Atsushi Kumamoto[2], Yuto Katoh[2], Akira Kadokura[3,4], Yasunobu Ogawa[3,4], Atsuki Shinbori[5]

1. 日本工業大学、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 国立極地研究所、4. 総合研究大学院大学、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Nippon Institute of Technology (NIT), 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Polar Research (NIPR), 4. The Graduate University for Advanced Studies, 5. Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University

We started ground-based observations of MF/HF auroral radio emissions about 10 years ago at two stations (The Husafell Station, Iceland, September 2005; The Kjell Henriksen Observatory, Svalbard, September 2008) and found multiple unknown properties of MF/HF auroral radio emissions, e.g. polarization features [*Sato et al.*, 2008, 2015] and existence of a higher frequency component [*Sato et al.*, 2012]. To make a next siginificant step for a futher understanding of MF/HF auroral radio emissions, we installed a new dedicated instrumentation at the KAIRA (Kilpisjärvi Atmospheric Imaging Receiver Array) site in Kilpisjärvi, Finland (Latitude: 60.07 N, Longitude: 20.76 E) in the summer of 2018. It is a passive receiving system designed to realize a high-resolution spectral, interferometric and polarization measurements using 4 loop antennas and a software-defined radio (SDR) receiver. This SDR receiver can implement high-speed, flexible digital signal processing of RF signals and obtain high-resolution spectra pauselessly throughout the night in a wide frequency range up to 6 MHz. One of the main research subjects of this project is radio emission spontaneously emitted from aurora. There are long-known three types of MF/HF auroral radio emissions identified at ground level: auroral hiss, medium frequency burst (MFB), and auroral roar. Investigation into the generation of these emissions not only offers a tool of great promise for remote sensing of ionospheric plasma processes and parameters but also gives the foundation for understanding various radiation mechanisms that occur in planetary magnetospheres and plasma in space. In combination with the long-term continuous observations in Iceland and Svalbard and future EISCAT_3D experiments, observation with this new instrumentation will provide a first-time opportunity to reveal spatiotemporal variations of macro and fine structures of MF/HF auroral radio emissions associated with substorm evolution. In this presentation, we show detailed specification of this new instrumentation and some initial results.

キーワード：オーロラ、電波伝搬、波動粒子相互作用
Keywords: auroral phenomena, radio wave propagation, wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ionospheric F-region Drift Measurements Derived from DPS-4D at Zhongshan Station, Antarctic

*Xiangcai Chen[1]

1. Polar Research Institute of China

By means of high-frequency radio sounding, the ionospheric plasma drift can be measured by the Doppler frequency shift of signal. In this paper we analyze the ionospheric F-region plasma motion performed by Digisonde Portable Sounder (DPS-4D) at cusp latitude over Zhongshan Station in Antarctic. By restricting the echo arrival angle, and selecting the reflection height range at 175 –475 km, we present the variation of the F-region plasma drift measurements by setting limits on the Doppler frequency shift. Base on the 7.5 min interval Digisonde drift data from November 2011 to February 2012, we considered the variations of the plasma drift in F-region under the different geomagnetic activity (Kp) and magnetic local time, as well as it correlation with interplanetary magnetic field (IMF). The results indicate that properly restricting the Doppler frequency shift of the echo has a strong effect that contributes to the accurate and robust measurements of the ionospheric plasma drift. The mean value of horizontal drift mostly leveled off to about 600 m/s at altitude around of 230 km, while the field-aligned component of drift showed mean values of -25 m/s near pre-noon and +40 m/s during the night. These strong diurnal variations have dependence on the sign and strength of the IMF B_y and B_z components. It implies that the contraction and expansion of the polar cap with Kp and the convection in the proximity of the throat with different IMF conditions have a profound influence on the observed drift velocities.

Keywords: Digisonde DPS 4, Doppler frequency shift, remote sensing, polar ionosphere, plasma drift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

観測機器パッケージPARM-HEPによる脈動オーロラ現象に伴う高エネルギー降り込み電子の観測
PARM-HEP Observation of Precipitating High Energy Electrons over Pulsating Aurora

*滑川 拓[1]、三谷 烈史[2]、浅村 和史[2]、斎藤 義文[2]
*Taku Namekawa[1], Takefumi Mitani[2], Kazushi Asamura[2], Yoshifumi Saito[2]

1. 東京大学・理学系研究科・地球惑星科学専攻、2. 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate school of Science, The University of Tokyo, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

マイクロバーストと呼ばれる放射線帯電子が地球大気に振り込む現象は、放射線帯の高エネルギー電子の散逸に大きく関連していると考えられている。この現象は地球極域で観測される脈動オーロラと類似したメカニズムである、磁気圏電子のプラズマ波動におけるピッチ角散乱によって発生することが示唆されている。マイクロバーストと脈動オーロラの同時発生を証明することでマイクロバーストの起源を明らかにできる可能性があるが、未だ観測的な検証はなされていない。

我々は脈動オーロラと電子マイクロバースト降下の関係性を調べるため、高エネルギー電子観測器（HEP）を開発した。HEPは300keV~2MeVの高エネルギー電子一つをエネルギー分解能20 %以下、信号処理時間~5 μsで計測することができる。このエネルギー分析にはSSD（Solid State Detector）を使用している。これらの観測性能は、密封放射線源、または高エネルギー電子ビームラインを用いて実証したものである。本機器は国際学生観測ロケットRockSat-XNおよびLAMP（Loss through Auroral Microburst Pulsation）観測ロケット実験に、脈動オーロラ・マイクロバーストの同時観測を目的とする観測パッケージPARMの中心的機器として搭載される。RockSat-XNは2019年1月13日にノルウェー・アンドーヤより打ち上げられ、観測データを取得した。一方でLAMP観測実験は2019 年度冬季におけるアラスカ・ポーカーフラットからの打ち上げに向けて準備が進められている。本発表ではHEPの概要とRockSat-XNによる観測結果、さらにLAMP観測実験に向けた準備状況について述べる。

キーワード：マイクロバースト、PARM、RockSat-XN、LAMP、観測ロケット、脈動オーロラ
Keywords: Microburst, PARM, RockSat-XN, LAMP, Sounding rocket, Pulsating aurora

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

半球視野の中間エネルギー電子検出器の開発と PARM（Pulsating AuRora and Microburst）ミッションにおける飛行試験
Development of the medium-energy electron detector with hemispherical field-of-view and the flight test in the PARM (Pulsating AuRora and Microburst) mission

*菅生 真[1]、川島 桜也[1]、浅村 和史[2]、野村 麗子[3]、小川 泰信[4]、細川 敬祐[5]、三好 由純[6]、三谷 烈史[2]、滑川 拓[1,2]、坂野井 健[7]、吹澤 瑞貴[7]、八木 直志[7]、笠原 慧[1]
*Shin Sugo[1], Oya Kawashima[1], Kazushi Asamura[2], Reiko Nomura[3], Yasunobu Ogawa[4], Keisuke Hosokawa[5], Yoshizumi Miyoshi[6], Takefumi Mitani[2], Taku Namekawa[1,2], Takeshi Sakanoi[7], Mizuki Fukizawa[7], Naoshi Yagi[7], Satoshi Kasahara[1]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台、4. 国立極地研究所、5. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、7. 東北大学
1. The University of Tokyo, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. National Institute of Polar Research, 5. The University of Electro-Communications, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 7. Tohoku University

高エネルギー電子は電離圏のダイナミクスに加えて、惑星、衛星の長期的な表層環境進化に重大な影響を与える。この高エネルギー電子のフラックスは必ずしも等方的でなく、太陽系天体への影響を定量的に評価するには広い立体角をカバーする必要がある。我々は将来の惑星探査を念頭に、衛星スピンに影響しないほぼ2−piステラジアンをカバーできる中間エネルギー(20 - 100 keV)電子観測器(MED)を開発した。関連環境でこの観測器の性能を評価するために我々はNASAのRockSat-XNロケットを用いた降下電子測定を目的としたPARMミッションに参加した。本発表では2019年1月13日のフライト中に得たMEDの観測結果について報告する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーロラ爆発の衛星画像と地上画像における相違
Auroral substorm onset in satellite-based global images and ground-based all-sky images

*家田 章正[1]、Kirsti Kauristie[2]、西村 幸敏[3]、宮下 幸長[4]、Frey Harald[5]、Juusola Liisa[2]、Whiter Daniel[6]、能勢 正仁[7]、Fillingim Matthew[5]、Honary Farideh[8]、Rogers Neil[8]、三好 由純[1]、町田 忍[1]
*Akimasa Ieda[1], Kirsti Kauristie[2], Yukitoshi Nishimura[3], Yukinaga Miyashita[4], Harald U Frey[5], Liisa Juusola[2], Daniel Whiter[6], Masahito Nose[7], Matthew O Fillingim[5], Farideh Honary[8], Neil C Rogers[8], Yoshizumi Miyoshi[1], Shinobu Machida[1]

1. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2. Finnish Meteorological Institute、3. Boston University、4. 韓国天文研究院、5. University of California Berkeley、6. University of Southampton、7. 京都大学理学研究科、8. Lancaster University
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Finnish Meteorological Institute, 3. Boston university, 4. Korea Astronomy and Space Science Institute, 5. University of California Berkeley, 6. University of Southampton, 7. Graduate School of Science, Kyoto University, 8. Lancaster University

サブストーム開始時に地上と高高度衛星から同時観測されたオーロラ画像を初めて比較した。一般に、地上1点からの観測では、視野が狭いためにサブストーム開始が視野内か視野外かを断定できないことが知られている。このため、サブストーム開始時刻の同定には広視野の衛星画像が最適であると考えられてきた。一方、衛星画像は低感度であるため、同定した開始時刻は地上画像に比べて遅れる可能性がある。しかし、衛星画像でのオーロラ爆発は、サブストーム開始を示すPi2型の地磁気脈動と同時、あるいはむしろ数分前に観測されることが知られている。この間接的根拠により、衛星画像での開始時刻の低感度による遅れは、サブストームの解明において無視できるほど小さいことが暗に想定されてきた。

本研究では、Polar衛星が光学フィルタを固定した高時間分解モードのデータを使用することにより、衛星グローバル画像と地上画像を、初めて1分以内の時間分解で直接比較した。その結果、衛星画像でのサブストーム開始は、地上画像ではサブストーム開始でなく数分後のオーロラ極方向拡大と同時であることが明らかになった。これまで、衛星画像とPi2型地磁気脈動の時刻対応が良かった原因は、両者ともサブストーム開始の第2段階であるオーロラ極方向拡大に対応しているからであると考えられる。

本研究の結果に基づき、異なる観測手段を用いて同定されるサブストーム開始を統一的に整理した。関連して、サブストーム開始には時刻と段階が異なる2つの定義が使用されており、これまで混同されてきたことを明らかにした。サブストームと磁気再結合など支配メカニズムとの関係は、この2段階発達の枠組みで解明される必要がある。

キーワード：サブストーム、オーロラ爆発、オーロラ
Keywords: substorm, auroral breakup, aurora

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Original substorm onset (Akasofu 1964; 2010)

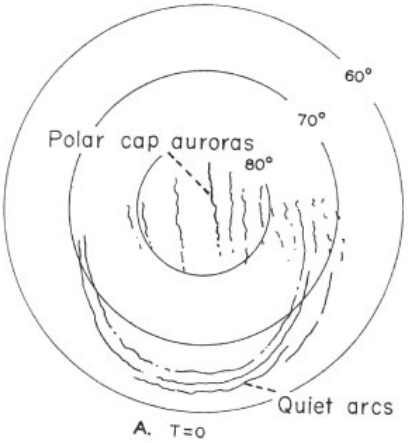


FIG. 2. THE DISTRIBUTION OF THE AURORAS DURING THE QUIET PHASE.

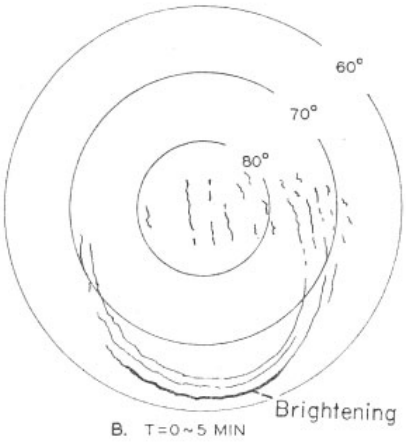


FIG. 3. AURORAS DURING THE EXPANSIVE PHASE (STAGE I).

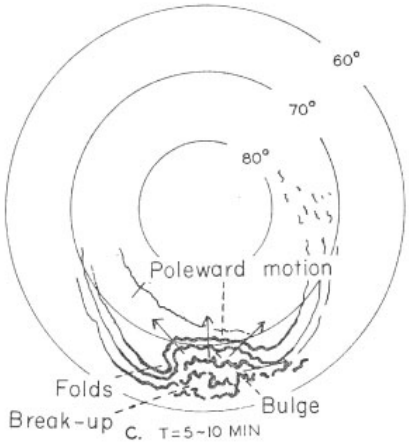


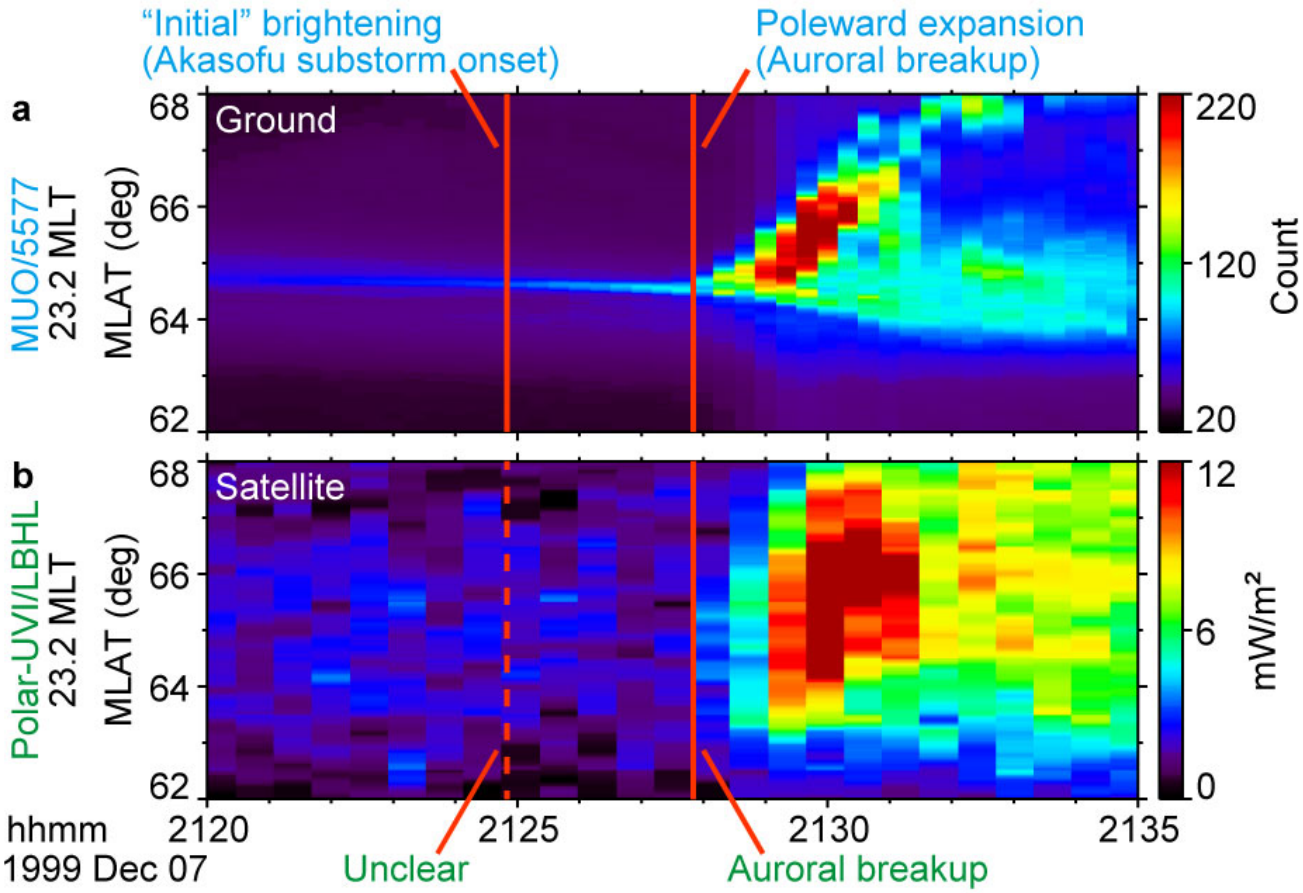
FIG. 4. AURORAS DURING THE EXPANSIVE PHASE (STAGE II).

a Time < 0
Before onset
Quiet arc

b T = 0 ~ 5 min
Expansion phase stage 1
Initial brightening
T = 0: Substorm onset

c T = 5 ~ 10 min
Expansion phase stage 2
Poleward expansion
(Auroral breakup)

Ground and satellite observations (Ieda et al. 2018: 10.1186/s40623-018-0843-3)



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automatic Classification of Auroral images using optical flow feature

*柏木 直人[1]、藤本 晶子[1]、Tokunaga Terumasa[1]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、細川 敬祐[4]
*Naoto Kashiwagi[1], Akiko Fujimoto[1], Terumasa Tokunaga[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Yasunobu Ogawa[3], Keisuke Hosokawa[4]

1. 九州工業大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 電気通信大学
1. Kyushu Institute of Technology, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. The University of Electro-Communications

The machine learning technique including the deep learning has been developed and the practical uses have increased on various field. On the study of auroral detection, the concern over the automatic image classification has risen using the approach of machine learning technique for the large statistical analysis of auroral images. The automatic auroral image classification has tried to use some techniques from computer vision, machine vision and pattern recognition. There are roughly two kinds of the selected feature: the color of image and the motion of aurora image sequences. The works based on the color feature of aurora image have been performed by Rao et al. (2014) and Tanaka et al. (2015). Rao et al. (2014) performed Support Vector Machines (SVM) classification with several local feature extraction techniques, and found that Scale Invariant Feature Transform (SIFT), OpponentSIFT, is the most effective feature for the automated classification of color aurora images. Tanaka et al. (2015) used the aurora area using the HSV model. They mentioned that it is difficult to classify the images including the diffuse aurora and cloud area. The color feature work well for the color auroral image, while the gray-scale (optically filtered) auroral images need other features on the automated classification. Blixt et al. (2006) applied the optical flow estimation to auroral image sequences. Their case study showed the useful tool for representing the motion of the aurora. In this study, we validate the optical flow estimation to extract the feature of auroral image, and automatically classify the large gray-scale auroral images using the machine learning with Convolution Neural Network (CNN). We use 63,486 gray-scale aurora images in total and use five categories for the preparation of supervised learning data, 1) aurora, 2) aurora and cloudy, 3) aurora and moon, 4) aurora, cloudy and moon, 5) noaurora. We perform the Hold-out and the Cross Validation to evaluate our classification performance. We obtained 98.58% of the classification accuracy based on Hold-out and 98.47% of the classification accuracy based on Cross Validation.

キーワード：オーロラ、オプティカルフロー、畳み込みニューラルネットワーク
Keywords: Aurora, Optical flow, Convolution Neural Network

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fine-scale visualization of aurora in a wide area using color digital camera images from the International Space Station

*南條 壮汰[1]、穂積 裕太[1]、細川 敬祐[1]
*Sota Nanjo[1], Yuta Hozumi[1], Keisuke Hosokawa[1]

1. 電気通信大学
1. The University of Electro-Communications

Various ground-based and space-based imagers have been used to observe aurora borealis and australis. So far, however, it has been difficult to observe the detailed spatial structure of auroras in a wide area with sufficient spatial and temporal resolution. Since the photographs taken from the International Space Station (ISS) have sufficient spatial and temporal resolution, it is possible to visualize the fine-scale structures of aurora in a wide area. A calibration of imaging parameters of the photographs using star lights was proposed by a previous research. The accuracy in the timestamp was not guaranteed by the method based on the star lights because the position of the star lights in the image did not change with elapsed time. Thus, it is still difficult to use the mapped data for studying fast variations of aurora, for example pulsating aurora (PsA). Therefore, in this study, we calibrated the images from the ISS using city lights which change their apparent positions with elapsed time. In order to validate the calibration method using city light positions, we mapped two PsA events in the photographs to the geographical coordinate, and compared with those from ground-based all-sky imagers in Alaska and Canada. We found that the approximate shape of discrete aurora and the temporal variation of PsA derived from the ISS images are consistent with those from the ground-based observation. The accuracy in the timestamp is less than 0.5 sec and that in space in the direction perpendicular to the line of sight of the camera is within 5 km. In the presentation, we will also address how the mapped full-color images can be used for studies of PsA in the future work.

キーワード：オーロラ、国際宇宙ステーション
Keywords: aurora, ISS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PARM: Investigation of precipitating high-energy electrons into the auroral ionosphere with sounding rockets

*浅村 和史[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、三谷 烈史[1]、滑川 拓[1,5]、坂野井 健[4]、八木 直志[4]、吹澤 瑞貴[4]、石澤 元気[4]、笠原 慧[5]、菅生 真[5]、川島 桜也[5]、野村 麗子[6]、能勢 正仁[2]、寺本 万里子[2]、小川 泰信[7]、齊藤 慎司[2]、藤井 良一[8]
*Kazushi Asamura[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Keisuke Hosokawa[3], Takefumi Mitani[1], Taku Namekawa[1,5], Takeshi Sakanoi[4], Naoshi Yagi[4], Mizuki Fukizawa[4], Genki Ishizawa[4], Satoshi Kasahara[5], Shin Sugo[5], Oya Kawashima[5], Reiko Nomura[6], Masahito Nose[2], Mariko Teramoto[2], Yasunobu Ogawa[7], Shinji Saito[2], Ryoichi Fujii[8]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 電気通信大学、4. 東北大学、5. 東京大学、6. 自然科学研究機構国立天文台、7. 情報・システム研究機構国立極地研究所、8. 情報・システム研究機構
1. ISAS / JAXA, 2. ISEE, Nagoya University, 3. The University of Electro-Communications, 4. Tohoku University, 5. The University of Tokyo, 6. NAOJ / NINS, 7. NiPR / ROIS, 8. ROIS

Bursty precipitations of high-energy electrons into the polar ionopshere have been observed by low-altitude satellite, for example, SAMPEX and FIREBIRD II. These precipitations, called microburst, may contribute to the loss of the terrestrial radiation belt through the collisional energy loss with the dense, cold atmospheric particles. Recent numerical simulations successfully reproduce these microburst precipitations with a few Hz modulations by taking into account the pitch angle scattering with the whistler chorus elements at off-equator regions in the inner magnetosphere. Therefore, one can expect that the miscroburst precipitations have properties depending on auroral activities especially the pulsating auroras. In order to investigate the mechanisms of the microburst precipitations by in-situ observations, we are developing two instrument packages: PARM (Pulsating AuRora and Microbursts; already developed) and PARM-2 (being developed), both of which are designed suitable for sounding rocket experiments. PARM consists of four sensors; HEP (high-energy electron energy spectrometer), MED (medium-energy electron detector), AIC (auroral camera), and AFG (ASIC-based fluxgate magnetometer). PARM was onboard the NASA's RockSat-XN sounding rocket, and launched from Andoya, Norway at 09:13UT, Jan 13, 2019. On the other hand, PARM-2 is under development. It consists of HEP, two AICs, and MIM (magneto-impedance magnetometer). PARM-2 is to be onboard the NASA's LAMP sounding rocket which will fly from Poker Flat, Alaska in the period between the end of 2019 and the beginning of 2020.

We will present the overview of PARM missions including the initial results of RockSat-XN/PARM with ground-based observations and preparation status of LAMP/PARM-2.

キーワード：高エネルギー電子降り込み、観測ロケット、脈動オーロラ
Keywords: electron microburst precipitation, sounding rocket, pulsating aurora

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[P-EM11] Dynamics of Magnetosphere and Ionosphere

コンビーナ:中溝 葵(情報通信研究機構　電磁波研究所)、尾崎 光紀(金沢大学理工研究域電子情報学系)、藤本 晶子(九州工業大学)、堀 智昭(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

This session provides an opportunity to present recent results from satellite and ground-based observations and theoretical and simulation studies on the magnetosphere, ionosphere, and their coupling processes. We invite talks and posters discussing various phenomena related to the magnetosphere-ionosphere system: solar wind-magnetosphere interaction, magnetosphere-ionosphere convection, field-aligned current, magnetic storms/substorms, neutral-plasma interaction, ionospheric ion inflow and outflow, aurora phenomena, and so forth. Discussions on planetary and satellite ionosphere and magnetospheres, future missions and instrument developments are also welcome.

[PEM11-P01] Effects of Inclination/Rotation of Earth's Magnetic Axis on Magnetosphere Simulated by Global MHD Model

*中溝 葵[1] (1.情報通信研究機構　電磁波研究所)

[PEM11-P02] Asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind

*Masaki N Nishino[1,2]、Yoshifumi Saito[2]、Kazuo Shiokawa[1]、Masaki Fujimoto[2] (1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、2.JAXA/ISAS)

[PEM11-P03] New perspectives on coupling processes in solar-terrestrial system obtained by comprehensive data analysis

*田中 良昌[1]、梅村 宜生[2]、阿部 修司[3]、上野 悟[4]、能勢 正仁[2]、中川 裕美[5] (1.国立極地研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター、4.京都大学大学院理学研究科附属天文台、5.茨城大学大学院理工学研究科宇宙地球システム科学専攻)

[PEM11-P04] 磁気圏電離圏対流と磁場構造の相互作用

*藤田 茂[1]、田中 高史[2]、渡辺 正和[2] (1.気象庁気象大学校/国立極地研究所、2.九州大学)

[PEM11-P05] Effects of the dipole tilt and the interplanetary magnetic field Bx component on the dawn-dusk and interhemispheric asymmetries of the interchange convection cycle

*渡辺 正和[1,2]、田中 高史[2]、藤田 茂[3,4] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.気象大学校、4.国立極地研究所)

[PEM11-P06] Transient polar ionospheric convection response to negative dynamic pressure pulse

*Jianjun Liu[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P07] アクティブ電離圏：磁力線双極子化の別の視点

*坂 翁介[1] (1.オフィス　ジオフィジク)

[PEM11-P08] Toward the automatic identification of FLR signals in the SuperDARN data by using the gradient method

*河野 英昭[1,2]、行松 彰[3,4]、西谷 望[5]、田中 良昌[3,4]、才田 聡子[6]、堀 智昭[5] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所、6.北九州工業高等専門学校)

[PEM11-P09] A statistical study of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere using Swarm magnetic field data

*Park Jaehee[1]、Khan-Hyuk Kim[1]、Junga Hwang[2] (1.School of Space Research, Kyung Hee University, Gyeonggi, South Korea、2.Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon,South Korea)

[PEM11-P10] MAGDAS9システムの10Hzデータによる，Pc1-2脈動の全球分布特性解明

*樺澤 大生[1]、吉川 顕正[1]、魚住 禎司[1]、藤本 晶子[1]、阿部 修司[1] (1.九州大学)

[PEM11-P11] 地球磁気圏尾部における磁気リコネクション境界領域の直接観測

*荒木 瑞穂[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.宇宙科学研究所)

[PEM11-P12] Flow speed dependence of ion temperature, electron temperature, and their ratio in the near-Earth magnetotail reconnection region

*渡邊 香里[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]、北村 成寿[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P13] **Examining Minimum Cyclotron Resonant Electron Energy of EMIC Waves with MMS**

*Si Liu[1] (1.Changsha University of Science and Technology)

[PEM11-P14] 磁気圏シース領域のミラー構造内の磁場極小付近での小スケールのホイッスラーモード波動

*北村 成寿[1]、天野 孝伸[1]、大村 善治[2]、中村 紗都子[2]、梅垣 千賀[1]、Boardsen Scott[3,4]、Ahmadi Narges[5]、Ergun Robert[5]、Le Contel Olivier[6]、Lindqvist Per-Arne[7]、斎藤 義文[8]、横田 勝一郎[9]、Gershman Daniel[3]、Giles Barbara[3]、Moore Thomas[3]、Paterson William[3]、Pollock Craig[10]、Russell Christopher[11]、Strangeway Robert[11]、Burch James[12] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.京都大学 生存圏研究所、3.NASAゴダード宇宙飛行センター、4.メリーランド大学、5.コロラド大学 大気宇宙物理研究所、6.フランス国立科学研究センター プラズマ物理学研究所、7.スウェーデン王立工科大学、8.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、9.大阪大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、10.デナリサイエンティフィック、11.カリフォルニア大学ロサンゼルス校 地球惑星物理学専攻、12.サウスウェスト研究所)

[PEM11-P15] Spatial characteristics of the internal modulation of pulsating aurora: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*川村 勇貴[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、江袋 叡[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院 情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報・システム研究機構)

[PEM11-P16] **Large-scale characteristics of pulsating aurora periodicities:multi-point high-speed optical observations in Scandinavia**

*江袋 叡[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3,5]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、川村 勇貴[1]、藤井 良一[4] (1.電気通信大学大学院情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.情報•システム研究機構、5.オウル大学)

[PEM11-P17] Variations of cosmic noise absorption (CNA) by energetic electron precipitation (EEP) and changes of the auroral morphology

*宮本 太志朗[1]、大山 伸一郎[1,4,5]、小川 泰信[2]、細川 敬祐[3]、栗田 怜[1]、三好 由純[1]、片岡 龍峰[2]、宮岡 宏[2]、Raita Tero[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu、5.Ionosphere Research Unit, University of Oulu)

[PEM11-P18] Spatiotemporal characteristics on the source region of flash aurora using ray tracing analysis

*井上 智寛[1]、尾崎 光紀[1]、後藤 由貴[1]、八木谷 聡[1]、笠原 禎也[1]、塩川 和夫[2]、三好 由純[2]、片岡 龍峰[3]、海老原 祐輔[4] (1.金沢大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.京都大学)

[PEM11-P19] Molecular ion supply mechanisms from the low-altitude ionosphere to magnetosphere observed by EISCAT and Arase(ERG)

*高田 雅康[1]、関 華奈子[1]、小川 泰信[2]、桂華 邦裕[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、堀 智昭[7]、浅村 和史[6]、三好 由純[7] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立極地研究所、3.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4.東京大学、5.大阪大学・理学研究科、6.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、7.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P20] Optical and radar observation of the dynamic auroral forms

*長房 勇之介[1]、Tima Sergienko[2]、田口 聡[1]、Urban Braendstroem[2]、山内 正敏[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.スウェーデン国立宇宙物理研究所)

[PEM11-P21] Observations of MF/HF auroral radio emissions at three ground-based stations

*佐藤 由佳[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、門倉 昭[3,4]、小川 泰信[3,4]、新堀 淳樹[5] (1.日本工業大学、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM11-P22] **Ionospheric F-region Drift Measurements Derived from DPS-4D at Zhongshan Station, Antarctic**

*Xiangcai Chen[1] (1.Polar Research Institute of China)

[PEM11-P23] 観測機器パッケージPARM-HEPによる脈動オーロラ現象に伴う高エネルギー降り込み電子の観測

*滑川 拓[1]、三谷 烈史[2]、浅村 和史[2]、斎藤 義文[2] (1.東京大学・理学系研究科・地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所)

[PEM11-P24] 半球視野の中間エネルギー電子検出器の開発と PARM（Pulsating AuRora and Microburst）ミッションにおける飛行試験

*菅生 真[1]、川島 桜也[1]、浅村 和史[2]、野村 麗子[3]、小川 泰信[4]、細川 敬祐[5]、三好 由純[6]、三谷 烈史[2]、滑川 拓[1,2]、坂野井 健[7]、吹澤 瑞貴[7]、八木 直志[7]、笠原 慧[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台、4.国立極地研究所、5.電気通信大学大学院情報理工学研究科、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東北大学)

[PEM11-P25] オーロラ爆発の衛星画像と地上画像における相違

*家田 章正[1]、Kirsti Kauristie[2]、西村 幸敏[3]、宮下 幸長[4]、Frey Harald[5]、Juusola Liisa[2]、Whiter Daniel[6]、能勢 正仁[7]、Fillingim Matthew[5]、Honary Farideh[8]、Rogers Neil[8]、三好 由純[1]、町田 忍[1] (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2.Finnish Meteorological Institute、3.Boston University、4.韓国天文研究院、5.University of California Berkeley、6.University of Southampton、7.京都大学理学研究科、8.Lancaster University)

[PEM11-P26] Automatic Classification of Auroral images using optical flow feature

*柏木 直人[1]、藤本 晶子[1]、Tokunaga Terumasa[1]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、細川 敬祐[4] (1.九州工業大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.電気通信大学)

[PEM11-P27] Fine-scale visualization of aurora in a wide area using color digital camera images from the International Space Station

*南條 壮汰[1]、穂積 裕太[1]、細川 敬祐[1] (1.電気通信大学)

[PEM11-P28] X線衛星によるジオスペース撮像計画：GEO-X

*三好 由純[1]、江副 祐一郎[2]、笠原 慧[3]、松本 洋介[4]、石川 久美[5]、片岡 龍峰[6]、伊藤 大輝[1]、伊師 大貴[2]、沼澤 正樹[2]、山崎 敦[5]、長谷川 洋[5]、藤本 正樹[5]、満田 和久[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.首都大学東京、3.東京大学、4.千葉大学、5.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、6.国立極地研究所)

Effects of Inclination/Rotation of Earth’s Magnetic Axis on Magnetosphere Simulated by Global MHD Model

*中溝 葵[1]
*Aoi Nakamizo[1]

1. 情報通信研究機構　電磁波研究所
1. Applied Electromagnetic Research Institute, National Institute of Information and Communications Technology

Recently, we have shown that the ionospheric Hall conductance distribution, owing to the polarization field generated by its nonuniformity, largely control the magnetospheric configuration and dynamics by using a global MHD model. The effects of the ionospheric conductance on the magnetosphere were also reported by previous studies based on other global models; for example, the current-voltage relationship in the solar wind-magnetosphere-ionosphere [Fedder and Lyon, 1987] and the plasma pressure distribution in the near-Earth region [Ridley et al., 2004]. These studies indicate that the ionospheric conductance is one of the most important settings in the global models to accurately simulate the magnetosphere.

On the other hand, in the development/improvement of the global MHD model in NICT, which was originally developed by Tanaka [1994] and Tanaka et al. [2010], introducing the inclination and rotation of Earth’s magnetic axis with respect to the rotation axis has been remained as one of the most difficult problems. In other words, in the present model, the precession between the magnetic axis and the rotation axis is not included. This means that the simulated magnetosphere will show a different structure and temporal development than the actual magnetosphere.

We, for the first time, equivalently introduce the precession by rotating the background conductance distribution due to solar illumination (i.e., depending on the geographic coordinate) with respect to the geomagnetic coordinate. (Improvement of the conductance setting in the auroral region is the next challenge.) In this paper, we will show how the simulated magnetosphere is changed by this improvement, focusing on the near-Earth plasma environment.

キーワード：磁気圏電離圏結合、磁気圏MHDシミュレーション、電離圏効果
Keywords: M-I Coupling, Global MHD Simulation, Ionospheric Effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind

*Masaki N Nishino[1,2], Yoshifumi Saito[2], Kazuo Shiokawa[1], Masaki Fujimoto[2]

1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. JAXA/ISAS

The density of the solar wind around the Earth's magnetosphere sometimes decreases to only several percent of the usual value, and such density extrema results in a significant reduction of dynamic pressure and Alfvenic Mach number of the solar wind flow. While simple expansion of the Earth's magnetosphere by the low dynamic pressure was assumed in previous studies, a global-MHD simulation study predicted a remarkable dawn-dusk asymmetry of the magnetosphere in shape under low-density solar wind and Parker-spiral IMF configuration. Here we present evidence of asymmetric deformation of the magnetosphere under low-density solar wind and Parker-spiral IMF conditions, based on several events of GEOTAIL observations. As predicted by the global-MHD simulation, the magnetosphere on the dawnside expands much further than the magnetopause location of simple (symmetric) expansion, while no significant expansion is detected in the dusk tail flank. Fast ion beams detected at the flank magnetopause suggest that magnetic reconnection frequently occurs due to the low-beta environment of the magnetosheath.

Keywords: Low density solar wind, Magnetosphere, Plasma transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New perspectives on coupling processes in solar-terrestrial system obtained by comprehensive data analysis

*田中 良昌[1]、梅村 宜生[2]、阿部 修司[3]、上野 悟[4]、能勢 正仁[2]、中川 裕美[5]
*Yoshimasa Tanaka[1], Norio Umemura[2], Shuji Abe[3], Satoru UeNo[4], Masahito Nose[2], Yumi Nakagawa[5]

1. 国立極地研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター、4. 京都大学大学院理学研究科附属天文台、5. 茨城大学大学院理工学研究科宇宙地球システム科学専攻
1. National Institute of Polar Research, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. International Center for Space Weather Science and Education, 4. Kwasan & Hida Observatories, School of Science, Kyoto University, 5. Ibaraki University

In the Earth’s upper atmosphere above 60 km, including magnetosphere and ionosphere, various phenomena are generated by energy inputs from solar radiation (including solar wind) and atmospheric waves propagating from the lower atmosphere. Thus, comprehensive analysis of various kinds of satellite and ground-based observational data using advanced methods is required to understand physical mechanism of the phenomena. For such interdisciplinary studies, it is important to share data distributed across many universities and institutes and use advanced tools, such as metadata database for cross-searching a variety of datasets and analysis software for analyzing various types of data in an integrated fashion. In fact, many scientific papers on the upper atmosphere have recently been obtained by comprehensive analysis of various data with such analysis tools.
We present some examples of scientific results achieved by comprehensively analyzing data from multiple regions. These examples include the effect of solar coronal holes on the Earth’s geomagnetic activity and the interaction between solar wind, magnetosphere, ionosphere and neutral atmosphere. The former study investigated long-term trends of coronal boles, solar wind parameters, and Earth’s geomagnetic indices during two solar cycles. It showed the possibility that the solar wind speed and geomagnetic activities may be controlled by the size and latitudinal distribution of coronal holes. The latter analyzed multi-instrument data simultaneously obtained from interplanetary space, magnetosphere, and ionosphere and mesosphere in both northern and southern hemispheres. They newly found that the polar mesosphere is affected by relativistic electron precipitation caused by the interaction with magnetospheric plasma waves during the high-speed solar wind stream. These studies demonstrate that sharing and comprehensive analysis of long-term, multiple-sphere, and multi-instrument data using sophisticated tools are very effective to produce scientific outcomes. At present there are data gap areas in the Asia and African regions. Therefore, we believe that filling in the data gap by international collaborations could be a breakthrough for unsolved issues in the upper atmosphere.

キーワード：超高層大気、多圏間結合、総合解析、長期観測データ
Keywords: upper atmosphere, coupling between multiple regions, comprehensive analysis, long-term observational data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏電離圏対流と磁場構造の相互作用
The interaction between the magnetosphere-ionosphere compound system and the magnetic field topology

*藤田 茂[1]、田中 高史[2]、渡辺 正和[2]
*Shigeru Fujita[1], Takashi Tanaka[2], Masakazu Watanabe[2]

1. 気象庁気象大学校/国立極地研究所、2. 九州大学
1. Meteorological College, Japan Meteorological Agency/ Nationa Institute of Polar Research, 2. Kyushu University

The steady convection in the magnetosphere-ionosphere coupling system is composed of the following self-consistent elementary processes; dynamo in the cusp-mantle region, the field-perpendicular current system in the magnetosphere, the field-aligned current system connecting the ionosphere, the ionospheric electric field, the magnetospheric convection corresponding to the ionospheric electric field, and the high plasma pressure distribution in the cusp region [Tanaka, 2007].

The energy of the convection is transported from the solar wind across the magnetopause where the magnetic field configures the null-separator structure. Since the magnetic field configuration of the null-separator structure is originally derived from the superposition of two scalar fields [Stern, 1973], say, the dipole field and the uniform field, the magnetic field of the null-separator would not have free energy necessary for plasma acceleration. However, the simulation reveals that the magnetic field has a tension force near the null point. Therefore, we need a mechanism that transports the energy to this region.

It is revealed from the simulation that the bow shock supplies the energy. Indeed, the current from the bow shock deforms the magnetic field of the null-separator structure. In addition, it is noted that the Chapman-Ferraro current also deforms the magnetic field configuration in the magnetopause. This fact indicates that the convection system in the magnetosphere contributes to deformation of the null-separator structure. That is to say, energy transport from the solar wind to the magnetosphere-ionosphere compound system is affected by the physical processes in the convection. Therefore, as a result of the interaction between the magnetosphere-ionosphere convection and the null-separator structure, the magnetosphere-ionosphere compound system can be extended to the solar wind-magnetosphere-ionosphere compound system.

References

T. Tanaka (2007), Magnetosphere-Ionosphere Convection as a Compound System, Space Sci Rev, 133, 1-72, DOI 10.1007/s11214-007-9168-4.

Stern, D. P. (1973), A study of the electric field in an open magnetospheric model, J. Geophys. Res., 78(31), 7292-7305, doi:10.1029/JA078i031p07292.

キーワード：convection、null-separartor structure
Keywords: global MHD simulation, compound system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effects of the dipole tilt and the interplanetary magnetic field Bx component on the dawn-dusk and interhemispheric asymmetries of the interchange convection cycle

*渡辺 正和[1,2]、田中 高史[2]、藤田 茂[3,4]
*Masakazu Watanabe[1,2], Takashi Tanaka[2], Shigeru Fujita[3,4]

1. 九州大学大学院理学研究院、2. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3. 気象大学校、4. 国立極地研究所
1. Graduate School of Science, Kyushu University, 2. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University, 3. Meteorological College, 4. National Institute of Polar Research

The interchange cycle is a mode of magnetic flux circulation that appears for periods of northward interplanetary magnetic field (IMF). It is made up of IMF-to-open reconnection in one hemisphere and open-to-closed reconnection in the other hemisphere. The two reconnection processes have the same topological nature in that the roles of the two reconnecting field lines interchange at the time of reconnection. The interchange cycle is characterized by reciprocation of open magnetic flux between the two hemispheres. One observable signature of the interchange cycle is an appearance of a reverse cell circulating in the closed field line region of the ionosphere, which is named the “reciprocal cell.” The reciprocal cell appears in the open-to-closed reconnection hemisphere, whereas in the opposite IMF-to-open reconnection hemisphere, there appears a lobe cell circulating exclusively on open field lines. For given (1) IMF By, (2) IMF Bx, and (3) dipole tilt conditions, two interchange cycles concur, one on the dawnside and the other on the duskside. For an ideal case, one can easily expect the mode of the interchange cycles to occur. For example, for the case of due northward IMF with significant dipole tilt, the twin reverse cells in the summer hemisphere are both lobe cells, while in the winter hemisphere the twin reverse cells are both reciprocal cells. For the general case, however, one cannot predict the mode of the interchange cycles without quantitative modeling. The purpose of this study is to examine how the presence of dipole tilt or IMF Bx alters the dawn-dusk and north-south pattern of the twin reverse cells. For this purpose, we perform numerical magnetohydrodynamic simulations using the REPPU (Reproduce Plasma Universe) code developed by T. Tanaka. In the presentation, we discuss the dipole tilt and IMF Bx effects revealed by the numerical modeling.

キーワード：電離圏対流、交換型磁力線再結合、リシプロカルセル
Keywords: ionospheric convection, interchange reconnection, reciprocal cell

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transient polar ionospheric convection response to negative dynamic pressure pulse

*Jianjun Liu[1]

1. Polar Research Institute of China

The response of the high latitude ionospheric convection to a sudden decrease in solar wind dynamic pressure provides a unique opportunity to investigate how the solar wind couples to the dayside magnetosphere and ionosphere. Here, the event shows three IMF components do not have prominent changes, but the solar wind plasma went down to near zero magnitude, which leads to very weak solar wind driving during northward IMF. However, ionospheric convection observed by SuperDARN radars showed enhanced plasma flow speed in the central polar cap region just after the negative pressure pulse arrival to the magnetosphere. Simultaneous convection map generated by SuperDARN measurement presents enlarged convection cell with obvious equatorward moving Heppner-Maynard boundary. It is noted that cross polar cap potential enhanced instantly and this enhanced feature continued almost 10 min. The distribution of total electron content (TEC) exhibited typical auroral oval signature especially on dayside ionosphere, TEC density in auroral oval showed a noticeable decrease after the arrival of the negative pressure pulse. Both ionospheric convection and TEC distribution reveal that negative pressure pulse impacts the magnetosphere-ionosphere coupling system directly and dramatically. Moreover, the TIEGCM model also showed an enhanced polar potential pattern.

Keywords: Dynamic pressure, Ionospheric convection, Auroral oval

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アクティブ電離圏：磁力線双極子化の別の視点
An active ionosphere: a new perspective of field line dipolarization

*坂 翁介[1]
*Osuke Saka[1]

1. オフィス　ジオフィジク
1. Office Geophysik

磁力線双極子化に伴い、Pi2オンセットに同期して電離圏に伝搬してきた磁気圏電場は、秒速１ｋｍを超えるプラズマドリフトを電離圏に作り出す。この速度は磁力線沿いのプラズマの流出速度を超え、電離圏にプラズマの集積を引き起こす。集積による圧縮性は、準中性を必要とする電離圏から沿磁力線電流を引き出し、Ion outflowやInverted-V加速のためのイオン音波を電離圏に励起し、そしてその非線形性によってオーロラのPoleward Expansionが発生する。この様なacoustic regimeの視点からオーロラを捉える。

キーワード：磁気圏サブストーム、オーロラサブストーム、電離圏
Keywords: Substorm, Auroral substorm, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Toward the automatic identification of FLR signals in the SuperDARN data by using the gradient method

*河野 英昭[1,2]、行松 彰[3,4]、西谷 望[5]、田中 良昌[3,4]、才田 聡子[6]、堀 智昭[5]
*Hideaki Kawano[1,2], Akira Sessai Yukimatu[3,4], Nozomu Nishitani[5], Yoshimasa Tanaka[3,4], Satoko Saita[6], Tomoaki Hori[5]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、3. 国立極地研究所、4. 総合研究大学院大学、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、6. 北九州工業高等専門学校
1. Dept. Earth Planet. Sci., Kyushu Univ., 2. ICSWSE, Kyushu University, 3. National Institute of Polar Research, 4. SOKENDAI, 5. ISEE, Nagoya University, 6. Kitakyushu College

The FLR (Field Line Resonance) takes place where the frequency of an incoming wave matches the eigen-frequency of magnetospheric magnetic field lines, and excites the eigen-oscillation of the field lines. The FLR can be identified by using the unique manner of change in the amplitude and the phase of thus excited eigen-oscillation across the resonant point. That is, the amplitude is maximum at the resonant point, and the phase changes the most steeply across the resonance point. The FLR-generated eigen-oscillations can be identified in the ground magnetic field data and the ionospheric plasma velocity data. From thus identified eigen-frequency ("FLR frequency" below) one can estimate the magnetospheric plasma density along the field line which passes through the ground/ionospheric observation point.

In this study we use the SuperDARN radar data to identify FLR: For each radar beam from each SuperDARN radar, the velocity of the ionospheric plasma flow along the line of sight (VLOS) of the beam is obtained; we use the VLOS data to identify the FLR and estimate the magnetospheric plasma density. Unlike the ground magnetometer data, the SuperDARN data is two-dimensional, enabling two-dimensional estimates of the magnetospheric equatorial plasma density and magnetospheric region identification.

To achieve that, it is important to identify as many FLR events as possible. Overwrapping of non-FLR waves/perturbations hides FLR events. As a countermeasure to this problem, the so-called gradient method has been applied to the ground magnetometer data; this method cancels out the overwrapping signals by dividing the data from a magnetometer by the data from another magnetometer having an adequate latitudinal distance from the other. The division yields the amplitude ratio and the phase difference. The gradient method is effective since the FLR frequency tends to depend on the latitude more strongly than the overwrapping signals.

The gradient method is also applicable to the SuperDARN VLOS data. The field of view of each beam is divided into Range Gates (RGs below) having the same length along the beam. The identification number of the RGs increases with increasing distance from the radar. The VLOS is obtained for each RG. Thus, each RG can be regarded as a "virtual observatory."

As an initial study, we have selected an FLR event which was identified in the VLOS data of a radar (at Hankasalmi) without the use of the gradient method, selected a beam, and selected a few pairs of RGs of the beam. We then have manually applied the gradient method to the VLOS data of the above-selected RG pairs, and successfully identified the FLR. In more detail, the identification has been successful only for two paired RGs whose RG numbers differs by two. This suggest that, since the length of the RG, mapped to the meridional plane, was about 40km for this event, about 80km distance was the best (with

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the resolution of 40km) for this event. This distance reflects the resonance width, which is an important quantity reflecting the diffusion and dissipation of the FLR energy.

In order to identify as many FLR events as possible, it is also important to automatically identify the FLR events, since visual identification is time-consuming. The gradient method enables automatic identification more easily than analyses of VLOS itself, since the gradient method yields peaks in both the amplitude ratio and the phase difference. We have started making a program for automatic identification by applying the gradient method to VLOS; the version at the time of this abstract has successfully identified FLRs for all of the above-stated pairs of RGs.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A statistical study of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere using Swarm magnetic field data

*Park Jaehee[1], Khan-Hyuk Kim[1], Junga Hwang[2]

1. School of Space Research, Kyung Hee University, Gyeonggi, South Korea, 2. Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon,South Korea

The properties of Pi2 pulsations observed in the upper ionosphere are studied using magnetic field data acquired by the Swarm-A spacecraft in low Earth orbit (LEO) and at the low-latitude Bohyun ground station (BOH, L = 1,3) for January 2014-Jun 2015. From time intervals when Swarm-A was on the nightside (magnetic local time (MLT) = 1800-0600 hrs) and the BOH station was near midnight (MLT = 2100-0300 hrs), we identified 623 Pi2 events in the horizontal H component of the BOH data. For each event we examine the coherence between the horizontal H component on the ground and the B_x (radial) azimuthal B_y (azimuthal), or B_z (compressional) components at Swarm-A. Out of 623 events, the B_x-H high coherence (> 0.7) events are ~6%, the B_y-H high coherence events are ~4%, and the B_z-H high coherence events are ~25%. The ground-satellite high coherence events occurred when the spacecraft was located within a magnetic latitude range of ±50°. Using the ground-satellite high coherence events, we examined the latitudinal structure of the relative amplitude and phase of the ionospheric Pi2 pulsations detected at Swarm-A. Confirming previous observations at LEO, we found that the ionospheric Pi2 pulsations are characterized by symmetric odd mode standing oscillations in the north-south direction, having a node for B_x oscillation and an antinode for B_z oscillation, respectively, at the equator. This indicates that the source of ionospheric Pi2 pulsations is the plasmaspheric resonance.

Keywords: Pi2 pulsations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MAGDAS9システムの10Hzデータによる，Pc1-2脈動の全球分布特性解明

Study on the global distribution characteristics of Pc 1-2 geomagnetic pulsation with the 10Hz data of the MAGDAS system

*樺澤 大生[1]、吉川 顕正[1]、魚住 禎司[1]、藤本 晶子[1]、阿部 修司[1]
*Taisei Kabasawa[1], Akimasa Yoshikawa[1], Teiji Uozumi[1], Akiko Fujimoto[1], Shuji Abe[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

地球の磁場(地磁気)は磁気嵐やオーロラ嵐等の宇宙天気現象の影響を受け，日々刻々と変化し続けている。地磁気変動現象のうち，変動周期が約数秒～1000秒程度の周期性を持つ磁場擾乱現象は古くから知られており，地磁気脈動と総称される。地磁気脈動は，地球周辺の宇宙空間(ジオ・スペース)に生起する様々な宇宙天気現象，ジオ・スペースと大気・地球システムの結合過程を反映した結果として励起されることから，その発現・伝播メカニズムの解明は，太陽地球系物理学の主要テーマの1つでもある。地磁気脈動はその波形的特徴及びその変動周期に基づき細かく分類されており，本研究で主に扱う「Pc1脈動」及び「Pc2脈動」は地磁気脈動の中でも連続的又は規則的な波として観測され，かつ変動周期がそれぞれ0.2-5秒，5-10秒の比較的高周波な地磁気変動を指す。

高緯度領域を中心に励起されるPc1脈動は，磁気赤道面での粒子加速を引き起こすEMIC波動励起に伴い観測される地磁気脈動と理解されており，地上に到達した後，電離層F層ダクト中を伝搬することが知られているが，そのグローバルな発生・伝搬特性については明らかにされていない。Pc1脈動より高周波の磁場擾乱現象を観測するときはInduction磁力計を使用するが，現段階で中低緯度・赤道領域までをカバーするグローバルなInduction磁力計は存在しない。一方でグローバルな低周波磁気擾乱現象の観測にはFluxgate磁力計を使用することが一般的であるが，その時間精度は1秒値が通常であるため，高周波Pc1-2脈動の解析には不向きであるとされている。

九州大学が展開する，Fluxgate磁力計による地上多点磁場観測ネットワーク（MAGDAS）は，250Hzサンプリング，10Hz平均値データを取得しており，従来の研究では不十分であったPc1-2脈動現象の全球発生特性を調査することができる唯一の地磁気ネットワーク観測網である。

解析・結果

本研究ではMAGDAS磁場データ，京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料センターのDst/AE指数データを使用し，極域から赤道域までの広範囲に渡るPc1-2脈動の同時発生イベントについて，解析を行った。その結果，ストーム中のサブストーム時を中心に，高緯度から中低緯度領域で発生するPc1脈動と同時に，磁気赤道領域まで到達するPc2脈動が確認された。EMIC励起に伴うPc1−2脈動の発生特性の解明は，地上からEMICの発生をモニター可能とする宇宙天気な応用のみならず，内部磁気圏から高緯度−中低緯度−磁気赤道領域を同時にカバーする超グローバルな結合過程の解明に於いても非常に重要である。特に周期帯が5-10秒のPc2脈動に関してはF層ダクト伝搬が可能かどうかも不明であり，新しい結合メカニズムの創案も必要となるかもしれない。

本講演ではこのようなPc1-2脈動の発生特性に関する初期報告を行うとともに，その地方時分布，FM-CWレーダーやイオノゾンデのデータとの比較による電離層構造変化との関連性，PWINGによる高緯度地域でのPc1発生特性，ERG衛星(直接観測)による宙空環境でのEMIC発生特性の同時解析等,包括的なアプローチによる内部磁気圏-高緯度−中低緯度−磁気赤道領域結合過程解明の研究アプローチについても議論する予定で

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ある。

キーワード：Pc1-2脈動、EMIC波動、全球結合
Keywords: Pc1-2 pulsation, EMIC waves, global coupling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球磁気圏尾部における磁気リコネクション境界領域の直接観測
In-situ Observations of Reconnection Separatrix Regions in the near-Earth Magnetotail

*荒木 瑞穂[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]
*Mizuho Araki[1], Masahiro Hoshino[1], Kunihiro Keika[1], Yoshifumi Saito[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 宇宙科学研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Institude of Space and Astronautical Science

磁気リコネクションは磁場エネルギーをプラズマの熱エネルギー・運動エネルギーに変換する重要な物理機構である。特にPetschekリコネクションにおいてはその散逸領域に加えて、境界に形成されるスローショックにおけるプラズマの加速・加熱の影響を考慮しなければならない。磁気圏尾部遠方ではGEOTAIL衛星等を用いた直接観測によって、プラズマシート・ローブ境界層(PSBL)におけるスローショックの構造が明らかにされた(Saito et al., 1995)。これによれば磁気圏尾部遠方については、PSBL観測例のうちおよそ10%がランキン・ユゴニオ(RH)関係式を満たすMHD的スローショックであると指摘している。しかしその割合がどのような要因により決定するのか、またスローショックとみなせる領域とそうでない領域との差異(イオン・電子の加熱メカニズム、エネルギー分配)については未だ明らかではない。

本研究では、地球近傍における磁気圏尾部の磁気再結合境界領域について複数編隊衛星による直接観測を行った。具体的には、MMS衛星が磁気圏尾部を観測していた2017年6月~8月におけるburst-mode観測を行った全イベント中、PSBLまたはプラズマシート内におけるデータのうち、磁気再結合境界領域を観測していると思われるイベントを、アウトフロー領域におけるイオンフローの速度に着目して抽出した。ここでは粒子観測器FPI(Fast Plasma Investigation)、磁場観測機FGM(Fluxgate Magnetometer)を用いた。これらのイベントについてイオン・電子の温度変化、および温度比の変化について確認した。

観測されたイベントは、上流のプラズマベータによって２種類に分類できた。ベータ値が0.1以下のものと、1近くのものである。この研究ではそれぞれ”ローブリコネクション”、”プラズマシートリコネクション”と呼称する。前者では再結合する磁場がPSBLまで達し、ローブ領域の薄く冷たいプラズマが流入している。一方後者では再結合している磁場はローブまで届かず、プラズマシートの内部にインフロー領域が存在することで熱く密度の大きいプラズマが流入する。

ローブリコネクションでは、境界領域を通過したイオンは数100eVから数keVまで温度上昇する。一方、プラズマシートリコネクションではインフロー領域での温度が1keV程度であるが、やはり数keVまでの上昇を見せる。電子はイオンに比べると温度上昇は小さく、せいぜい1keV程度までである。一方でイオン対電子の温度比を見ると、どちらのリコネクションイベントについてもアウトフロー領域での温度比は5程度である。これは磁気圏の領域ごとの温度比を観測したWang et al.(2012)の、磁気圏尾部プラズマシートにおける温度比の観測結果と一致している。

これらの結果を用いて、磁気リコネクション境界領域における加熱メカニズム、エネルギー分配の問題について議論する。

キーワード：磁気リコネクション、MMS衛星、地球磁気圏尾部
Keywords: Magnetic Reconnection, MMS satellite, Earth's Magnetotail

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Flow speed dependence of ion temperature, electron temperature, and their ratio in the near-Earth magnetotail reconnection region

*渡邊 香里[1]、星野 真弘[1]、桂華 邦裕[1]、斎藤 義文[2]、北村 成寿[1]
*Kaori Watanabe[1], Masahiro Hoshino[1], Kunihiro Keika[1], Yoshifumi Saito[2], Naritoshi Kitamura[1]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所
1. Univ. of Tokyo, 2. ISAS/JAXA

Plasma in the Earth's magnetotail are heated up to 1-10 keV and stored in the plasma sheet. One of the heating or acceleration mechanisms is the magnetic reconnection. Heated or accelerated plasma are transported both earthward and tailward as fast flow with a speed of several hundred kilometers per second. However, what determines the partition among ion and electron thermal energy and kinetic energy is an unresolved problem. It has been reported that ion temperature T_i, electron temperature T_e, and their ratio T_i/T_e vary spatially and depend on the conditions of fast flows [Wang et al., 2012, Runov et al., 2018] but there are few studies which focus on macroscopic profiles of them in reconnection regions in the magnetotail.
In this study, we examine the relation between flow speed and average profiles of T_i, T_e, and T_i/T_e in the magnetotail reconnection region by using data obtained from FPI and FGM on board the MMS spacecraft. We use the observations for a period from May to August 2017 and take out the data in the region of X_{GSM} < -15 Re, -10 Re < Y_{GSM}< 10 Re, and beta > 0.1. We then divide them into different groups according to flow speed normalized by alfven speed and show B_z/B_{lobe}– B_x/B_{lobe} maps of T_i, T_e, and T_i/T_e of each group. The results show that ion temperature increase with increasing flow speed while electron temperature decrease. Ion temperature are hotter around the X-point. The structure of inflow and outflow regions is pronounced in the profile of electron temperature. T_i/T_e in inflow region are greater than in outflow region, which means that ion and electron temperatures become comparable by passing through the diffusion region. The results suggest that electron get less energy when more energy is partitioned into plasma kinetic energy. We will discuss about the profiles of anisotropy of plasma temperatures to know more details about the heating mechanisms.

キーワード：温度比、フロー、MMS
Keywords: temperature ratio, flow, MMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examining Minimum Cyclotron Resonant Electron Energy of EMIC Waves with MMS

*Si Liu[1]

1. Changsha University of Science and Technology

Electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves can be in cyclotron resonance with relativistic electrons, causing relativistic electron precipitation. The four ideal Magnetospheric Multiscale (MMS) spacecraft provide great opportunity to directly calculate the wave vector ***k*** of EMIC waves by phase differencing technique and hence estimate the minimum resonant energy by the resonance condition. Deriving a simplified analytic solution, we find that the phase differencing method can still provide an estimate of the dominant wave number when a finite wave number spread or a finite frequency spread is present. Numerical calculations indicate that quasi-antiparallel propagation dominates the EMIC event on 20 November 2015, which is consistent with the FFT spectral analysis results. We also find that obtained wave vectors, roughly agreeing with the validity of cold plasma theory, might significantly vary from wave packet to wave packet. Moreover, minimum resonant electron energies gradually increase from 0.5 MeV to tens of MeV with a decreasing parallel componet of ***k***. Current results provide evidence that EMIC waves can be in resonance with the electrons of energies down to hundreds of keV. It further demonstrates that EMIC waves in a narrow frequency band can effectively interact with the relativistic electrons with a broad energy range.

Keywords: EMIC waves, minimum resonant electron energy, wave vector, phase differencing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏シース領域のミラー構造内の磁場極小付近での小スケールのホイッスラーモード波動

Small scale whistler mode waves near the magnetic field intensity minimum in the magnetosheath

*北村 成寿[1]、天野 孝伸[1]、大村 善治[2]、中村 紗都子[2]、梅垣 千賀[1]、Boardsen Scott[3,4]、Ahmadi Narges[5]、Ergun Robert[5]、Le Contel Olivier[6]、Lindqvist Per-Arne[7]、斎藤 義文[8]、横田 勝一郎[9]、Gershman Daniel[3]、Giles Barbara[3]、Moore Thomas[3]、Paterson William[3]、Pollock Craig[10]、Russell Christopher[11]、Strangeway Robert[11]、Burch James[12]
*Naritoshi Kitamura[1], Takanobu Amano[1], Yoshiharu Omura[2], Satoko Nakamura[2], Chika Umegaki[1], Scott A Boardsen[3,4], Narges Ahmadi[5], Robert E Ergun[5], Olivier Le Contel[6], Per-Arne Lindqvist[7], Yoshifumi Saito[8], Shoichiro Yokota[9], Daniel J Gershman[3], Barbara L Giles[3], Thomas E Moore[3], William R Paterson[3], Craig J Pollock[10], Christopher T Russell[11], Robert J Strangeway[11], James L Burch[12]

1. 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2. 京都大学 生存圏研究所、3. NASAゴダード宇宙飛行センター、4. メリーランド大学、5. コロラド大学 大気宇宙物理研究所、6. フランス国立科学研究センター プラズマ物理学研究所、7. スウェーデン王立工科大学、8. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、9. 大阪大学 理学研究科 地球惑星科学専攻、10. デナリサイエンティフィック、11. カリフォルニア大学ロサンゼルス校 地球惑星物理学専攻、12. サウスウェスト研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. NASA Goddard Space Flight Center, 4. University of Maryland, 5. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, 6. Laboratoire de Physique des Plasmas, UMR7648 CNRS/Ecole Polytechnique/UPMC/Université Paris-Sud/Observatoire de Paris, 7. Royal Institute of Technology, 8. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 9. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 10. Denali Scientific, 11. Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles, 12. Southwest Research Institute

Wave-particle interactions are thought to play a crucial role in energy transfer in collisionless space plasmas in which the motion of charged particles is controlled by electromagnetic fields. In the terrestrial magnetosheath, intense whistler mode waves, called 'Lion roars', are often detected by spacecraft around minima of semi-periodic fluctuations of magnetic field intensity due to mirror mode structures and motion of the structures. It is expected that whistler mode waves are efficiently generated near a local minimum of magnetic field intensity due to the smallest cyclotron resonance velocity. We report the detailed characteristics of such whistler mode waves using the data obtained by the four MMS (Magnetospheric Multiscale) spacecraft. Because reversals of field-aligned component of Poynting flux around minima in mirror mode structures correspond to reversals of gradient of magnetic field intensity along the magnetic field, whistler mode events with reversals of the field-aligned component of Poynting flux are good candidates of observations of effective wave generation regions along field lines. Even in such events, phase difference and change of amplitude of whistler mode waves observed by the four spacecraft do not have a clear correlation in cases of ~40 km separation, which is much smaller than the spatial scale of magnetic field depression due to mirror mode structures and is even smaller than the local thermal ion gyro scale. This result indicates that the coherent whistler wave generation in mirror mode structures has very limited spatial scale across field lines and is probably affected by any electron scale process. A plane wave approximation can be usable only in a very small scale. Because some events in cases of ~7 km separation showed good correlation among four spacecraft, the typical scale of coherent whistler wave across field lines can be at least an order of 10 km in mirror mode structures in the terrestrial

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

magnetosheath. The whistler mode waves observed by a spacecraft in a mirror mode structure are a cluster of waves from multiple spatially small sources.

キーワード：ホイッスラーモード波動、プラズマ波動、MMS衛星、波動粒子相互作用
Keywords: Whistler mode wave, Plasma wave, MMS spacecraft, Wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial characteristics of the internal modulation of pulsating aurora: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*川村 勇貴[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、江袋 叡[1]、藤井 良一[4]
*Yuki Kawamura[1], Keisuke Hosokawa[1], Shin-ichiro Oyama[2,3], Yoshizumi Miyoshi[2], Yasunobu Ogawa[3], Satoshi Kurita[2], Satoshi Ebukuro[1], Ryoichi Fujii[4]

1. 電気通信大学大学院 情報理工学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 国立極地研究所、4. 情報・システム研究機構
1. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Organization of Information and Systems

Pulsating aurora (PsA) is a kind of diffuse aurora which almost always appears in the morning side during the recovery phase of auroral substorm. PsA typically has two characteristic temporal variations. One is so-called main pulsation whose period ranges from a few to a few tens of seconds. The other is a few Hz brightness modulation (internal modulation) which is often seen during the ON time of the main pulsation. Previous studies have suggested that the temporal variation of PsA is characterized by wave-particle interaction between whistler-mode chorus waves and high energy electrons in the magnetosphere. Especially, it has been indicated that there is one to one correspondence between the amplitude variation of chorus waves and the luminosity modulation of PsA.
Recent studies revealed the occurrence distribution of the frequency of the internal modulation. However, there have been no studies which analyzed the spatial distribution of the internal modulation.

To reveal the spatial characteristics of the internal modulation, we need to perform a frequency analysis of the internal modulation by using data from high speed optical instruments having wide spatial coverage. For this purpose, we make use of highly sensitive EMCCD cameras which have been operated in Sodankylä and Kevo in Finland, Tromsø in Norway, and Tjautjas in Sweden. In these observations, all-sky images are taken with a sampling rate of 100 Hz, which is sufficient to identify temporal variations of the internal modulation.

In the frequency analysis, we have employed all-sky images taken on March 15, 2018 (00:00 –01:30 UT) in Sodankylä, Kevo, Tromsø, and Tjautjas. We computed the average frequency of the internal modulation from each pixel of the EMCCD cameras and derived the spatial distribution of their dominant frequencies. Regardless of the latitude, each pulsating patch was fluctuating at a similar frequency. We also derived the frequency spectrum of several pulsating patches existing at different positions in the north-south direction and found that those frequency spectrums of pulsating patches have peaks at about 3 Hz. These results indicate that the frequency of the internal modulation does not depend on the magnetic latitude, and the frequency of the internal modulation is collimated on 3 Hz.
In the presentation, we discuss why the frequency of the internal modulation concentrate on 3 Hz by taking into account the time of flight of PsA electrons.

キーワード：脈動オーロラ、内部変調
Keywords: Pulsating aurora, Internal modulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Large-scale characteristics of pulsating aurora periodicities: multi-point high-speed optical observations in Scandinavia

*江袋 叡[1]、細川 敬祐[1]、大山 伸一郎[2,3,5]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、川村 勇貴[1]、藤井 良一[4]
*Satoshi Ebukuro[1], Keisuke Hosokawa[1], Shin-ichiro Oyama[2,3,5], Yoshizumi Miyoshi[2], Yasunobu Ogawa[3], Satoshi Kurita[2], Yuki Kawamura[1], Ryoichi Fujii[4]

1. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 国立極地研究所、4. 情報•システム研究機構、5. オウル大学
1. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Organization of Information and Systems, 5. University of Oulu

It has been known that most of diffuse aurorae in the morning side are composed of luminous patches whose brightness modulates quasi-periodically. Such aurorae are termed as pulsating aurora (PsA) and have been studied extensively in the last decade. PsA patches have a scale size of a few hundreds of km and are usually observed during the late recovery phase of substorms. The entire temporal variation of PsA consists of two individual modulations: main pulsation and internal modulation. The periodicity of the main pulsation ranges from a few to a few tens of seconds and the internal modulation, showing a few Hz scintillating luminosity changes, is often embedded within the ON time of the main pulsation. Previous studies using satellites indicated one-to-one correlation between PsA and chorus wave near the equatorial plane of the magnetosphere, suggesting that ground-based observations of PsA can be used for mapping the activity of chorus in the magnetosphere in 2D fashion. In the past, the spatial characteristics of chorus wave have not visualized in detail because satellite observations only cover a single point in the magnetosphere. To overcome this limitation, we derive the spatial distribution of chorus waves by using ground-based optical observations of PsA and discuss the ambient parameters which characterize the nature of chorus.
For this purpose, we have employed data from electron multiplying charge-coupled device (EMCCD) cameras deployed at multiple sites in Scandinavia to derive the large-scale characteristics of PsA. EMCCD cameras have been operative in Kevo and Sodankyla in Finland, Tromsoe in Norway, and Tjautjas in Sweden and their temporal resolution is 100 Hz. We conducted a frequency analysis for a PsA event on March 28, 2017 (23:30 to 24:10 UT). During the event studied, there existed three different regions of PsA, regions A, B and C, showing different modulation periods. It was also found that the boundaries between these three regions were sharp. We derived the 2D frequency map by using data from all the available stations. As a result, it became clear that the higher latitude region (region C) showed faster internal modulation than the lower latitude region (region A). In addition, region B, which was sandwiched by regions A and C, did not show any internal modulations (i.e., main pulsation without internal modulation). In the presentation, we discuss why the three regions showed different modulation periods with sharp boundaries. In particular, we address what ambient conditions can control the absence of internal modulation in region B. We also derived similar frequency maps of chorus waves by tracing the PsA modulation with the Tsyganenko 04 magnetic field model, which could be used to estimate the spatial extent of chorus wave generation region.

キーワード：脈動オーロラ、コーラス波動、主脈動、内部変調
Keywords: Pulsating aurora, Chorus wave, Main pulsation, Internal modulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variations of cosmic noise absorption (CNA) by energetic electron precipitation (EEP) and changes of the auroral morphology

*宮本 太志朗[1]、大山 伸一郎[1,4,5]、小川 泰信[2]、細川 敬祐[3]、栗田 怜[1]、三好 由純[1]、片岡 龍峰[2]、宮岡 宏[2]、Raita Tero[4]
*Miyamoto Taishiro[1], Shin-ichiro Oyama[1,4,5], Yasunobu Ogawa[2], Keisuke Hosokawa[3], Satoshi Kurita[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Ryuho Kataoka[2], Hiroshi Miyaoka[2], Tero Raita[4]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 国立極地研究所、3. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、4. Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu、5. Ionosphere Research Unit, University of Oulu
1. Institute for Space-Earth Environmental Research,Nagoya University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 4. Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu, 5. Ionosphere Research Unit, University of Oulu

サブストームに関連したオーロラの形態の時間的・空間的変化は半世紀以上にわたり研究されており、比較的明るく、東西方向に伸展した形状をしたディスクリートアークや、それよりは輝度が低く、しかしかなりの広範囲に分布するディフューズオーロラなど、様々なオーロラの種類が知られている。そのなかでも、数秒から数十秒の周期で輝度が明滅する脈動オーロラや、その周辺に出現するパッチ状のオーロラはサブストームの回復相、特に、真夜中から明け方にかけて現れ、数百 keV を超える高エネルギーの電子降下を伴っていることが知られている。脈動オーロラと高エネルギー電子降下の発生メカニズムの解明は、放射線帯と地球超高層・中層大気との関係を知る上で重要なテーマでありArase衛星を始めとする衛星観測や、地上光学・電波観測による研究の結果、磁気圏のプラズマ波動と電子による波動粒子相互作用が主要因と考えられている。本研究では、地上から観測された脈動オーロラ、特にパッチ状に変化していく過程と、高エネルギー降下電子の時間・空間発展との関係に着目する。

脈動オーロラの発生の後に見られるパッチ状のオーロラへの形態変化 [e.g., Shiokawa et al., 2014] や、高エネルギー降下電子の時間発展 [e.g., Hosokawa and Ogawa, 2015] はそれぞれ先行研究がある。上述のように、脈動オーロラと高エネルギー降下電子には、生成機構の観点から強い関係があると考えられるが、パッチ構造への移行に伴い、高エネルギー降下電子が時間的、空間的にどのように変化するのか解析した研究はほとんどない。Oyama et al. [2017] では、パッチ構造の出現に合わせ、CNA (cosmic noise absorption) が増加することを示したが、２例のみの事例解析結果であった。また拠点観測データの解析結果であったため、オーロラが発生している領域の一部を切り出した解析結果であった。そこで本研究では、北欧に展開されたEMCCD (Electron Multiplying Charge Coupled Device) カメラとリオメータのネットワークを活用し、オーロラ形態と高エネルギー降下電子の時間発展と空間分布を同時にとらえる観測実験を実施した。

本研究では３イベント(2018年2月19-20日、2017年3月6-7日、3月29-30日)について、解析結果を報告する。これら全ての例で、北欧付近で２回、サブストームオンセットが発生した後、北欧が明け方付近になった頃に、再び、より西側(アイスランドやグリーンランド付近)でオンセットが発生した。特に今回着目するのは、後者のオンセットに伴うオーロラとCNAであり、オーロラはディフューズオーロラから、脈動、パッチ構造へと空間的・時間的に変化していった。このことから、遠方で起こったサブストーム活動が引き金となり、北欧上空において、これらのオーロラ形態の空間分布と時間変化が発生したと考えられる。この時のCNAは数時間かけて増減する、ゆっくりとした時間変化が特徴的であり、これは、北欧上空でサブストームオンセットが発生した時には見られない特徴である。また、緯度方向の分布はパッチ構造が見られる緯度ではCNAが増加し、見られない緯度ではCNAが一定の値を保つという特徴が確認された。発表では、これらの観測結果をもとに、オーロラ形態変化とCNAを増加させる高エネルギー降下電子の分布との間にある物理機構について考察を行う。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：電離圏、オーロラ、高エネルギー電子降下
Keywords: Ionosphere, Aurora, Energetic Electron Precipitation (EEP)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatiotemporal characteristics on the source region of flash aurora using ray tracing analysis

*井上 智寛[1]、尾崎 光紀[1]、後藤 由貴[1]、八木谷 聡[1]、笠原 禎也[1]、塩川 和夫[2]、三好 由純[2]、片岡 龍峰[3]、海老原 祐輔[4]
*Tomohiro Inoue[1], Mitsunori Ozaki[1], Yoshitaka Goto[1], Satoshi Yagitani[1], Yoshiya Kasahara[1], Kazuo Shiokawa[2], Yoshizumi Miyoshi[2], Ryuho Kataoka[3], Yusuke Ebihara[4]

1. 金沢大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 京都大学
1. Kanazawa University , 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Kyoto University

Whistler mode waves cause precipitation of high-energy electrons via wave-particle interactions in the magnetosphere. The scattered particles precipitate to the ground along the geomagnetic field line. Then, flush aurora, which is a rapid (less than 1 s) auroral phenomenon, is happened. Flash aurora is important for understanding the spatial evolution of wave-particle interaction region in the magnetosphere. We observed the mainly southward spread of flush aurora. In order to understand the spatial-time variation of wave-particle interaction region, we analyze the propagation effects of whistler mode waves near the magnetic equator region using ray tracing analysis. We calculated the ray paths of whistler mode waves (0.2 fce and 0.4 fce) near the magnetic equator (-10 to +10 degrees of geographic latitude), where fce is the electron cyclotron frequency at the magnetic equator. The initial ray paths put in the assumption of a spatial spread with the wave normal angles of tens of degrees along the magnetic field line at the magnetic equator (a point source). Then, we traced the magnetic field lines from the ray paths of whistler mode waves and estimated the precipitation area of electrons in the ionosphere using the IGRF model. The calculation results showed the precipitation area was not mainly spread southward, but evolved northward in the preliminary study.
In this presentation, we will present the spatiotemporal characteristics of flash aurora and the analysis results of ray tracing in detail.

キーワード：フラッシュオーロラ、ホイッスラーモード波動、レイトレーシング、波動粒子相互作用
Keywords: Flush aurora, Whistler mode wave, Ray tracing, Wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Molecular ion supply mechanisms from the low-altitude ionosphere to magnetosphere observed by EISCAT and Arase(ERG)

*高田 雅康[1]、関 華奈子[1]、小川 泰信[2]、桂華 邦裕[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、堀 智昭[7]、浅村 和史[6]、三好 由純[7]
*Masayoshi Takada[1], Kanako Seki[1], Yasunobu Ogawa[2], Kunihiro Keika[3], Satoshi Kasahara[4], Shoichiro Yokota[5], Tomoaki Hori[7], Kazushi Asamura[6], Yoshizumi Miyoshi[7]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 国立極地研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4. 東京大学、5. 大阪大学・理学研究科、6. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、7. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Science, Tokyo University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Tokyo University, 4. The University of Tokyo, 5. Graduate School of Science, Osaka University, 6. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 7. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Molecular ions (O_2^+/NO^+/N_2^+) in the magnetosphere have been observed during magnetic storms [Peterson et al., 1994; Klecker et al., 1986]. These molecular ions are considered to originate from the Earth’s ionosphere. It is considered that they have been transported upward by some heating processes in the ionosphere. However, due to the larger mass than atomic ions (O^+), the molecular ions usually exist only in the low-altitude ionosphere below 300 km altitude. It is hence difficult to transport these molecular ions by overcoming loss by chemical reactions to the high-altitude ionosphere where the ion upflow and outflows usually take place [Peterson et al., 1994]. Therefore, it is necessary to reveal what mechanism causes molecular ion upflow during the magnetic storms. In this study, we aim at the observational assessments of the supply processes of the molecular ions from the low-altitude ionosphere to the magnetosphere based on conjugate observations by EISCAT radar and the Arase (ERG) satellite.

The EISCAT radar and the Arase (ERG) satellite have the conjunction event during the large magnetic storm with the minimum Dst of -124 nT on September 8, 2017. During the event, the Arase satellite was located in the dusk-side inner magnetosphere and observed molecular ions in the energy range of 12-180 keV/q. The EISCAT radar simultaneously observed the ion upflow (with the upward velocity of ~50-150 m/s) from the low-altitude ionosphere (~250-400 km) together with strong ion heating (>2000 K). The convective electric field was also enhanced by a factor of 2 in the same region. We estimated each term in the equation of motion for ions. The result indicates that the ion upflow reached stable equilibrium because the upward ion and electron pressure gradients are balanced with the downward gravitational force. It is suggested that the ion upflow can take place from the low-altitude ionosphere due to strong ion pressure gradient. We also estimated the flux decrease of molecular ions due to dissociative recombination. The flux decreased to ~1 % at 350 km compared with 280 km. The estimated upflow flux of molecular ions at 350 km is $>10^{10}$ m^{-2} s^{-1} . Comparison between distribution functions observed by Arase satellite and EISCAT radar suggests that acceleration by 3 orders of magnitudes is necessary during the outflow process. These results indicate that the strong ion frictional heating during magnetic storms enabled molecular ions to be transported upward from the low-altitude ionosphere and provide a source of molecular ion outflows into the magnetosphere.

キーワード：分子イオン、EISCATレーダー、あらせ (ERG) 衛星、イオン上昇流、電離圏加熱
Keywords: Molecular ion, EISCAT radar, Arase (ERG) satellite, Ion upflow, Ionospheric heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Optical and radar observation of the dynamic auroral forms

*長房 勇之介[1]、Tima Sergienko[2]、田口 聡[1]、Urban Braendstroem[2]、山内 正敏[2]
*Yunosuke Nagafusa[1], Tima Sergienko[2], Satoshi Taguchi[1], Urban Braendstroem[2], Masatoshi Yamauchi[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. スウェーデン国立宇宙物理研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Swedish Institute of Space Physics, Kiruna

Ionosphere disturbances caused by the auroral electron precipitations are studied using auroral images taken by Auroral Large Imaging System (ALIS) and ionospheric parameters measured by EISCAT UHF radar that were conjugate with ALIS field-of-view. ALIS consists of several remote controlled stations located in northern Scandinavia, separated by approximately 50 km. Each station is equipped with a high-resolution CCD detector with 1024×1024 pixels, and a filter wheel with six positions for narrow-band interference filters. In this study we use the data obtained with the 557.7 nm filter, which show the auroral emission originated from the atomic oxygen. EISCAT UHF radar located in northern Norway near Tromsø operating in the BEATA program provides the ionospheric electron density, electron and ion temperatures, and ion velocity with the time resolution of 5 s and the spatial resolution of 1.5 km. The auroral images from the different ALIS stations were used for triangulation of the auroral forms in order to determine the aurora position in relation to the radar beam. For each auroral arc, the electron density, the electron and ion temperatures measured inside and in the vicinity of the auroral forms were analyzed with the aim of understanding the ionospheric response to the different types of auroral electron precipitations.

キーワード：オーロラ、電離層パラメータ、電子降下
Keywords: aurora, ionospheric parameters, electron precipitations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observations of MF/HF auroral radio emissions at three ground-based stations

*佐藤 由佳[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、門倉 昭[3,4]、小川 泰信[3,4]、新堀 淳樹[5]
*Yuka Sato[1], Atsushi Kumamoto[2], Yuto Katoh[2], Akira Kadokura[3,4], Yasunobu Ogawa[3,4], Atsuki Shinbori[5]

1. 日本工業大学、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 国立極地研究所、4. 総合研究大学院大学、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Nippon Institute of Technology (NIT), 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Polar Research (NIPR), 4. The Graduate University for Advanced Studies, 5. Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University

We started ground-based observations of MF/HF auroral radio emissions about 10 years ago at two stations (The Husafell Station, Iceland, September 2005; The Kjell Henriksen Observatory, Svalbard, September 2008) and found multiple unknown properties of MF/HF auroral radio emissions, e.g. polarization features [*Sato et al.*, 2008, 2015] and existence of a higher frequency component [*Sato et al.*, 2012]. To make a next siginificant step for a futher understanding of MF/HF auroral radio emissions, we installed a new dedicated instrumentation at the KAIRA (Kilpisjärvi Atmospheric Imaging Receiver Array) site in Kilpisjärvi, Finland (Latitude: 60.07 N, Longitude: 20.76 E) in the summer of 2018. It is a passive receiving system designed to realize a high-resolution spectral, interferometric and polarization measurements using 4 loop antennas and a software-defined radio (SDR) receiver. This SDR receiver can implement high-speed, flexible digital signal processing of RF signals and obtain high-resolution spectra pauselessly throughout the night in a wide frequency range up to 6 MHz. One of the main research subjects of this project is radio emission spontaneously emitted from aurora. There are long-known three types of MF/HF auroral radio emissions identified at ground level: auroral hiss, medium frequency burst (MFB), and auroral roar. Investigation into the generation of these emissions not only offers a tool of great promise for remote sensing of ionospheric plasma processes and parameters but also gives the foundation for understanding various radiation mechanisms that occur in planetary magnetospheres and plasma in space. In combination with the long-term continuous observations in Iceland and Svalbard and future EISCAT_3D experiments, observation with this new instrumentation will provide a first-time opportunity to reveal spatiotemporal variations of macro and fine structures of MF/HF auroral radio emissions associated with substorm evolution. In this presentation, we show detailed specification of this new instrumentation and some initial results.

キーワード：オーロラ、電波伝搬、波動粒子相互作用
Keywords: auroral phenomena, radio wave propagation, wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ionospheric F-region Drift Measurements Derived from DPS-4D at Zhongshan Station, Antarctic

*Xiangcai Chen[1]

1. Polar Research Institute of China

By means of high-frequency radio sounding, the ionospheric plasma drift can be measured by the Doppler frequency shift of signal. In this paper we analyze the ionospheric F-region plasma motion performed by Digisonde Portable Sounder (DPS-4D) at cusp latitude over Zhongshan Station in Antarctic. By restricting the echo arrival angle, and selecting the reflection height range at 175 –475 km, we present the variation of the F-region plasma drift measurements by setting limits on the Doppler frequency shift. Base on the 7.5 min interval Digisonde drift data from November 2011 to February 2012, we considered the variations of the plasma drift in F-region under the different geomagnetic activity (Kp) and magnetic local time, as well as it correlation with interplanetary magnetic field (IMF). The results indicate that properly restricting the Doppler frequency shift of the echo has a strong effect that contributes to the accurate and robust measurements of the ionospheric plasma drift. The mean value of horizontal drift mostly leveled off to about 600 m/s at altitude around of 230 km, while the field-aligned component of drift showed mean values of -25 m/s near pre-noon and +40 m/s during the night. These strong diurnal variations have dependence on the sign and strength of the IMF B_y and B_z components. It implies that the contraction and expansion of the polar cap with Kp and the convection in the proximity of the throat with different IMF conditions have a profound influence on the observed drift velocities.

Keywords: Digisonde DPS 4, Doppler frequency shift, remote sensing, polar ionosphere, plasma drift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

観測機器パッケージPARM-HEPによる脈動オーロラ現象に伴う高エネルギー降り込み電子の観測
PARM-HEP Observation of Precipitating High Energy Electrons over Pulsating Aurora

*滑川 拓[1]、三谷 烈史[2]、浅村 和史[2]、斎藤 義文[2]
*Taku Namekawa[1], Takefumi Mitani[2], Kazushi Asamura[2], Yoshifumi Saito[2]

1. 東京大学・理学系研究科・地球惑星科学専攻、2. 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate school of Science, The University of Tokyo, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

マイクロバーストと呼ばれる放射線帯電子が地球大気に振り込む現象は、放射線帯の高エネルギー電子の散逸に大きく関連していると考えられている。この現象は地球極域で観測される脈動オーロラと類似したメカニズムである、磁気圏電子のプラズマ波動におけるピッチ角散乱によって発生することが示唆されている。マイクロバーストと脈動オーロラの同時発生を証明することでマイクロバーストの起源を明らかにできる可能性があるが、未だ観測的な検証はなされていない。

我々は脈動オーロラと電子マイクロバースト降下の関係性を調べるため、高エネルギー電子観測器（HEP）を開発した。HEPは300keV~2MeVの高エネルギー電子一つをエネルギー分解能20 %以下、信号処理時間~5 μsで計測することができる。このエネルギー分析にはSSD（Solid State Detector）を使用している。これらの観測性能は、密封放射線源、または高エネルギー電子ビームラインを用いて実証したものである。本機器は国際学生観測ロケットRockSat-XNおよびLAMP（Loss through Auroral Microburst Pulsation）観測ロケット実験に、脈動オーロラ・マイクロバーストの同時観測を目的とする観測パッケージPARMの中心的機器として搭載される。RockSat-XNは2019年1月13日にノルウェー・アンドーヤより打ち上げられ、観測データを取得した。一方でLAMP観測実験は2019 年度冬季におけるアラスカ・ポーカーフラットからの打ち上げに向けて準備が進められている。本発表ではHEPの概要とRockSat-XNによる観測結果、さらにLAMP観測実験に向けた準備状況について述べる。

キーワード：マイクロバースト、PARM、RockSat-XN、LAMP、観測ロケット、脈動オーロラ
Keywords: Microburst, PARM, RockSat-XN, LAMP, Sounding rocket, Pulsating aurora

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

半球視野の中間エネルギー電子検出器の開発と PARM（Pulsating AuRora and Microburst）ミッションにおける飛行試験
Development of the medium-energy electron detector with hemispherical field-of-view and the flight test in the PARM (Pulsating AuRora and Microburst) mission

*菅生 真[1]、川島 桜也[1]、浅村 和史[2]、野村 麗子[3]、小川 泰信[4]、細川 敬祐[5]、三好 由純[6]、三谷 烈史[2]、滑川 拓[1,2]、坂野井 健[7]、吹澤 瑞貴[7]、八木 直志[7]、笠原 慧[1]
*Shin Sugo[1], Oya Kawashima[1], Kazushi Asamura[2], Reiko Nomura[3], Yasunobu Ogawa[4], Keisuke Hosokawa[5], Yoshizumi Miyoshi[6], Takefumi Mitani[2], Taku Namekawa[1,2], Takeshi Sakanoi[7], Mizuki Fukizawa[7], Naoshi Yagi[7], Satoshi Kasahara[1]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台、4. 国立極地研究所、5. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、7. 東北大学
1. The University of Tokyo, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. National Institute of Polar Research, 5. The University of Electro-Communications, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 7. Tohoku University

高エネルギー電子は電離圏のダイナミクスに加えて、惑星、衛星の長期的な表層環境進化に重大な影響を与える。この高エネルギー電子のフラックスは必ずしも等方的でなく、太陽系天体への影響を定量的に評価するには広い立体角をカバーする必要がある。我々は将来の惑星探査を念頭に、衛星スピンに影響しないほぼ2−piステラジアンをカバーできる中間エネルギー(20 - 100 keV)電子観測器(MED)を開発した。関連環境でこの観測器の性能を評価するために我々はNASAのRockSat-XNロケットを用いた降下電子測定を目的としたPARMミッションに参加した。本発表では2019年1月13日のフライト中に得たMEDの観測結果について報告する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーロラ爆発の衛星画像と地上画像における相違
Auroral substorm onset in satellite-based global images and ground-based all-sky images

*家田 章正[1]、Kirsti Kauristie[2]、西村 幸敏[3]、宮下 幸長[4]、Frey Harald[5]、Juusola Liisa[2]、Whiter Daniel[6]、能勢 正仁[7]、Fillingim Matthew[5]、Honary Farideh[8]、Rogers Neil[8]、三好 由純[1]、町田 忍[1]
*Akimasa Ieda[1], Kirsti Kauristie[2], Yukitoshi Nishimura[3], Yukinaga Miyashita[4], Harald U Frey[5], Liisa Juusola[2], Daniel Whiter[6], Masahito Nose[7], Matthew O Fillingim[5], Farideh Honary[8], Neil C Rogers[8], Yoshizumi Miyoshi[1], Shinobu Machida[1]

1. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2. Finnish Meteorological Institute、3. Boston University、4. 韓国天文研究院、5. University of California Berkeley、6. University of Southampton、7. 京都大学理学研究科、8. Lancaster University
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Finnish Meteorological Institute, 3. Boston university, 4. Korea Astronomy and Space Science Institute, 5. University of California Berkeley, 6. University of Southampton, 7. Graduate School of Science, Kyoto University, 8. Lancaster University

サブストーム開始時に地上と高高度衛星から同時観測されたオーロラ画像を初めて比較した。一般に、地上1点からの観測では、視野が狭いためにサブストーム開始が視野内か視野外かを断定できないことが知られている。このため、サブストーム開始時刻の同定には広視野の衛星画像が最適であると考えられてきた。一方、衛星画像は低感度であるため、同定した開始時刻は地上画像に比べて遅れる可能性がある。しかし、衛星画像でのオーロラ爆発は、サブストーム開始を示すPi2型の地磁気脈動と同時、あるいはむしろ数分前に観測されることが知られている。この間接的根拠により、衛星画像での開始時刻の低感度による遅れは、サブストームの解明において無視できるほど小さいことが暗に想定されてきた。

本研究では、Polar衛星が光学フィルタを固定した高時間分解モードのデータを使用することにより、衛星グローバル画像と地上画像を、初めて1分以内の時間分解で直接比較した。その結果、衛星画像でのサブストーム開始は、地上画像ではサブストーム開始でなく数分後のオーロラ極方向拡大と同時であることが明らかになった。これまで、衛星画像とPi2型地磁気脈動の時刻対応が良かった原因は、両者ともサブストーム開始の第2段階であるオーロラ極方向拡大に対応しているからであると考えられる。

本研究の結果に基づき、異なる観測手段を用いて同定されるサブストーム開始を統一的に整理した。関連して、サブストーム開始には時刻と段階が異なる2つの定義が使用されており、これまで混同されてきたことを明らかにした。サブストームと磁気再結合など支配メカニズムとの関係は、この2段階発達の枠組みで解明される必要がある。

キーワード：サブストーム、オーロラ爆発、オーロラ
Keywords: substorm, auroral breakup, aurora

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Original substorm onset (Akasofu 1964; 2010)

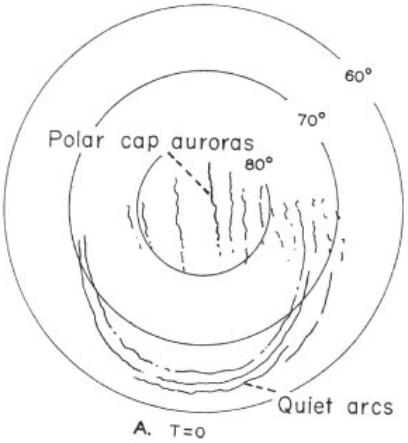


FIG. 2. THE DISTRIBUTION OF THE AURORAS DURING THE QUIET PHASE.

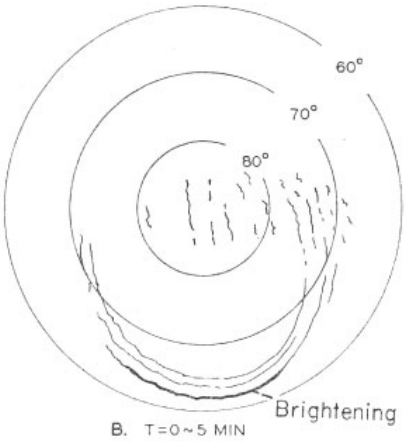


FIG. 3. AURORAS DURING THE EXPANSIVE PHASE (STAGE I).

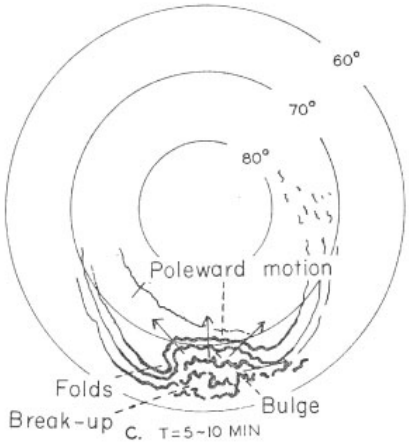


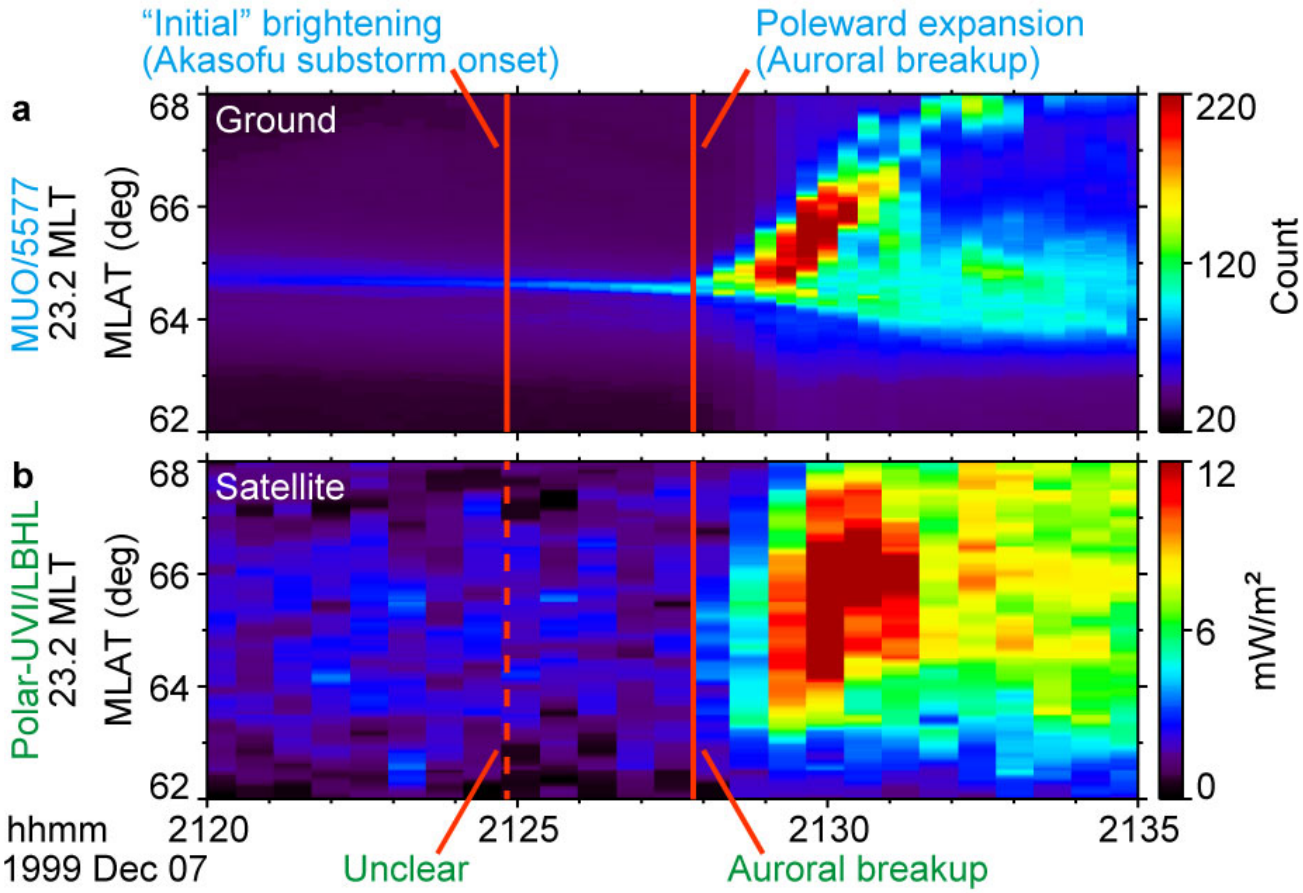
FIG. 4. AURORAS DURING THE EXPANSIVE PHASE (STAGE II).

a Time < 0
Before onset
Quiet arc

b T = 0 ~ 5 min
Expansion phase stage 1
Initial brightening
T = 0: Substorm onset

c T = 5 ~ 10 min
Expansion phase stage 2
Poleward expansion
(Auroral breakup)

Ground and satellite observations (Ieda et al. 2018: 10.1186/s40623-018-0843-3)



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automatic Classification of Auroral images using optical flow feature

*柏木 直人[1]、藤本 晶子[1]、Tokunaga Terumasa[1]、三好 由純[2]、小川 泰信[3]、細川 敬祐[4]
*Naoto Kashiwagi[1], Akiko Fujimoto[1], Terumasa Tokunaga[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Yasunobu Ogawa[3], Keisuke Hosokawa[4]

1. 九州工業大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 電気通信大学
1. Kyushu Institute of Technology, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. The University of Electro-Communications

The machine learning technique including the deep learning has been developed and the practical uses have increased on various field. On the study of auroral detection, the concern over the automatic image classification has risen using the approach of machine learning technique for the large statistical analysis of auroral images. The automatic auroral image classification has tried to use some techniques from computer vision, machine vision and pattern recognition. There are roughly two kinds of the selected feature: the color of image and the motion of aurora image sequences. The works based on the color feature of aurora image have been performed by Rao et al. (2014) and Tanaka et al. (2015). Rao et al. (2014) performed Support Vector Machines (SVM) classification with several local feature extraction techniques, and found that Scale Invariant Feature Transform (SIFT), OpponentSIFT, is the most effective feature for the automated classification of color aurora images. Tanaka et al. (2015) used the aurora area using the HSV model. They mentioned that it is difficult to classify the images including the diffuse aurora and cloud area. The color feature work well for the color auroral image, while the gray-scale (optically filtered) auroral images need other features on the automated classification. Blixt et al. (2006) applied the optical flow estimation to auroral image sequences. Their case study showed the useful tool for representing the motion of the aurora. In this study, we validate the optical flow estimation to extract the feature of auroral image, and automatically classify the large gray-scale auroral images using the machine learning with Convolution Neural Network (CNN). We use 63,486 gray-scale aurora images in total and use five categories for the preparation of supervised learning data, 1) aurora, 2) aurora and cloudy, 3) aurora and moon, 4) aurora, cloudy and moon, 5) noaurora. We perform the Hold-out and the Cross Validation to evaluate our classification performance. We obtained 98.58% of the classification accuracy based on Hold-out and 98.47% of the classification accuracy based on Cross Validation.

キーワード：オーロラ、オプティカルフロー、畳み込みニューラルネットワーク
Keywords: Aurora, Optical flow, Convolution Neural Network

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fine-scale visualization of aurora in a wide area using color digital camera images from the International Space Station

*南條 壮汰[1]、穂積 裕太[1]、細川 敬祐[1]
*Sota Nanjo[1], Yuta Hozumi[1], Keisuke Hosokawa[1]

1. 電気通信大学
1. The University of Electro-Communications

Various ground-based and space-based imagers have been used to observe aurora borealis and australis. So far, however, it has been difficult to observe the detailed spatial structure of auroras in a wide area with sufficient spatial and temporal resolution. Since the photographs taken from the International Space Station (ISS) have sufficient spatial and temporal resolution, it is possible to visualize the fine-scale structures of aurora in a wide area. A calibration of imaging parameters of the photographs using star lights was proposed by a previous research. The accuracy in the timestamp was not guaranteed by the method based on the star lights because the position of the star lights in the image did not change with elapsed time. Thus, it is still difficult to use the mapped data for studying fast variations of aurora, for example pulsating aurora (PsA). Therefore, in this study, we calibrated the images from the ISS using city lights which change their apparent positions with elapsed time. In order to validate the calibration method using city light positions, we mapped two PsA events in the photographs to the geographical coordinate, and compared with those from ground-based all-sky imagers in Alaska and Canada. We found that the approximate shape of discrete aurora and the temporal variation of PsA derived from the ISS images are consistent with those from the ground-based observation. The accuracy in the timestamp is less than 0.5 sec and that in space in the direction perpendicular to the line of sight of the camera is within 5 km. In the presentation, we will also address how the mapped full-color images can be used for studies of PsA in the future work.

キーワード：オーロラ、国際宇宙ステーション
Keywords: aurora, ISS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PARM: Investigation of precipitating high-energy electrons into the auroral ionosphere with sounding rockets

*浅村 和史[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、三谷 烈史[1]、滑川 拓[1,5]、坂野井 健[4]、八木 直志[4]、吹澤 瑞貴[4]、石澤 元気[4]、笠原 慧[5]、菅生 真[5]、川島 桜也[5]、野村 麗子[6]、能勢 正仁[2]、寺本 万里子[2]、小川 泰信[7]、齊藤 慎司[2]、藤井 良一[8]
*Kazushi Asamura[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Keisuke Hosokawa[3], Takefumi Mitani[1], Taku Namekawa[1,5], Takeshi Sakanoi[4], Naoshi Yagi[4], Mizuki Fukizawa[4], Genki Ishizawa[4], Satoshi Kasahara[5], Shin Sugo[5], Oya Kawashima[5], Reiko Nomura[6], Masahito Nose[2], Mariko Teramoto[2], Yasunobu Ogawa[7], Shinji Saito[2], Ryoichi Fujii[8]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 電気通信大学、4. 東北大学、5. 東京大学、6. 自然科学研究機構国立天文台、7. 情報・システム研究機構国立極地研究所、8. 情報・システム研究機構
1. ISAS / JAXA, 2. ISEE, Nagoya University, 3. The University of Electro-Communications, 4. Tohoku University, 5. The University of Tokyo, 6. NAOJ / NINS, 7. NiPR / ROIS, 8. ROIS

Bursty precipitations of high-energy electrons into the polar ionopshere have been observed by low-altitude satellite, for example, SAMPEX and FIREBIRD II. These precipitations, called microburst, may contribute to the loss of the terrestrial radiation belt through the collisional energy loss with the dense, cold atmospheric particles. Recent numerical simulations successfully reproduce these microburst precipitations with a few Hz modulations by taking into account the pitch angle scattering with the whistler chorus elements at off-equator regions in the inner magnetosphere. Therefore, one can expect that the miscroburst precipitations have properties depending on auroral activities especially the pulsating auroras. In order to investigate the mechanisms of the microburst precipitations by in-situ observations, we are developing two instrument packages: PARM (Pulsating AuRora and Microbursts; already developed) and PARM-2 (being developed), both of which are designed suitable for sounding rocket experiments. PARM consists of four sensors; HEP (high-energy electron energy spectrometer), MED (medium-energy electron detector), AIC (auroral camera), and AFG (ASIC-based fluxgate magnetometer). PARM was onboard the NASA's RockSat-XN sounding rocket, and launched from Andoya, Norway at 09:13UT, Jan 13, 2019. On the other hand, PARM-2 is under development. It consists of HEP, two AICs, and MIM (magneto-impedance magnetometer). PARM-2 is to be onboard the NASA's LAMP sounding rocket which will fly from Poker Flat, Alaska in the period between the end of 2019 and the beginning of 2020.

We will present the overview of PARM missions including the initial results of RockSat-XN/PARM with ground-based observations and preparation status of LAMP/PARM-2.

キーワード：高エネルギー電子降り込み、観測ロケット、脈動オーロラ
Keywords: electron microburst precipitation, sounding rocket, pulsating aurora

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM11] Dynamics of Magnetosphere and Ionosphere

コンビーナ:中溝 葵(情報通信研究機構　電磁波研究所)、尾崎 光紀(金沢大学理工研究域電子情報学系)、藤本 晶子(九州工業大学)、堀 智昭(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:長谷川 洋(宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

This session provides an opportunity to present recent results from satellite and ground-based observations and theoretical and simulation studies on the magnetosphere, ionosphere, and their coupling processes. We invite talks and posters discussing various phenomena related to the magnetosphere-ionosphere system: solar wind-magnetosphere interaction, magnetosphere-ionosphere convection, field-aligned current, magnetic storms/substorms, neutral-plasma interaction, ionospheric ion inflow and outflow, aurora phenomena, and so forth. Discussions on planetary and satellite ionosphere and magnetospheres, future missions and instrument developments are also welcome.

15:30 ~ 15:45

[PEM11-01] **A Case Study Based on Ground Observations of the Conjugate Ionospheric Response to Interplanetary Shock in Polar Regions**

*He Fang[1]、Zejun HU[1]、Hongqiao HU[1] (1.Polar Research Institute of China)

15:45 ~ 16:00

[PEM11-02] **Effects of Solar Illumination on the Auroral Electrojet Intensity**

*Shinichi Ohtani[1]、Jesper W Gjerloev[1] (1.The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

16:00 ~ 16:15

[PEM11-03] Quasi-persistent multiple mesoscale field-aligned currents in the duskside auroral oval

*横山 佳弘[1]、田口 聡[1]、家森 俊彦[2]、細川 敬祐[3] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.京都大学、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科)

16:15 ~ 16:30

[PEM11-04] Generation of dispersive Alfvenic turbulence in magnetosphere-ionosphere feedback coupling

*渡邉 智彦[1]、兼山 将寿[1]、前山 伸也[1] (1.名古屋大学大学院理学研究科)

16:30 ~ 16:45

[PEM11-05] Aspects of simulating magnetosphere-ionosphere coupling via field-aligned current

*Astrid I Maute[1]、Arthur D Richmond[1]、Gang Lu[1] (1.High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research, Boulder CO, 80301, USA)

16:45 ~ 17:00

[PEM11-06] **Revisiting the energy conversion process of Birkeland current generation**

*吉川 顕正[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

A Case Study Based on Ground Observations of the Conjugate Ionospheric Response to Interplanetary Shock in Polar Regions

*He Fang[1], Zejun HU[1], Hongqiao HU[1]

1. Polar Research Institute of China

This study uses data acquired by an imaging riometer, an ionosphere total electron content (TEC) monitor, and three specific wavelength auroral imagers at the conjugate Antarctic Zhongshan (ZHS) and Arctic Yellow River (YRS) stations to investigate the response of the polar ionosphere to a space weather event induced by solar flare activity on July 14, 2012. After the geomagnetic storm suddenly commenced and a magnetospheric substorm was triggered by the arrival of an interplanetary shock wave and its interaction with the magnetosphere at 18:10 UT, significantly enhanced auroral activity was observed by the auroral imagers at the ZHS. Meanwhile, the polar conjugate observation stations in the two hemispheres recorded notable growth of the two-dimensional cosmic noise adsorption and similar motion tendencies. According to our analysis and comparison of the ionospheric TEC data acquired by the conjugate stations, the TEC at both locations presented a considerable growth tendency after the interplanetary shock wave arrived, although the two stations experienced different sunlight conditions (polar night in the Antarctic region and polar day in the Arctic region). However, a comparison with high-frequency radar data demonstrated that different sources were responsible for the electron density enhancement of the ionosphere. In the Arctic polar day region, the increased electron density may have been caused by anti-sunward convection of the plasma irregularity, whereas in the Antarctic polar night region, the increased electron density may have been caused by energetic particle precipitation at the magnetospheric tail. Different physical processes might be the cause of the differential responses of the ionosphere at the two studied geomagnetic conjugate stations in the same solar activity event due to different local photoionization conditions.

Keywords: polar ionosphere, conjugate, substorm, response, irregularity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effects of Solar Illumination on the Auroral Electrojet Intensity

*Shinichi Ohtani[1], Jesper W Gjerloev[1]

1. The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

The present study investigates the dependence of the local auroral electrojet (AEJ) intensity on the solar illumination by statistically examining the northward geomagnetic disturbance in terms of the solar zenith angle (SZA) χ. It is found that on the day side, both westward and eastward electrojets (WEJ and EEJ) are more intense for smaller χ suggesting that the solar EUV-induced conductance is the dominant factor for the AEJ intensity. On the night side, in contrast, the χ dependence of the AEJ intensity, if sorted solely by the magnetic local time (MLT), is apparently different for stations at different longitudes and in different hemispheres. However, if additionally sorted by the dipole tilt angle ϕ, a consistent pattern emerges. It is therefore suggested that although ϕ and χ are correlated, the dipole tilt angle and SZA have physically different effects on the local AEJ intensity. The nightside AEJ, especially the WEJ, tends to be more intense for small $|\phi|$. Moreover, whereas the WEJ is statistically more intense when the ionosphere is dark, the EEJ is more intense when sunlit. The preference of the WEJ for the dark ionosphere extends widely in MLT from premidnight to dawn, and therefore, it cannot be linked exclusively with the substorms or be attributed to the previously proposed processes of the preferred auroral precipitation in the dark ionosphere. Instead, it may be explained at least morphologically in terms of the conductance enhancement due to the diffuse auroral precipitation, which is also prevalent from premidnight to dawn and is more intense in the dark hemisphere.

Keywords: Auroral electrojets, Solar illumination, Ionospheric conductance, Dipole tilt, Solar zenith angle, Diffuse aurora

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quasi-persistent multiple mesoscale field-aligned currents in the duskside auroral oval

*横山 佳弘[1]、田口 聡[1]、家森 俊彦[2]、細川 敬祐[3]
*Yoshihiro Yokoyama[1], Satoshi Taguchi[1], Toshihiko Iyemori[2], Keisuke Hosokawa[3]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2. 京都大学、3. 電気通信大学大学院情報理工学研究科
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Kyoto University, 3. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications

Within a large-scale field-aligned current, whose latitudinal width is a few hundred kilometers in the ionosphere, smaller-scale current structures are often embedded. Previous studies have shown that a mesoscale upward field-aligned current with widths of order 10 km generally agree with auroral arcs. However, we still do not understand how this relation forms. In this study, using multispacecraft Swarm data and aurora data from a ground-based all-sky imager at Longyearbyen, Svalbard, we have examined mesoscale features of the field-aligned current and auroral arcs in the duskside auroral oval. We focused on the situation when the large-scale Region 1 current diminishes so that mesoscale features can stand out. Through the cross-correlation analysis of the magnetic perturbations observed by Swarm A and Swarm C, we took events in which the observed magnetic perturbations represent the spatial structure of multiple pairs of upward/downward mesoscale field-aligned currents, not Alfven wave. Conjugate observations between Swarm satellites and the all-sky imager have shown that auroral arcs actually occur in the region of the upward field-aligned current. The result of the analysis of the all-sky image data obtained before and after the conjunction event has shown that the auroral arcs have quasi-persistent features, and also indicated when the auroral arcs appear and disappear. From these results, we discuss how the mesoscale field-aligned current can form.

キーワード：沿磁力線電流、Postnoonオーロラ、Swarm衛星
Keywords: Field-aligned current, Postnoon aurora, Swarm satellites

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Generation of dispersive Alfvenic turbulence in magnetosphere-ionosphere feedback coupling

*渡邉 智彦[1]、兼山 将寿[1]、前山 伸也[1]
*Tomo-Hiko Watanabe[1], Masatoshi Kaneyama[1], Shinya Maeyama[1]

1. 名古屋大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Nagoya University

Magnetosphere-ionosphere (M-I) feedback coupling is considered to provide possible explanations to self-excitatation of auroral arc structures with enhancements of the ionospheric density and the field-aligned current. Recent theoretical and numerical studies have revealed generation of Alfvenic turbulence in the nonlinear evolution of the feedback instability, following the Kelvin-Helmholtz instability accompanied with curl structures of the ionospheric density.
Our recent study has extented to include effects of the electron intertia in the magnetospheric dynamics, where the dispersive Alfven waves with the parallel electric field play a key role in the M-I coupling. The linear stability analysis incuding the electron inertia term has shown the stabilization effect while the mean parallel acceleration of electrons is self-consistently included in the model of auroral arc growth. Nonlinear simulations of the feedback instability have also demonstrated generation of the Alfvenic turbulence with finite parallel electric fields, where a power law energy spectra are obtained for the parallel and perpendicular wavenumbers. The physical picture of Alfvenic turbulence obtained in the persent study is consistent to FAST spacecraft observations of the dispersive Alfven waves and the electron acceleration in the Alfvenic aurora.

キーワード：オーロラ、磁気圏-電離圏結合、乱流、電子加速、アルヴェン波
Keywords: aurora, magnetosphere-ionosphere coupling, turbulence, electron acceleration, Alfven waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Aspects of simulating magnetosphere-ionosphere coupling via field-aligned current

*Astrid I Maute[1], Arthur D Richmond[1], Gang Lu[1]

1. High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research, Boulder CO, 80301, USA

Magnetosphere-ionosphere (MI) coupling is crucial in modeling the thermosphere-ionosphere (TI) response to geomagnetic activity. In general circulation models (GCMs) the MI coupling is frequently realized by specifying the ion convection and auroral particle precipitation patterns from, e.g., empirical models or assimilative models. Using assimilative models, such as the Assimilative Model of Ionospheric Electrodynamics (AMIE), has the advantage that the ion convection and auroral particle precipitation patterns are self-consistent and based on available observations. However, assimilating data can be time consuming and requires expert knowledge, and therefore it is so far not the standard way of MI coupling in GCMs. With the availability of AMPERE data, there is an increased interest of employing field-aligned currents (FAC) in GCMs to represent the MI coupling. The FAC from AMPERE captures interhemispheric differences in the MI coupling not represented by empirical ion convection models. However, since GCMs mostly employ prescribed high latitude ion convection patterns little is known about differences in the TI response to high latitude forcing by prescribed FACs.

In this study, we will compare with the help of a simulated geomagnetic storm the different MI coupling methods, i.e., AMIE, empirical ion convection and AMPERE field-aligned current. We illustrate the sensitivity of the Joule heating and low latitude electric field with respect of the spatial distribution of the aurora and ion convection for the different cases. The influence of interhemispheric differences in the MI coupling on the middle and low latitude thermosphere-ionosphere system will be examined.

Keywords: Magnetosphere-ionosphere coupling via field-aligned current, Interhemispheric assymetries, Middle and low latitude effects

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Revisiting the energy conversion process of Birkeland current generation

*吉川 顕正[1]
*Akimasa Yoshikawa[1]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

As shown by Vasyliunas [1970], the magnetospheric diamagnetic current has a finite divergece when it crosses the region with a finite B gradient and connects to the Field-Aligned Current (FAC). A pressure gradient force, the origin of the diamagnetic current in a force balance to the Ampere force, never twists plasma flow. While for the development of magnetic shear, which corresponds to FAC, combination of Ampere’s law , Faraday’s induction law and MHD Ohm’s law require the gradient of plasma vortex along B-field. In other words, for the existence of a quasi-steady FAC in the MHD scheme, the plasma vorticity along the B-field is inevitably required.

Of course, for the development of plasma vorticity, we need a dynamical process that twists the plasma. What is the dynamical process that twists the plasma as FACs are generated due to the divergence of the diamagnetic current? A conventional answer to this question is a mode conversion between the compressional mode and the Alfven mode when the diamagnetic current is growing (in inductive process). However, in principle, the magnetosphere-ionosphere coupling system forms a dissipative structure in the open solar-terrestrial system. Therefore, even in a macroscopic quasi-steady system, the constant conversion from the thermal energy to the magnetic energy and the internal mode conversion from magnetic compression to the magnetic shear should continuously take place. In this sense, we need to revisit the dynamical process of FAC. In this presentation, we will discuss what is the dynamical process and what is the quasi-steady state of FACs in a dissipative structure of the open magnetosphere-ionosphere system.

キーワード：沿磁力線電流、磁気圏電離圏結合、エネルギー変換
Keywords: Birkeland Current, Magnetosphere-Ionosphere Coupling, Energy Conversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

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

The inner magnetosphere is characterized by the dominance of intrinsic dipolar Earth's magnetic field. The dipolar magnetic field traps charged particles, resulting in the formation of unique particle environment known as the plasmasphere, the ring current, and the radiation belt. The inner magnetosphere is always changing because of incoming energy from the outer magnetosphere and the ionosphere in the forms of particles and electromagnetic fields. In the inner magnetosphere, the particle energy is transferred to the field energy, and vice versa. The mutual coupling between particles and fields also makes the inner magnetosphere unique. The outgoing energy to these regions is also known to be significant, such as precipitation into the upper atmosphere and sub-auroral disturbances. A number of satellites (e.g., DMSP, NOAA, Geotail, Cluster, THEMIS, Van Allen Probes, MMS, and Arase), ground-based instruments (e.g., SuperDARN and EISCAT radars, magnetometers, and cameras), and numerical simulations (e.g., global particle simulation, PIC simulation, and hybrid simulation) have successfully surveyed the inner magnetosphere, which deepen our knowledge significantly. USAF DSX, UCLA Elfin and NASA CeRES will be launched soon, being expected to provide important information. We solicit papers describing recent results on the inner magnetosphere and/or its coupling with the other regions, including the ionosphere and the outer magnetosphere.

9:00 ~ 9:15

[PEM13-11] Nonlinear Damping of Oblique Whistler Mode Waves Via Landau Resonance

*謝 怡凱[1]、大村 善治[1] (1.京都大学生存圏研究所)

9:15 ~ 9:30

[PEM13-12] Instantaneous Frequency Analysis on Nonlinear EMIC Emissions: Arase Observation

*小路 真史[1]、三好 由純[1]、大村 善治[2]、Kistler Lynn[1,3]、笠羽 康正[4]、松田 昇也[5]、笠原 禎也[6]、松岡 彩子[5]、野村 麗子[7]、石坂 圭吾[8]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、八木谷 聡[6]、寺本 万里子[1]、浅村 和史[5]、高島 健[5]、篠原 育[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.京都大学生存圏研究所、3.Institute for the Study of Earth Oceans and Space, University of New Hampshire、4.東北大学、5.宇宙科学研究所、6.金沢大学、7.国立天文台、8.富山県立大学)

9:30 ~ 9:45

[PEM13-13] Rapid Precipitation by EMIC Rising-tone Emissions of Relativistic Electrons Observed by the Van Allen Probes Mission

*中村 紗都子[1]、大村 善治[1]、Craig Kletzing[2]、Daniel Baker[3] (1.京都大学生存圏研究所、2.Department of Physics and Astronomy University of Iowa 、3.The Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LASP) at the University of Colorado)

9:45 ~ 10:00

[PEM13-14] Plasmaspheric EMIC waves excited through mode conversion from equatorial noise under existence of M/Q=2 ions

*三好 由純[1]、松田 昇也[2]、栗田 怜[1]、野村 浩司[1]、桂華 邦裕[3]、小路 真史[1]、北村 成寿[3]、笠原 禎也[4]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2]、塩川 和夫[1]、町田 忍[1]、Santolik Ondrej[5]、Boardsen Scott[6]、Horne Richard[7]、John Wygant[8] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.東京大学、4.金沢大学、5.チェコ科学アカデミー、6.NASA、7.British Antarctic Survey、8.ミネソタ大学)

10:00 ~ 10:15

[PEM13-15] Generation Mechanism of Non-thermal Continuum Radiation

*大村 善治[1]、Horky Miroslav[1,2] (1.京都大学生存圏研究所、2.Department of Space Physics, Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences)

10:15 ~ 10:30

[PEM13-16] Influence of kappa distributions on the sweep rate of whistler mode chorus waves

*Danny Summers[1] (1.Memorial University of Newfoundland)

Nonlinear Damping of Oblique Whistler Mode Waves Via Landau Resonance

*謝 怡凱[1]、大村 善治[1]
*Yikai HSIEH[1], Yoshiharu Omura[1]

1. 京都大学生存圏研究所
1. Reserach Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

Nonlinear trapping of electrons via Landau resonance is an important mechanism of oblique whistler mode wave-particle interactions. Electrons trapped by Landau resonance gain energies from waves. The Landau resonance velocity becomes very close to the group velocity of nearly parallel whistler mode waves at frequencies around half the electron gyrofrequency, resulting in a long interaction time and possible wave damping. We perform test particle simulations with parameters at L = 5 and a small wave normal angle 10 degrees to study the wave-particle interactions via the Landau resonance. Analyzing the wave electric fields and the resonant currents formed by electrons undergoing Landau and cyclotron resonances, we show that effective wave damping occurs near half the electron gyrofrequency. This nonlinear wave damping is contributed by Landau resonance rather than cyclotron resonance. Furthermore, we confirm that this damping is dominated by perpendicular components of the wave electric field and perpendicular resonant currents. The simulation results indicate that nonlinear damping via Landau resonance is one of the mechanisms dividing chorus emissions into the upper band and the lower band.

キーワード：ホイッスラーモード波、波動粒子相互作用、相対論的電子、ランダウ共鳴
Keywords: whistler mode waves, wave-particle interaction, relativistic electrons, Landau resonance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Instantaneous Frequency Analysis on Nonlinear EMIC Emissions: Arase Observation

*小路 真史[1]、三好 由純[1]、大村 善治[2]、Kistler Lynn[1,3]、笠羽 康正[4]、松田 昇也[5]、笠原 禎也[6]、松岡 彩子[5]、野村 麗子[7]、石坂 圭吾[8]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、八木谷 聡[6]、寺本 万里子[1]、浅村 和史[5]、高島 健[5]、篠原 育[5]
*Masafumi Shoji[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Yoshiharu Omura[2], Lynn M Kistler[1,3], Yasumasa Kasaba[4], Shoya Matsuda[5], Yoshiya Kasahara[6], Ayako Matsuoka[5], Reiko Nomura[7], Keigo Ishisaka[8], Atsushi Kumamoto[4], Fuminori Tsuchiya[4], Satoshi Yagitani[6], Mariko Teramoto[1], Kazushi Asamura[5], Takeshi Takashima[5], Iku Shinohara[5]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 京都大学生存圏研究所、3. Institute for the Study of Earth Oceans and Space, University of New Hampshire、4. 東北大学、5. 宇宙科学研究所、6. 金沢大学、7. 国立天文台、8. 富山県立大学
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. Institute for the Study of Earth Oceans and Space, University of New Hampshire, 4. Tohoku University, 5. Institute of Space and Astronautical Science, 6. Kanazawa University, 7. National Astronomical Observatory of Japan, 8. Toyama Prefecture University

In the inner magnetosphere, the Arase spacecraft has observed electromagnetic ion cyclotron (EMIC) emissions with both rising and falling frequencies. The instantaneous frequency analyses on the electromagnetic fields of the EMIC rising tone emission have been performed by the Hilbert-Huang transform. The time variation of the instantaneous frequency shows a good agreement with the nonlinear theory for the frequency evolutions. Rapid instantaneous frequency modulation is also found during the rising tone emission. We estimate the peak-to-peak time of the fluctuation in the frequency and find that the fluctuation is caused around a half of the particle trapping time. From the motion of the phase-bunched particle around the resonant velocity, it is expected that the nonlinear resonant current, which induces the falling frequency is formed in half the trapping time.

キーワード：非線形波動粒子相互作用、あらせ衛星
Keywords: nonlinear wave particle interaction, Arase spacecraft

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rapid Precipitation by EMIC Rising-tone Emissions of Relativistic Electrons Observed by the Van Allen Probes Mission

*中村 紗都子[1]、大村 善治[1]、Craig Kletzing[2]、Daniel Baker[3]
*Satoko Nakamura[1], Yoshiharu Omura[1], Craig Kletzing[2], Daniel Baker[3]

1. 京都大学生存圏研究所、2. Department of Physics and Astronomy University of Iowa 、3. The Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LASP) at the University of Colorado
1. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University., 2. Department of Physics and Astronomy University of Iowa , 3. The Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LASP) at the University of Colorado

On 23 February 2014, Van Allen Probes sensors observed quite strong electromagnetic ion cyclotron waves (EMIC) in the outer dayside magnetosphere. The maximum amplitude was more than 14 nT, comparable to 7 % of the magnitude of the ambient magnetic field. The EMIC waves consisted of a series of coherent rising tone emissions. Rising tones are excited sporadically by energetic protons. At the same time, the probes detected drastic fluctuations in fluxes of MeV electrons. It was found that the electron fluxes decreased by more than 30 % during the one minute following the observation of each EMIC rising tone emissions. Furthermore, it is concluded that the flux reduction is a non-adiabatic (irreversible) process since holes in the particle flux levels appear as drift echoes with energy dispersion. We examine the process of the electron pitch angle scattering by nonlinear wave trapping due to anomalous cyclotron resonance with EMIC rising tone emissions. The energy range of precipitated electrons corresponds to the presumed energy for the threshold amplitude for nonlinear wave trapping. This is the first report of rapid precipitation by this mechanism of relativistic electrons by EMIC rising tone emissions and their drift echoes in time observed by spacecraft.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Plasmaspheric EMIC waves excited through mode conversion from equatorial noise under existence of M/Q=2 ions

*三好 由純[1]、松田 昇也[2]、栗田 怜[1]、野村 浩司[1]、桂華 邦裕[3]、小路 真史[1]、北村 成寿[3]、笠原 禎也[4]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2]、塩川 和夫[1]、町田 忍[1]、Santolik Ondrej[5]、Boardsen Scott[6]、Horne Richard[7]、John Wygant [8]
*Yoshizumi Miyoshi[1], Shoya Matsuda[2], Satoshi Kurita[1], koji nomura[1], Kunihiro Keika[3], Masafumi Shoji[1], Naritoshi Kitamura[3], Yoshiya Kasahara[4], Ayako Matsuoka[2], Iku Shinohara[2], Kazuo Shiokawa[1], Shinobu Machida[1], Ondrej Santolik[5], Scott Boardsen[6], Richard Horne[7], Wygant John[8]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 東京大学、4. 金沢大学、5. チェコ科学アカデミー、6. NASA、7. British Antarctic Survey、8. ミネソタ大学
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. JAXA, 3. University of Tokyo, 4. Kanazawa University, 5. CAS, 6. NASA, 7. British Antarctic Survey, 8. University of Minnesota

Equatorial noise (EN, and referred to as magnetosonic mode waves) emissions are observed inside and outside the plasmapause and propagate across the magnetic field. In this study, we found the mode conversion from EN to EMIC waves in the plasmasphere using the plasma wave data from Van Allen Probes and Arase. When EN propagates into the earthward across the field line toward the Earth, EN splits into different waves modes; EN, and EMIC waves with the existence of M/Q=2 ions (deuteron or alpha particles) in the deep plasmasphere and the topside ionosphere. The oblique EMIC waves are excited through this mode conversion process, which are different characteristics of the propagation directions from EMIC waves generated from other processes. This mode conversion contributes to an origin of the plasmaspheric EMIC waves, especially at L<2.

キーワード：あらせ、プラズマ圏EMIC、M/Q=2イオン
Keywords: Arase, Plasmaspheric EMIC waves, M/Q=2 ions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Generation Mechanism of Non-thermal Continuum Radiation

*大村 善治[1]、Horky Miroslav[1,2]
*Yoshiharu Omura[1], Miroslav Horky[1,2]

1. 京都大学生存圏研究所、2. Department of Space Physics, Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences
1. Reserach Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 2. Department of Space Physics, Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences

We study a possible nonlinear mechanism which could be responsible for generation of the non-thermal continuum radiation. We propose a theoretical model and perform numerical simulations using a 2-D electromagnetic particle code (KEMPO2) [1] to verify the mechanism [2]. In the simulation system, we have density gradient and ring beam electrons in the dense region as a source of electrostatic waves through ring-beam instability. These electrostatic waves cause non-gyrotropy of the ring velocity distribution which is necessary for generation of the harmonic waves. Velocity component V_y together with magnetic field B_z of the generated Z-mode waves creates Lorentz force in the x-direction (along the magnetic field). Hence, oscillating energetic electrons work as an anntenna emiting O-mode waves to the low density region. Electromagnetic O-mode waves are emitted at harmonics of the cyclotron frequency up to the maximal plasma frequency of the high density region, and they are observed as non-thermal continuum radiation in the low density region.

References:
[1] M. Horky, Y. Omura, and O. Santolik, Particle simulation of electromagnetic emissions from electrostatic instability driven by an electron ring beam on the density gradient, Physics of Plasmas 25, 042905, doi: 10.1063/1.5025912, 2018.
[2] M. Horky, and Y. Omura, Novel nonlinear mechanism of the generation of non-thermal continuum radiation, Physics of Plasmas 26, 2019.

キーワード：波動粒子相互作用、非線形過程、プラズマポーズ
Keywords: wave-particle interaction, nonlinear process, plasma_pause

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of kappa distributions on the sweep rate of whistler mode chorus waves

*Danny Summers[1]

1. Memorial University of Newfoundland

Kappa particle distributions typically possess a high-energy power-law tail characterized by a spectral index kappa. Here we consider the bi-kappa and kappa-loss-cone distributions. The influence of kappa distributions on the linear growth rate of whistler-mode waves is mediated by the electron anisotropy. The linear growth rate corresponding to kappa distributions (for kappa=2) exceeds that for a bi-Maxwellian distribution for electron anisotropies less than a critical value; for anisotropies greater than the critical value the opposite applies. The influence of kappa distributions on the threshold wave amplitude for nonlinear growth depends on the wave frequency, the electron anisotropy and the temperature of the (hot) energetic electrons that generate the waves. We construct time profiles of the amplitude and frequency of chorus wave elements for various sets of parameters. We examine how the sweep (chirp) rate of the waves depends on the kappa index. Nonlinear growth of whistler mode waves can be enhanced or inhibited by kappa distributions,dependent on the values of the parameters of the background plasma and the properties of the injected energetic electron population that generates the waves.

Keywords: kappa distributions, whistler mode waves, chorus sweep rates

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

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

The inner magnetosphere is characterized by the dominance of intrinsic dipolar Earth's magnetic field. The dipolar magnetic field traps charged particles, resulting in the formation of unique particle environment known as the plasmasphere, the ring current, and the radiation belt. The inner magnetosphere is always changing because of incoming energy from the outer magnetosphere and the ionosphere in the forms of particles and electromagnetic fields. In the inner magnetosphere, the particle energy is transferred to the field energy, and vice versa. The mutual coupling between particles and fields also makes the inner magnetosphere unique. The outgoing energy to these regions is also known to be significant, such as precipitation into the upper atmosphere and sub-auroral disturbances. A number of satellites (e.g., DMSP, NOAA, Geotail, Cluster, THEMIS, Van Allen Probes, MMS, and Arase), ground-based instruments (e.g., SuperDARN and EISCAT radars, magnetometers, and cameras), and numerical simulations (e.g., global particle simulation, PIC simulation, and hybrid simulation) have successfully surveyed the inner magnetosphere, which deepen our knowledge significantly. USAF DSX, UCLA Elfin and NASA CeRES will be launched soon, being expected to provide important information. We solicit papers describing recent results on the inner magnetosphere and/or its coupling with the other regions, including the ionosphere and the outer magnetosphere.

10:45 ~ 11:05

[PEM13-17] The Impacts of Substorms on the Ring Current

★Invited Papers

*Jasmine Kaur Sandhu[1]、I. J. Rae[1]、M. Gkioulidou[2]、C. Forsyth[1]、G. D. Reeves[3]、M. P. Freeman[4]、K. R. Murphy[5]、M.-T. Walach[6]、H. E. Spence[7] (1.Mullard Space Science Laboratory, University College London, UK.、2.Applied Physics Laboratory, John Hopkins University, USA.、3.Los Alamos National Laboratory, USA.、4.British Antarctic Survey, UK.、5.University of Maryland, USA.、6.Lancaster University, UK.、7.University of New Hampshire, USA.)

11:05 ~ 11:25

[PEM13-18] Dipolarization in the Inner Magnetosphere: Comparison between Geosynchronous Orbit and Further Inside

★Invited Papers

*Shinichi Ohtani[1]、Tetsuo Motoba[1]、Matina Gkioulidou[1]、Kazue Takahashi[1] (1.The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

11:25 ~ 11:40

[PEM13-19] Substorm-associated particle injection near/at geosynchronous orbit: Observations from ERG and GOES

*Tzu-Fang Chang[1,2]、Chio-Zong Cheng[2]、Sunny Wing-Yee Tam[2]、Chih-Yu Chiang[2]、Yoshizumi Miyoshi[1]、Tomoaki Hori[1]、Takefumi Mitani[3]、Takeshi Takashima[3]、Ayako Matsuoka[3]、Mariko Teramoto[1]、Iku Shinohara[3] (1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan、2.Institute of Space and Plasma Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan、3.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Japan)

11:40 ~ 11:55

[PEM13-20] Substorm -like energetic electron injection observed at the plasma sheet boundary in the inner magnetosphere

*篠原 育[1]、長井 嗣信[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、笠原 慧[3]、風間 洋一[4]、Wang Shiang-Yu[4]、Tam Sunny[5]、松岡 彩子[1]、浅村 和史[1]、横田 勝一郎[6]、高島 健[1]、三好 由純[7] (1.宇宙航空研究開発機構／宇宙科学研究所、2.宇

宙航空研究開発機構、3.東京大学、4.ASIAA、5.国立成功大学、6.大阪大学、7.名古屋大学／宇宙地球環境研究所)

11:55 ~ 12:10

[PEM13-21] Magnetic field disturbances associated with the magnetic dipolarization observed by Arase (ERG) in the inner magnetosphere

*松岡 彩子[1]、能勢 正仁[2]、三好 由純[2]、篠原 育[1]、寺本 万里子[2]、野村 麗子[3]、藤本 晶子[4]、田中 良昌[5]、篠原 学[6]、笠原 禎也[7]、笠羽 康正[8]、石坂 圭吾[9]、松田 昇也[1]、小路 真史[2]、中川 朋子[10]、Kazama Yoichi[11]、Wang Shiang-Yu[11]、笠原 慧[12]、横田 勝一郎[13]、三谷 烈史[1] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.国立天文台　RISE月惑星探査検討室、4.九州工業大学　情報工学部、5.国立極地研究所、6.鹿児島工業高等専門学校、7.金沢大学　総合メディア基盤センター、8.東北大学　惑星プラズマ・大気研究センター、9.富山県立大学 工学部、10.東北工業大学　工学部、11.台湾中央研究院、12.東京大学　大学院理学系研究科、13.大阪大学　大学院理学研究科)

12:10 ~ 12:15

Discussion

The Impacts of Substorms on the Ring Current

*Jasmine Kaur Sandhu[1], I. J. Rae[1], M. Gkioulidou[2], C. Forsyth[1], G. D. Reeves[3], M. P. Freeman[4], K. R. Murphy[5], M.-T. Walach[6], H. E. Spence[7]

1. Mullard Space Science Laboratory, University College London, UK., 2. Applied Physics Laboratory, John Hopkins University, USA., 3. Los Alamos National Laboratory, USA., 4. British Antarctic Survey, UK., 5. University of Maryland, USA., 6. Lancaster University, UK., 7. University of New Hampshire, USA.

Substorms are a highly dynamic process that result in the global redistribution of energy within the magnetosphere. The occurrence of a substorm can provide the inner magnetosphere with hot ions and consequently intensify the ring current population. However, substorms are a highly variable phenomenon that can occur as an isolated event or as part of a sequence. In this study we determine the extent to which substorms enhance the ring current energy content and compare how the energy enhancement varies with substorm type.

Using ion observations (H^+, O^+, and He^+) from the RBSPICE and HOPE instruments onboard the Van Allen Probes, we quantify how the total ring current energy content changes during the substorm process. A statistical analysis demonstrates the impact of a typical substorm on the ring current region. We find that ~ 5% of the total energy released at substorm onset is transferred into the ring current population, and energises the ring current by 12% on average. The features of the energy enhancement correlate well with the expected properties of particle injections into the inner magnetosphere, and large enhancements in the O^+ contribution to the energy content suggest important compositional variations.

Analysis also reveals that the ring current response to substorms is strongly dependent upon the type of substorm activity. The results show that substorms followed by a series of successive substorms are associated with significantly different ring current conditions and enhancements compared to isolated substorms. We present clear magnitude and local time differences that illustrate the complexity and variability of the substorm-ring current coupling, along with an interpretation of the details of this relationship.

Keywords: Ring Current, Substorms, Van Allen Probes, Magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dipolarization in the Inner Magnetosphere: Comparison between Geosynchronous Orbit and Further Inside

*Shinichi Ohtani[1], Tetsuo Motoba[1], Matina Gkioulidou[1], Kazue Takahashi[1]

1. The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

The present study addresses the current system associated with dipolarization in the inner magnetosphere. *Ohtani et al.* [2018] examined dipolarization events observed by the Van Allen Probes (RBSP) satellites within 5.8 R_E from Earth, and by statistically comparing signatures at nearby RBSP or GOES satellites, they found that dipolarization signatures are often highly correlated (c.c. > 0.8) within 1 hr in MLT and 1 R_E in R_{XY}, and the dipolarization region expands earthward as well as azimuthally. In the present study we use, as a reference, the GOES geosynchronous satellites instead, and we examine how the magnetic field at the RBSP position changes responding to sharp dipolarizations at geosynchronous orbit. As expected from the aforementioned result, the two spacecraft occasionally observe similar dipolarization signatures with some time delay. It is, however, also found that in some events the magnetic field changes far less systematically at the RBSP probes, and in other events it barely changes or changes very gradually even if the RBSP probes are located very close to the GOES location in longitude (DMLT = 0.0 ~ 0.5 hr in MLT). By examining such variability with respect to the radial distance and magnetic latitude of the RBSP probes, we address the spatial structure of the associated current system. We also examine the variation of particle fluxes at the RBSP probes for each type of the magnetic response, and discuss the result in terms of the enhancement of local plasma pressure and the formation of a R2-sense field-aligned current system, which we suggest coexists along with the conventional substorm wedge current system.

Reference:

Ohtani, S., Motoba, T., Gkioulidou, M., Takahashi, K., & Singer, H. J. (2018). Spatial development of the dipolarization region in the inner magnetosphere. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 123, 5452–5463. https://doi.org/10.1029/2018JA025443.

Keywords: Dipolarization, Inner magnetosphere, Substorms, Field-aligned currents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Substorm-associated particle injection near/at geosynchronous orbit: Observations from ERG and GOES

*Tzu-Fang Chang[1,2], Chio-Zong Cheng[2], Sunny Wing-Yee Tam[2], Chih-Yu Chiang[2], Yoshizumi Miyoshi[1], Tomoaki Hori[1], Takefumi Mitani[3], Takeshi Takashima[3], Ayako Matsuoka[3], Mariko Teramoto[1], Iku Shinohara[3]

1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, 2. Institute of Space and Plasma Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Japan

The injection of electrons during the substorm event, occurring on Apr. 5, 2017, was observed by the ERG (Arase), GOES-15 and GOES-13 spacecraft near/at geosynchronous orbit. The ERG satellite observed the nearly-dispersionless injection and the subsequent drift echoes while the GOES-15 and GOES-13 captured the drift echoes with dispersion. The multipoint observations provide constraints for us to simulate the substorm-associated injection. We improve an existing model in the literature to study the substorm injection event. Since the electron energies of interest are comparable to the rest mass energy, our work further provides the relativistic form of the previous model and employs a semi-empirical model instead of a dipole-based one in the previous study. Our simulations successfully reproduce the key features of the nearly-dispersionless injection and the drift echoes. The periods of drift echoes show a better fit to the spacecraft observations when relativistic effects are taken into account. The substorm-associated injection event can be better simulated by the further-developed model shown in this study.

Keywords: ERG, Arase, substorm injection, drift echoes, relativistic effects

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Substorm -like energetic electron injection observed at the plasma sheet boundary in the inner magnetosphere

*篠原 育[1]、長井 嗣信[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、笠原 慧[3]、風間 洋一[4]、Wang Shiang-Yu[4]、Tam Sunny[5]、松岡 彩子[1]、浅村 和史[1]、横田 勝一郎[6]、高島 健[1]、三好 由純[7]
*Iku Shinohara[1], Nagai Tsugunobu[1], Takefumi Mitani[1], Nana Higashio[2], Satoshi Kasahara[3], Yoichi Kazama[4], Shiang-Yu Wang[4], Sunny Tam[5], Ayako Matsuoka[1], Kazushi Asamura[1], Shoichiro Yokota[6], Takeshi Takashima[1], Yoshizumi Miyoshi[7]

1. 宇宙航空研究開発機構／宇宙科学研究所、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 東京大学、4. ASIAA、5. 国立成功大学、6. 大阪大学、7. 名古屋大学／宇宙地球環境研究所
1. Japan Aerospace Exploration Agency/Institute of Space and Astronautical Science, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. The University of Tokyo, 4. Academia Sinica/Institute of Astronomy and Astrophysics, 5. National Cheng Kung University, 6. Osaka University, 7. Nagoya University/Institute for Space-Earth Einvironment Research

The Arase (ERG) satellite is possible to observe higher L-value plasma sheet close to the plasma sheet boundary because of its characteristic orbit, and, actually, Arase has observed several lobe entry events just outside of the outer radiation belt. In some of these events, we found that energetic electron bursts up to (sometimes, over) 300 keV appear at the plasma sheet boundary. The purpose of this study is to address where do the energetic electron bursts at higher latitude come from and what is the contribution of magnetotail reconnection and its associated acceleration process to the generation of the energetic electron bursts.

However, the observed energetic electron bursts look quite similar to typical dispersionless substorm injection events. If the observed electron bursts are due to the substorm injection, the observation cannot be explained by the standard understanding of the injection because (1) the injection occurs associated with local magnetic field dipolarizations in downstream of the magnetotail reconnection jets (in deep inside of the plasma sheet) and (2) energetic electrons observed at the plasma sheet boundary are thought to be directly accelerated from magnetotail reconnection sites. Since the pitch angle distribution of 100-200 keV electron shows enhancement both of parallel and perpendicular fluxes, the observed results suggest the coexistence of (1) and (2). In this presentation, we will discuss the physical meanings of the observed electron bursts. The discussion is important to address the relationship between magnetotail reconnection and injections, and the results might contribute to a better understanding of electron acceleration processes and energy input to the inner magnetosphere.

キーワード：energetic electron injection、substorm
Keywords: plasma sheet boundary, electron acceleration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetic field disturbances associated with the magnetic dipolarization observed by Arase (ERG) in the inner magnetosphere

*松岡 彩子[1]、能勢 正仁[2]、三好 由純[2]、篠原 育[1]、寺本 万里子[2]、野村 麗子[3]、藤本 晶子[4]、田中 良昌[5]、篠原 学[6]、笠原 禎也[7]、笠羽 康正[8]、石坂 圭吾[9]、松田 昇也[1]、小路 真史[2]、中川 朋子[10]、Kazama Yoichi[11]、Wang Shiang-Yu[11]、笠原 慧[12]、横田 勝一郎[13]、三谷 烈史[1]
*Ayako Matsuoka[1], Masahito Nose[2], Yoshizumi Miyoshi[2], Iku Shinohara[1], Mariko Teramoto[2], Reiko Nomura[3], Akiko Fujimoto[4], Yoshimasa Tanaka[5], Manabu Shinohara[6], Yoshiya Kasahara[7], Yasumasa Kasaba[8], Keigo Ishisaka[9], Shoya Matsuda[1], Masafumi Shoji[2], Tomoko Nakagawa[10], Yoichi Kazama[11], Shiang-Yu Wang[11], Satoshi Kasahara[12], Shoichiro Yokota[13], Takefumi Mitani[1]

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3. 国立天文台　RISE月惑星探査検討室、4. 九州工業大学　情報工学部、5. 国立極地研究所、6. 鹿児島工業高等専門学校、7. 金沢大学　総合メディア基盤センター、8. 東北大学　惑星プラズマ・大気研究センター、9. 富山県立大学 工学部、10. 東北工業大学　工学部、11. 台湾中央研究院、12. 東京大学　大学院理学系研究科、13. 大阪大学　大学院理学研究科
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. RISE, National Astronomical Observatory of Japan, 4. School of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, 5. National Institute of Polar Research, 6. National Institute of Technology, Kagoshima College, 7. Information Media Center, Kanazawa University, 8. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 9. Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University, 10. Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology, 11. Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics, 12. School of Science, The University of Tokyo, 13. School of Science, Osaka University

The magneto-hydrodynamic waves propagating in the plasma sheet are recognized to transport substantial energies in the magnetosphere. We investigated magnetic field disturbances of the Alfven waves observed by the Arase spacecraft at about 5 earth-radii distance in the midnight. In the inner plasma sheet Alfven waves were often accompanied by the magnetic dipolarization.
We examined the magnetic disturbances in the plane perpendicular to the ambient magnetic field. In the two events examined in our study, the magnetic field disturbances were linearly polarized and the polarization direction gradually rotated 180 degrees in 200 seconds. It is well interpreted that Arase traversed a magnetic flux tube where torsional Alfven waves propagated. The change of the polarization direction reflected the change of observation location in the flux tube. Torsional-mode is significantly common and natural as the parallel-propagating Alfven wave. It is known that large-scale energy transfer and dissipation of the torsional Alfven waves take place on the solar surface.
Meanwhile, in the boundary plasma sheet adjacent to the lobe, the magnetic field disturbances were linearly polarized again and confined to the dawn-dusk direction. They are interpreted as plane Alfven waves having uniformity in the dawn-dusk direction and propagating obliquely. The kinetic effect of the Alfven waves has been often discussed in previous works in association with the auroral emission at the ionospheric altitude.

キーワード：あらせ、磁場、双極子化、アルフベン波
Keywords: Arase, magnetic field, dipolarization, Alfven wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

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

The inner magnetosphere is characterized by the dominance of intrinsic dipolar Earth's magnetic field. The dipolar magnetic field traps charged particles, resulting in the formation of unique particle environment known as the plasmasphere, the ring current, and the radiation belt. The inner magnetosphere is always changing because of incoming energy from the outer magnetosphere and the ionosphere in the forms of particles and electromagnetic fields. In the inner magnetosphere, the particle energy is transferred to the field energy, and vice versa. The mutual coupling between particles and fields also makes the inner magnetosphere unique. The outgoing energy to these regions is also known to be significant, such as precipitation into the upper atmosphere and sub-auroral disturbances. A number of satellites (e.g., DMSP, NOAA, Geotail, Cluster, THEMIS, Van Allen Probes, MMS, and Arase), ground-based instruments (e.g., SuperDARN and EISCAT radars, magnetometers, and cameras), and numerical simulations (e.g., global particle simulation, PIC simulation, and hybrid simulation) have successfully surveyed the inner magnetosphere, which deepen our knowledge significantly. USAF DSX, UCLA Elfin and NASA CeRES will be launched soon, being expected to provide important information. We solicit papers describing recent results on the inner magnetosphere and/or its coupling with the other regions, including the ionosphere and the outer magnetosphere.

13:45 ~ 14:05

[PEM13-22] Statistical Property of Long Lasting Poloidal Pc 4-5 Waves and Relation with Particle Dynamics in the Inner Magnetosphere: Van Allen Probes Observations

★Invited Papers

*山本 和弘[1]、能勢 正仁[2]、桂華 邦裕[3]、Charles Smith[4]、Robert MacDowall[5]、Donald Mitchell[6]、Hyomin Kim[7]、John Wygant[8] (1.京都大学大学院理学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.東京大学理学系研究科、4.Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire、5.Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center、6.The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory、7.Center for Solar‐Terrestrial Research, New Jersey Institute of Technology、8.School of Physics and Astronomy, University of Minnesota)

14:05 ~ 14:25

[PEM13-23] Subauroral Polarization Streams: Indication of Magnetosphere–Ionosphere Coupling

★Invited Papers

*Fei He[1,2,3]、Xiao-Xin Zhang[4]、Wenbin Wang[5]、Zhonghua Yao[1,2,3]、Yong Wei[1,2,3]、Zhi-Peng Ren[1,2,3]、Xinan Yue[1,2,3]、Weixing Wan[1,2,3] (1.Institute of Geology & Geophysics, CAS、2.Institutions of Earth Science, CAS、3.College of Earth and Planetary Sciences, UCAS、4.National Center for Space Weather, CMA、5.High Altitude Observatory, NCAR)

14:25 ~ 14:40

[PEM13-24] Simultaneous Arase-ground observations of a purple and green auroral arc

*塩川 和夫[1]、能勢 正仁[1]、土屋 智[1]、高木 佑基[1]、今城 峻[1]、田中 良昌[2]、三好 由純[1]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、Shiang-Yu Wang[4]、Sunny W. Y. Tam[4]、浅村 和史[5]、笠原 慧[6]、横田 勝一郎[7]、堀 智昭[1]、桂華 邦裕[6]、松岡 彩子[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所、3.電気通信大学、4.国立成功大学、5.JAXA宇宙科学研究所、6.東京大学、7.大阪大学)

14:40 ~ 14:55

[PEM13-25] Multiple Satellite Observations of Oxygen Torus in the Inner Magnetosphere

*能勢 正仁[1]、松岡 彩子[2]、熊本 篤志[3]、笠原 禎也[4]、Goldstein J[5,6]、寺本 万里子[1]、土屋 史紀[3]、松田 昇也[2]、小路 真史[1]、今城 峻[1]、生松 聡[7]、山本 和弘[7]、尾花 由紀[8]、野村 麗子[9]、藤本 晶子[10]、篠原 育[2]、三好 由純[1]、

Kurth S[11]、Kletzing C[11]、Smith C[12]、MacDowall R[13] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.金沢大学総合メディア基盤センター、5.Space Science and Engineering Division, Southwest Research Institute、6.University of Texas at San Antonio、7.京都大学大学院理学研究科、8.大阪電気通信大学工学部、9.国立天文台、10.九州工業大学、11.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、12.Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire、13.Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center)

14:55 ~ 15:10

[PEM13-26] Study of characteristics of storm-time Pc5 ULF waves excited by the drift-bounce resonance with ring current ions based on the global drift-kinetic simulation

*山川 智嗣[1]、関 華奈子[1]、天野 孝伸[1]、三好 由純[2]、高橋 直子[1] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

15:10 ~ 15:15

Discussion

Statistical Property of Long Lasting Poloidal Pc 4-5 Waves and Relation with Particle Dynamics in the Inner Magnetosphere: Van Allen Probes Observations

*山本 和弘[1]、能勢 正仁[2]、桂華 邦裕[3]、Charles Smith[4]、Robert MacDowall[5]、Donald Mitchell[6]、Hyomin Kim[7]、John Wygant[8]
*Kazuhiro Yamamoto[1], Masahito Nose[2], Kunihiro Keika[3], Charles W. Smith[4], Robert J. MacDowall[5], Donald G. Mitchell[6], Hyomin Kim[7], John Wygant[8]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 東京大学理学系研究科、4. Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire、5. Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center、6. The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory、7. Center for Solar-Terrestrial Research, New Jersey Institute of Technology、8. School of Physics and Astronomy, University of Minnesota
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Graduate School of Science, the University of Tokyo, 4. Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire, 5. Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center, 6. The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, 7. Center for Solar Terrestrial Research, New Jersey Institute of Technology, 8. School of Physics and Astronomy, University of Minnesota

Poloidal ULF waves in the inner magnetosphere have been attracting many attentions because they can interact with plasma particles. A lot of event analysis of the drift-bounce resonance, the bounce resonance, and the drift resonance have been conducted (e.g., *Hughes et al.*, 1978; *Takahashi et al.*, 1990, 2018; *Liu et al.*, 2013; *Dai et al.*, 2013; *Min et al.*, 2017; *Oimatsu et al.*, 2018; *Rubtsov* et al., 2018). However, the statistical relation between the poloidal mode waves and particles is rarely reported, and the phase relation between poloidal oscillations and resonance particles is only studied by *Ren et al.* (2018).

To reveal the importance of a poloidal ULF wave in the dynamics of the inner magnetosphere, we statistically analyzed 91 events of the poloidal waves detected by Van Allen Probes with duration time larger than 2 hr, because significant wave particle interaction is expected for such long lasting waves. We calculated eigen-frequencies of the selected waves using the Tsyganenko 89 model (*Tsyganenko*, 1989), and found that most of them are second harmonic mode waves. The cross phase between the radial magnetic field and the azimuthal electric field also supports this result. Using the ion sounding technique (*Su et al.*, 1977; *Min et al.*, 2017; *Yamamoto et al.*, 2018), we estimated the azimuthal wave number (*m* number) for 47 events from RBSPICE observation. Most of the 47 events have *m* = -120 to -200 (i.e., westward propagation). These high-*m* waves can be excited by wave-particle interaction.

Relation between the high-*m* poloidal waves and the plasmasphere was investigated. When the poloidal waves were observed, cold electron density increased by a factor of ~2. When the electron density decreased to the original state, the poloidal waves disappeared. This implies that the poloidal waves are excited in the structured high electron density region like plasma plume. The scenario of wave excitation through bounce resonance proposed by *Liu et al.* (2013) can explain the density variations during wave appearance.

We will also discuss the variations of proton flux around resonance energy and evaluate the importance of poloidal ULF waves in the dynamics of the inner magnetosphere. During quiet period (|Dst| < 10 nT), the proton flux at energy of (0.3-1)W_{res} (W_{res}: resonance energy) was slightly smaller than that on the orbit just

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

before the wave onset. The decrease of resonance particle flux may be caused by wave-particle interaction.

キーワード：poloidal ULF 波動、リングカレント、プラズマ圏、波動粒子相互作用、Van Allen Probes (RBSP)
Keywords: poloidal ULF waves, ring current, plasmasphere, wave particle interaction, Van Allen Probes (RBSP)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Subauroral Polarization Streams: Indication of Magnetosphere–Ionosphere Coupling

*Fei He[1,2,3], Xiao-Xin Zhang[4], Wenbin Wang[5], Zhonghua Yao[1,2,3], Yong Wei[1,2,3], Zhi-Peng Ren[1,2,3], Xinan Yue[1,2,3], Weixing Wan[1,2,3]

1. Institute of Geology & Geophysics, CAS, 2. Institutions of Earth Science, CAS, 3. College of Earth and Planetary Sciences, UCAS, 4. National Center for Space Weather, CMA, 5. High Altitude Observatory, NCAR

Subauroral polarization streams, or SAPS, are narrow channels of strong westward ion flows in both the subauroral ionosphere and the conjugated inner magnetosphere in the nightside during geomagnetic storms and substorms. The SAPS are closely related with ionospheric conductivity and region–2 field–aligned currents. Many characteristics of SAPS have been determined from space–based measurements of electric fields and ion drifts in the ionosphere and the magnetosphere, and ground–based radar observations, such as the global occurrence based on the statistics of many individual event, long term variabilities, hemispheric asymmetries, electromagnetic wave structures, double peak signatures, and evolution patterns during intense storms and quiet time substorms. Multisatellite observations during a geomagnetic storm indicated that the SAPS were first initiated around the dusk sector and then expanded toward the midnight, moved to low latitudes and formed a wedge-shaped structure during the main phase. More recently, multisatellite observations during a severe storm revealed that strong oscillations occurred in the SAPS channel when IMF By changed from positive to negative. The SAPS oscillations were first observed in the pre–midnight sector and propagated towards the dusk sector. The oscillations may be related to the waves generated by the interaction between the fast–flowing energetic plasma sheet ions and the cold plasmasphere. The new features of SAPS provide new insights in to the coupling dynamics in the magnetosphere.

Keywords: SAPS, Large-scale structure, Oscillations, plasma sheet, storm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simultaneous Arase-ground observations of a purple and green auroral arc

*塩川 和夫[1]、能勢 正仁[1]、土屋 智[1]、高木 佑基[1]、今城 峻[1]、田中 良昌[2]、三好 由純[1]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、Shiang-Yu Wang[4]、Sunny W. Y. Tam[4]、浅村 和史[5]、笠原 慧[6]、横田 勝一郎[7]、堀 智昭[1]、桂華 邦裕[6]、松岡 彩子[5]
*Kazuo Shiokawa[1], Masahito Nose[1], Satoshi Tsuchiya[1], Yuki Takagi[1], Shun Imajo[1], Yoshimasa Tanaka[2], Yoshizumi Miyoshi[1], Keisuke Hosokawa[3], Yoichi Kazama[4], Shiang-Yu Wang[4], Sunny W.Y. Tam[4], Kazushi Asamura[5], Satoshi Kasahara[6], Shoichiro Yokota[7], Tomoaki Hori[1], Kunihiro Keika[6], Ayako Matsuoka[5]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 国立極地研究所、3. 電気通信大学、4. 国立成功大学、5. JAXA宇宙科学研究所、6. 東京大学、7. 大阪大学
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. National Institute of Polar Research, 3. The University of Electro-Communications, 4. National Cheng Kung University, 5. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 6. University of Tokyo, 7. Osaka University

The purple auroral emission at a wavelength of 427.8nm is often caused by resonant scattering of sunlight by nitrogen molecular ions at the high-latitude part of auroral arcs, and can be a manifestation of ion upflow in the auroral ionosphere. We report the first particle observation for the source region of a purple/green auroral arc in the inner magnetosphere, which was made by the Arase satellite. The auroral arc appeared and expanded equatorward from ~0310 UT (midnight in local time) on September 11, 2018 at Nain, Canada, in association with the expansion phase of a substorm that occurred during the arrival of a corotating interaction region (CIR) in the solar wind. The auroral arc is characterized by purple and green emissions at the top and bottom parts, respectively, suggesting resonant-scattering of sunlight by auroral nitrogen molecular ions. Bi-directional field-aligned electrons with energies of ~keV were observed by the LEP-e onboard the Arase satellite during the arc crossing at L ~ 6.4, while source electrons become isotropic in the diffuse aurora afterwards. Electrons at energies of ~20 keV measured by the MEP-e of Arase also show a bi-directional (nearly) field-aligned distribution, while electron loss cone was identified at the arc crossing. The low-energy protons measured by LEP-i of Arase show time-pitch-angle dispersion from anti-earthward (180 degree) to earthward (0 degree) during the arc crossing. Based on these observations, we discuss physical mechanisms that cause these particle features and the observed purple/green auroral arc.

キーワード：紫のオーロラアーク、衛星ー地上同時観測、沿磁力線電子降り込み
Keywords: purple auroral arc, simultaneous satellite-ground observation, field-aligned electron precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multiple Satellite Observations of Oxygen Torus in the Inner Magnetosphere

*能勢 正仁[1]、松岡 彩子[2]、熊本 篤志[3]、笠原 禎也[4]、Goldstein J[5,6]、寺本 万里子[1]、土屋 史紀[3]、松田 昇也[2]、小路 真史[1]、今城 峻[1]、生松 聡[7]、山本 和弘[7]、尾花 由紀[8]、野村 麗子[9]、藤本 晶子[10]、篠原 育[2]、三好 由純[1]、Kurth S[11]、Kletzing C[11]、Smith C[12]、MacDowall R[13]
*Masahito Nose[1], Ayako Matsuoka[2], Atsushi Kumamoto[3], Yoshiya Kasahara[4], J Goldstein[5,6], Mariko Teramoto[1], Fuminori Tsuchiya[3], Shoya Matsuda[2], Masafumi Shoji[1], Shun Imajo[1], Oimatsu Satoshi[7], Kazuhiro Yamamoto[7], Yuki Obana[8], Reiko Nomura[9], Akiko Fujimoto[10], Iku Shinohara[2], Yoshizumi Miyoshi[1], W S Kurth[11], C A Kletzing[11], C W Smith[12], R J MacDowall[13]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 金沢大学総合メディア基盤センター、5. Space Science and Engineering Division, Southwest Research Institute、6. University of Texas at San Antonio、7. 京都大学大学院理学研究科、8. 大阪電気通信大学工学部、9. 国立天文台、10. 九州工業大学、11. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、12. Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire、13. Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Information Media Center, Kanazawa University, 5. Space Science and Engineering Division, Southwest Research Institute, 6. University of Texas at San Antonio, 7. Graduate School of Science, Kyoto University, 8. Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University, 9. National Astronomical Observatory of Japan, 10. Kyushu Institute of Technology, 11. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, 12. Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, University of New Hampshire, 13. Solar System Exploration Division, Goddard Space Flight Center

A recent study employing the Arase and Van Allen Probes A satellites at different MLT revealed an event in which the inner magnetospheric O^+ density enhancement (know as the dense oxygen torus) does not extend over all MLT. Rather, the torus is skewed toward the dawn sector, being described more precisely as a crescent-shaped torus or a pinched torus [Nosé et al., 2018]. In the reported event of 24 April 2017, Arase flying in the morning sector detected an enhancement of the average plasma mass up to ~3.5 amu around L=4.9–5.2, while Van Allen Probe A flying in the afternoon sector observed no clear enhancements in the average plasma mass. In the present study, we focus on simultaneous observations of the magnetic field and plasma waves made by the Arase and Van Allen Probes A and B satellites on 12 September 2017. For this event the orbital configuration of the satellites is opposite to that in the study by Nosé et al. [2018]; that is, Arase is in the afternoon and the Van Allen Probes are in the morning. It is found that only Probe B observed a clear enhancement in the average plasma mass up to ~4 amu around L=3.5 and MLT=9.0 hr. This result demonstrates that the crescent-shaped O^+ torus is not a unique (single-event) occurrence, and thus may be a general feature of the density enhancement in the inner magnetosphere.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of characteristics of storm-time Pc5 ULF waves excited by the drift-bounce resonance with ring current ions based on the global drift-kinetic simulation

*山川 智嗣[1]、関 華奈子[1]、天野 孝伸[1]、三好 由純[2]、高橋 直子[1]
*Tomotsugu Yamakawa[1], Kanako Seki[1], Takanobu Amano[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Naoko Takahashi[1]

1. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, The University of Tokyo, 2. ISEE, Nagoya University

Storm-time Pc5 waves are electromagnetic fluctuations in the inner magnetosphere with the frequency of 1.67-6.67 mHz, and are considered to be generated by ring current ions associated with the injection from the magnetotail during substorms. The excitation mechanism and global distribution of Pc5 waves are keys to understand dynamic variation of the outer radiation belt, since Pc5 waves are considered to contribute to the radial diffusion of radiation belt electrons [e.g. Elkington et al., 2003]. Promising candidates of excitation mechanism of the storm-time Pc5 waves are the drift or drift-bounce resonance [Southwood, 1976]. Although previous spacecraft observations suggest the resonant excitation [e.g., Dai et al., 2013; Yeoman and Wright., 2001], there are other possibilities such as periodic pressure inhomogeneity formed by time-dependent injections. Theoretically, Yamakawa et al. [2019] confirmed the drift resonance excitation of storm-time Pc5 waves in 3D dipole structure based on the drift-kinetic simulation. However, in what kind of situation the drift resonance is switched to the drift-bounce resonance is far from understood.

In order to simulate the excitation of the storm-time Pc5 waves, we perform a kinetic simulation for ring current particles using GEMSIS-RC model [Amano et al., 2011], in which five-dimensional drift-kinetic equation for the phase space density (PSD) of ring current ions and Maxwell equations are solved self-consistently under assumption that the first adiabatic invariant is conserved. In order to simulate consequence of ion injection from the plasma sheet, we set a localized high-pressure region around midnight consisting of H+ ions. We compare two cases of the initial velocity distribution; the Maxwellian velocity distribution with the isotropic temperature of 16 keV (Case a) and the velocity distribution with the phase bunching in the southern hemisphere due to the bounce motion of ions in addition to the background Maxwellian distribution (Case b). For the Case b, we changed the strength of the initial phase bunching to investigate the conditions for drift-bounce resonance to be dominant.In Case a, the simulation results show the drift resonance excitation of both poloidal and toroidal mode waves in Pc5 frequency range in the dayside dusk sector. These waves are fundamental mode waves with azimuthal wave number m ~ - 20 propagating westward. Global distribution of the excited Pc5 waves indicates that they are excited where the local growth rate resultant from the positive PSD gradient in energy is positive. In Case b, excitation of the second harmonic poloidal-mode Pc4 ULF waves due to the drift-bounce resonance was identified in the dayside dusk sector in the strong bunching case. We will also report on characteristics of excited ULF waves and their dependence on the initial bunching strength of injected ions with a focus of the relative contribution of the drift and drift-bounce resonances.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References:

Amano et al., J. *Geophys. Res.*, vol.116, No.A2, 216, 2011.

Elkington et al., J. *Geophys.* Res., vol.108, No.A3, 1116, 2003.

Dai et al., *Geophys. Res. Lett.*, vol.40, No.16, 4127-4132, 2013.

Yeoman et al., *Ann. Geophys.*, vol.19, No.2, 159-170, 2001.

Southwood, J. *Geophys. Res.*, vol.81, No.19, 3340-3348, 1976.

Yamakawa et al., *Geophys. Res. Lett.*, in press, 2019.

キーワード：リングカレント、Pc5 ULF、ドリフトバウンス共鳴、ドリフト運動シミュレーション、磁気嵐
Keywords: ring current, Pc5 ULF, drift-bounce resonance, drift-kinetic simulation, magnetic storm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-EM13] 内部磁気圏

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

The inner magnetosphere is characterized by the dominance of intrinsic dipolar Earth's magnetic field. The dipolar magnetic field traps charged particles, resulting in the formation of unique particle environment known as the plasmasphere, the ring current, and the radiation belt. The inner magnetosphere is always changing because of incoming energy from the outer magnetosphere and the ionosphere in the forms of particles and electromagnetic fields. In the inner magnetosphere, the particle energy is transferred to the field energy, and vice versa. The mutual coupling between particles and fields also makes the inner magnetosphere unique. The outgoing energy to these regions is also known to be significant, such as precipitation into the upper atmosphere and sub-auroral disturbances. A number of satellites (e.g., DMSP, NOAA, Geotail, Cluster, THEMIS, Van Allen Probes, MMS, and Arase), ground-based instruments (e.g., SuperDARN and EISCAT radars, magnetometers, and cameras), and numerical simulations (e.g., global particle simulation, PIC simulation, and hybrid simulation) have successfully surveyed the inner magnetosphere, which deepen our knowledge significantly. USAF DSX, UCLA Elfin and NASA CeRES will be launched soon, being expected to provide important information. We solicit papers describing recent results on the inner magnetosphere and/or its coupling with the other regions, including the ionosphere and the outer magnetosphere.

[PEM13-P01] Evaluation of wave normal and Poynting vector analyses for whistler mode waves observed by the waveform capture (WFC) on board the Arase

*笠原 禎也[1]、五十嵐 智[1]、西澤 宏幸[1]、松田 昇也[2]、土屋 史紀[3]、熊本 篤志[3]、笠羽 康正[3]、尾崎 光紀[1]、松岡 彩子[2] (1.金沢大学、2.宇宙科学研究所、3.東北大学)

[PEM13-P02] Arase衛星S-WPIA解析におけるプラズマ波動電界較正に関する評価

*三木 淳平[1]、小嶋 浩嗣[2]、加藤 雄人[3]、松田 昇也[4]、笠原 禎也[5]、疋島 充[4]、栗田 怜[6]、北原 理弘[3]、笠原 慧[7]、三好 由純[6]、熊本 篤志[3]、松岡 彩子[4]、横田 勝一郎[8]、堀 智昭[6]、桂華 邦裕[7] (1.京都大学大学院工学研究科電気工学専攻宇宙工学分野、2.京都大学生存圏研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.JAXA・宇宙科学研究所、5.金沢大学・総合メディア基盤センター、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東京大学大学院理学研究科、8.大阪大学理学研究科)

[PEM13-P03] Pc4-5帯ULF波動と同期したホイッスラーモード・コーラス放射の発生と高エネルギー電子との対応について

*大野 敦裕[1]、加藤 雄人[1]、熊本 篤志[1]、土屋 史紀[1]、寺本 万里子[2]、笠原 禎也[3]、松田 昇也[4]、松岡 彩子[4]、三谷 烈史[4]、堀 智昭[2]、笠原 慧[5]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[5]、三好 由純[2]、篠原 育[4] (1.東北大学、2.名古屋大学、3.金沢大学、4.宇宙科学研究所、5.東京大学、6.大阪大学)

[PEM13-P04] Sudden enhancements of electron cyclotron harmonic waves observed by the Arase satellite

*新城 藍里[1]、小嶋 浩嗣[1]、笠原 禎也[2]、風間 洋一[3]、臼井 英之[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[6]、松田 昇也[7]、堀 智昭[5]、S. Wang[8]、Sunny Tam[9]、熊本 篤志[10]、松岡 彩子[11] (1.京都大学生存圏研究所、2.金沢大学総合メディア基盤センター 、3.ASIAA、4.神戸大学 大学院 システム情報学研究科 、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所 、6.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター 、7.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 、8.台湾・中央研究院、9.台湾・成大・宇宙プラズマ、10.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、11.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系)

[PEM13-P05] Correlation between pulsating aurora and electrostatic electron cyclotron harmonic waves obtained from coordinated Arase and ground data

*吹澤 瑞貴[1]、坂野井 健[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、笠原 禎也[5]、松田 昇也[6]、松岡 彩子[7]、Wang Shiang-Yu[4]、Sunny Tam[8]、片岡 龍峰[9] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.中央研究院天文及天

文物理研究所、5.金沢大学総合メディア基盤センター、6.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、7.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、8.國立成功大學 太空與電漿科學研究所、9.国立極地研究所)

[PEM13-P06] Automatic determination of Upper Hybrid Resonance Frequencies by Convolutional Neural Network.

*松田 昇也[1]、長谷川 達人[2]、熊本 篤志[3]、土屋 史紀[3]、笠原 禎也[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[3]、松岡 彩子[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.福井大学、3.東北大学、4.金沢大学、5.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P07] Amplitude dependence of whistler wave motion on electron scattering process

*伊藤 義起[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P08] Two-dimensional simulation of whistler mode wave packets interacting with energetic electrons

*野儀 武志[1]、大村 善治[1] (1.京都大学 生存圏研究所)

[PEM13-P09] Relativistic electron acceleration by whistler-mode chorus waves in 1D, 2D, and 3D magnetic field models.

*高橋 渓太[1]、大村 善治[1]、謝 怡凱[1]、Summers Danny[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランド記念大学数理統計学科)

[PEM13-P10] Study of global spatio-temporal development of magnetospheric ELF/VLF waves for the 26-30 March 2017 storm based on ground and satellite observations and the RAM simulations

*竹下 祐平[1]、塩川 和夫[1]、三好 由純[1]、尾崎 光紀[2]、笠原 禎也[2]、Martine Connors[3]、Jyrki Manninen[4]、Craig Kletzing[5]、Vania Jordanova[6] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.金沢大学、3.アサバスカ大学、4.ソダンキュラ地球物理観測所、5.アイオワ大学、6.ロスアラモス国立研究所)

[PEM13-P11] Flux decrease of outer radiation belt electrons associated with solar wind pressure pulse: A Code coupling simulation of GEMSIS-RB and GEMSIS-GM

*伊藤 大輝[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[2]、松本 洋介[3]、天野 孝伸[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院理学研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.東京大学 地球惑星科学専攻東京大学 地球惑星科学専攻)

[PEM13-P12] Non-diffusive response of outer belt electrons on interplanetary shock

登石 拓磨[1]、*海老原 祐輔[1]、田中 高史[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.九州大学)

[PEM13-P13] PARM：観測ロケットG-CHASER(RockSat-XN)搭載オーロラカメラの開発と観測結果およびLAMPロケット実験搭載カメラ開発状況

*八木 直志[1]、坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、浅村 和史[2]、三好 由純[3]、細川 敬祐[4]、石澤 元気[5] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.電気通信大学大学院情報理工学研究科、5.東北大学大学院理学研究科宇宙地球電磁気学分野)

[PEM13-P14] 地上全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによるサブオーロラ帯のSARアークの初めての同時観測

*稲葉 裕大[1]、塩川 和夫[1]、大山 伸一郎[1,8,9]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、風間 洋一[2]、Shiang-Yu Wang[2]、Sunny W. Y. Tam[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 慧[4]、桂華 邦裕[4]、堀 智昭[1]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、熊本 篤志[7]、笠羽 康正[7]、三好 由純[1]、篠原 育[5]、Arto Oksanen[10] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.Academia Sinica、3.大阪大、4.東京大、5.JAXA、6.金沢大、7.東北大、8.University of Oulu, Finland、9.国立極地研究所、10.Jyväskylän Sirius ry, Finland)

[PEM13-P15] Pi2 pulsations observed by the Arase satellite inside and outside the plasmapause

*寺本 万里子[1]、松岡 彩子[2]、野村 麗子[5]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、松田 昇也[2]、能勢 正仁[1]、小路 真史[1]、津川 靖基[1]、今城 峻[1]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、3.金沢大学、4.東北大学、5.国立天文台)

[PEM13-P16] An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

*尾花 由紀[1]、丸山 奈緒美[2,3]、新堀 淳樹[4]、橋本 久美子[5]、Fedrizzi Mariangel[2,3]、能勢 正仁[4]、大塚 雄一[4]、西谷 望[4]、堀 智昭[4]、熊本 篤志[6]、土屋 史紀[6]、松田 昇也[7]、松岡 彩子[7]、笠原 禎也[8]、吉川 顕正[9]、三好 由純[4]、篠原 育[7] (1.大阪電気通信大学、2.University of Colorado Boulder、3.NOAA Space Weather Prediction Center、4.名古屋大学、5.吉備国際大学、6.東北大学、7.宇宙航空研究開発機構、8.金沢大学、9.九州大学)

[PEM13-P17] Relative contribution of ULF and chorus waves to the radiation belt variation: Comparison between multi-point observations and BATSRUS + CRCM simulation

*高橋 直子[1]、関 華奈子[1]、Mei-Ching Fok[2]、Yihua Zheng[2]、三好 由純[3]、David Hartley[4]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、笠羽 康正[7]、東尾 奈々[8] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.NASA Goddard Space Flight Center、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.金沢大学総合メディア基盤センター、7.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、8.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P18] Modulation of the D-region ionosphere by Pc5 waves observed by VLF/LF standard radio waves

*宮下 拓也[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3] (1.千葉大学、2.東北大学、3.名古屋大学)

[PEM13-P19] Oxygen-proton differences in ion energies dominating plasma pressure: Dependence on storm phases and solar wind drivers

*桂華 邦裕[1]、笠原 慧[1]、横田 勝一郎[2]、星野 真弘[1]、関 華奈子[1]、能勢 正仁[3]、三好 由純[3]、篠原 育[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.大阪大学大学院理学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

[PEM13-P20] Mass dependence of penetration depth of multi-energy ions in the inner magnetosphere during magnetic storms: Arase observations

*藤井 亮佑[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、浅村 和史[2]、Lynn Kistler[1,8]、Vania Jordanova[9]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、津川 靖基[1]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[4]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[7]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.金沢大学総合メディア基盤センター、4.東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、6.大阪大学・理学研究科、7.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、8.University of New Hampshire、9.Los Alamos National Laboratory)

[PEM13-P21] Relativistic Acceleration of Energetic Protons by Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Jovian Magnetosphere

*関根 友博[1]、大村 善治[1]、Danny Summers[2]、謝 怡凱[1]、中村 紗都子[1] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランドメモリアル大学)

[PEM13-P22] Statistical study of IPDP type EMIC wave-related electron precipitation at subauroral latitude

*平井 あすか[1]、土屋 史紀[1]、小原 隆博[1]、笠羽 康正[1]、加藤 雄人[2]、三澤 浩昭[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]、栗田 怜[3]、Martin Connors[4] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.アサバスカ大学)

[PEM13-P23] Meridional distributions of proton plasma and pressure-driven currents in the nightside inner magnetosphere: Arase observations

*今城 峻[1]、能勢 正仁[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、松岡 彩子[4]、桂華 邦裕[2]、堀 智昭[1]、寺本 万里子[1]、山本 和弘[5]、生松 聡[5]、野村 麗子[6]、藤本 晶子[7]、篠原 育[4]、三好 由純[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.東京大学理学系研究科、3.大阪大学理学研究科、4.宇宙科学研究所、5.京都大学理学研究科、6.国立天文台、7.九州工業大学)

[PEM13-P24] Space Weather Effects on Energetic Proton Flux Response in South Atlantic Anomaly

*Kirolosse Mina GIRGIS[1,2]、Tohru Hada[1]、Shuichi Matsukiyo[1] (1.Earth System Science and Technology (ESST) Department, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences (IGSES), Kyushu University, Japan、2.Aerospace Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt)

[PEM13-P25] Solar-cycle variations of >30 keV electron flux enhancements under the inner radiation belt

*ALLA SUVOROVA[1] (1.National Central University)

[PEM13-P26] Energy spectra variations of high energy electrons in the inner magnetosphere observed by HEP/XEP on ARASE and SEDA-e on HIMAWARI

*高島 健[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、長妻 努[3] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[PEM13-P27] Inter-channel calibration of the high-energy electron experiments (HEP) instrument onboard the Arase satellite

*堀 智昭[1]、三谷 烈史[2]、高島 健[2]、Park Inchun[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、東尾 奈々[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東京大学大学院理学系研究科、5.大阪大学大学院理学研究科)

[PEM13-P28] Particle simulation for calibrating the HEP data onboard the ARASE satellite

*PARK INCHUN[1]、三好 由純[1]、三谷 烈史[2]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、高島 健[2]、東尾 奈々[3]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境科学研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P29] あらせ搭載HEPのGeant4モデル計算と放射線内帯粒子観測

*戸田 穂乃香[1]、三宅 亙[1]、三谷 烈史[3]、高島 健[3]、三好 由純[2]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2] (1.東海大学、2.名古屋大学/ISEE、3.JAXA/ISAS)

[PEM13-P30] Validation of High-energy electron detector simulator for the HEP instruments onboard Arase

*三谷 烈史[1]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]、滑川 拓[1,3]、浅村 和史[1]、高島 健[1]、笠原 慧[3]、栗田 怜[2]、寺本 万里子[2]、東尾 奈々[1]、三好 由純[2]、篠原 育[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.東京大学)

Evaluation of wave normal and Poynting vector analyses for whistler mode waves observed by the waveform capture (WFC) on board the Arase

*笠原 禎也[1]、五十嵐 智[1]、西澤 宏幸[1]、松田 昇也[2]、土屋 史紀[3]、熊本 篤志[3]、笠羽 康正[3]、尾崎 光紀[1]、松岡 彩子[2]
*Yoshiya Kasahara[1], Satoshi Ikarashi[1], Hiroyuki Nishizawa[1], Shoya Matsuda[2], Fuminori Tsuchiya[3], Atsushi Kumamoto[3], Yasumasa Kasaba[3], Mitsunori Ozaki[1], Ayako Matsuoka[2]

1. 金沢大学、2. 宇宙科学研究所、3. 東北大学
1. Kanazawa University, 2. ISAS/JAXA, 3. Tohoku University

The Plasma Wave Experiment (PWE) is one of scientific instruments on board the Arase (ERG) satellite to measure electric field from DC to 10 MHz and magnetic field from a few Hz to 100 kHz in the inner magnetosphere. It is well known that chorus wave, one of typical plasma waves in VLF range observed in the inner magnetosphere, is a plausible candidate that accelerates relativistic electrons in the radiation belt. Besides the chorus, the Arase has observed various kinds of plasma waves such as lightning whistlers and hiss waves. It is very important to study the propagation characteristics of these waves.

In the present paper, we developed a direction finding system applicable to whistler mode waves using the data from waveform capture (WFC), which is one of receivers covering the frequency range below 20kHz implemented in the PWE. The absolute directions of the wave normal and Poynting vectors were derived in the coordinate system referring the ambient magnetic field and geomagnetic meridian plane. We also estimated the Poynting vector theoretically using the derived wave normal vector, electron density and ambient magnetic field intensity to confirm the validity of the results from the observation data.

We demonstrated that the results were generally reliable, but further calibration is necessary for electric field to improve the accuracy of Poynting vector because the waveform of electric field is now calibrated under the assumptions of theoretical antenna capacitance in a vacuum and typical plasma impedance. In other words, we expect to be able to correct the calibration table for electric field measurements from the direction finding results.

In the presentation, we introduce some typical results which have been derived from the observation data of upper- and lower-band chorus, and lightning whistlers.

キーワード：ホイスラーモード波、波形捕捉受信器、到来方向推定、プラズマ波動
Keywords: Whistler mode wave, Waveform Capture, Direction finding, Plasma wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Arase衛星S-WPIA解析におけるプラズマ波動電界較正に関する評価
Calibration of electric fields dedicated to the measurement of the S-WPIA of the Arase Satellite

*三木 淳平[1]、小嶋 浩嗣[2]、加藤 雄人[3]、松田 昇也[4]、笠原 禎也[5]、疋島 充[4]、栗田 怜[6]、北原 理弘[3]、笠原 慧[7]、三好 由純[6]、熊本 篤志[3]、松岡 彩子[4]、横田 勝一郎[8]、堀 智昭[6]、桂華 邦裕[7]
*Miki Jumpei[1], Hirotsugu Kojima[2], Yuto Katoh[3], Shoya Matsuda[4], Yoshiya Kasahara[5], Mitsuru Hikishima[4], Satoshi Kurita[6], Masahiro Kitahara[3], Satoshi Kasahara[7], Yoshizumi Miyoshi[6], Atsushi Kumamoto[3], Ayako Matsuoka[4], Shoichiro Yokota[8], Tomoaki Hori[6], Kunihiro Keika[7]

1. 京都大学大学院工学研究科電気工学専攻宇宙工学分野、2. 京都大学生存圏研究所、3. 東北大学大学院理学研究科、4. JAXA・宇宙科学研究所、5. 金沢大学・総合メディア基盤センター、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、7. 東京大学大学院理学研究科、8. 大阪大学理学研究科
1. Space Radio Engineering Laboratory, Division of Electrical Engineering, Kyoto University Graduated School, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. Graduate School of Science and Faculty of Science, Tohoku University, 4. Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, 5. Information Media Center, Kanazawa University, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 7. School of Science, The University of Tokyo, 8. School of Science, Osaka University

The outer radiation belt consists of high-energy electrons. They are strongly affected by geomagnetic activities in the relation to solar wind conditions. The important science target of the Arase mission is to clarify generation/loss mechanisms of relativistic electrons in the outer radiation belt. Wave-particle interactions are thought to be a plausible mechanism for generation/loss processes of relativistic electrons. S-WPIA (Software-type Wave-Particle Interaction Analyzer) is installed in the Arase satellite. The WPIA is a newly developed observation system that enables us to quantitatively understand the interaction between plasma waves and electrons. The WPIA has the capability to identify a relative phase angle of a plasma wave vector and a velocity vector of each detected particle. Since phase information of observed plasma waves is essential to the WPIA, precise calibrations of plasma wave data are important. While the calibration data for the magnetic field sensors are identical to those we obtained during the ground tests of the instruments, the calibration data for electric field sensors strongly depend on plasma parameters around the satellite. Furthermore, there are still unclear parameters at the inputs of preamplifiers relating to the connection with electric field sensors. The calibration for electric field data needs to be performed carefully consulting observation data after the launch.

The present paper focuses on the calibration of plasma wave data for the S-WPIA’s data processing. We picked up events including whistler-mode chorus emissions and lightning-whistler waves. They all are electromagnetic waves, so-called whistler mode waves. The amplitude ratios of their electric field and magnetic field components can be theoretically calculated referring to the Appleton-Hartlee equations. Poynting vectors of whistler mode waves can be also theoretically obtained. We compared the observation results of the picked up events with the theoretical ones. The results show the precise calibration for the magnetic field data have been made. On the other hand, the calibration for the electric field data should be further modified consulting plasma parameters and other uncertain parameters at the input of preamplifiers. In the present paper, we will discuss the improvement of the calibration for electric field data by correcting the calibration table to aim the precise S-WPIA data processing.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pc4-5帯ULF波動と同期したホイッスラーモード・コーラス放射の発生と高エネルギー電子との対応について
Enhancement of whistler-mode chorus in association with Pc 4-5 ULF waves and related variation of high energy electrons

*大野 敦裕[1]、加藤 雄人[1]、熊本 篤志[1]、土屋 史紀[1]、寺本 万里子[2]、笠原 禎也[3]、松田 昇也[4]、松岡 彩子[4]、三谷 烈史[4]、堀 智昭[2]、笠原 慧[5]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[5]、三好 由純[2]、篠原 育[4]
*Atsuhiro Ono[1], Yuto Katoh[1], Atsushi Kumamoto[1], Fuminori Tsuchiya[1], Mariko Teramoto[2], Yoshiya Kasahara[3], Shoya Matsuda[4], Ayako Matsuoka[4], Takefumi Mitani[4], Tomoaki Hori[2], Satoshi Kasahara[5], Shoichiro Yokota[6], Kunihiro Keika[5], Yoshizumi Miyoshi[2], Iku Shinohara[4]

1. 東北大学、2. 名古屋大学、3. 金沢大学、4. 宇宙科学研究所、5. 東京大学、6. 大阪大学
1. Tohoku University, 2. Nagoya University, 3. Kanazawa University, 4. ISAS/JAXA, 5. The University of Tokyo, 6. Osaka University

地球磁気圏の磁気赤道領域で発生するホイッスラーモード・コーラス放射は、波動粒子相互作用を通して高エネルギー電子の大気への降り込みや放射線帯粒子の内部加速過程に関与していると考えられている。そのため、地球電磁圏の変動現象について考察する上でコーラス放射の発生機構を理解することは本質的に重要である。コーラス放射の発生機構に関係すると考えられている現象の1つとして、地球磁気圏で発生する低周波のプラズマ波動であるULF波動が挙げられる。Li et al. (2011) をはじめとした複数の研究では、周期が約1-10分の Pc4-5帯 ULF波動のうち、compressionalモードの波動によって背景磁場強度が減少する位相において、コーラス放射が周期的に発生することが報告されている。一方Jaynes et al. (2015) では、コーラス放射の周期的な発生はトロイダルモードならびにポロイダルモードのPc4-5帯 ULF波動と対応関係があり、ULF波動の1振動周期の間にコーラス放射が2回発生することが指摘されている。このように過去の研究では、コーラス放射の周期的な発生とULF波動の間に、ULF波動のモードごとに異なった対応関係が存在する可能性が示唆されている。コーラス放射の発生には波動励起領域での高エネルギー電子の温度異方性が大きく関わっていると考えられており、周期的発生の要因を理解するためには、高エネルギー電子のピッチ角分布がどのように変化するかを併せて考慮する必要がある。

本研究では、コーラス放射の周期的発生とULF波動の対応関係について理解することを目的として、あらせ衛星の波動・粒子観測結果を解析する。2017年3月から4月にかけて実施された、あらせ衛星と地上観測局とのキャンペーン観測期間中に得られた結果に着目し、プラズマ波動・電場観測器(PWE)のOnboard Frequency Analyzer (OFA)と磁場観測器(MGF)の観測データの解析を行った。その結果、2017年3月27日21:30-22:00 UTに周期2-3分程度のPc4-5帯に対応するULF波動と、ULF波動の周期と同様の繰返し周期で発生するコーラス放射が同時に見出された。解析対象とした時間帯には、あらせ衛星は磁気地方時04:00程度、磁気緯度-10°程度、L値6程度の磁気赤道面付近の朝側領域に位置していた。本イベントではPc4-5帯の周期的な磁場変動はポロイダル成分、トロイダル成分とcompressional成分の全ての成分に1 nT以上の有意な振幅が確認され、特にトロイダル成分の振幅が卓越していることが示された。これらのMGFならびにOFAの観測結果を比較した結果、トロイダルモードのPc4-5帯ULF波動の磁場成分が西向きに卓越する位相においてコーラス放射が発生する対応関係が確認された。この対応関係はJaynes et al. (2015)で報告された対応関係とは異なるものである。次に、観測されたコーラス放射と共鳴条件を満たす電子のエネルギーを評価した。共鳴エネルギーの算出において必要となるプラズマ周波数f_pと電子サイクロトロン周波数f_{ce}の比(f_p/f_{ce})は、PWEのHigh Frequency Analyzer (HFA)により観測された波動スペクトルから読み取られた高域混成共鳴周波数とMGFの観測結果に基づいて算出した。その結果、f_p/f_{ce}は3.3-3.4と見積もられ、周波数が0.1-0.2 f_{ce}のホイッスラーモード波動に対する共鳴エネルギーは100-400 keV程度と求められた。ここで推定された共鳴エネルギーは典型的なコーラス波動に対する共鳴エネルギーと比べて大きな値であるが、これは本イベントで観測されたコーラス波動の周波

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

数帯が0.1-0.2 f_{ce}程度と典型的なコーラス波動の周波数帯と比べて低いことが要因であると考えられる。

さらに本研究では、解析対象とした時間帯での高エネルギー電子の観測結果を解析した。高エネルギー電子分析器(HEP)の観測結果からは、100-400 keV帯の電子のフラックスおよびピッチ角分布にはULF波動やコーラス放射の周期的発生と対応する顕著な変動は認められなかった。一方、中間エネルギー電子分析器(MEP-e)の観測結果から、40-60 keVの電子のフラックスおよびピッチ角分布に、ULF波動およびコーラス放射の周期的発生と対応する変動が認められた。観測されたコーラス放射の共鳴エネルギーに対応するエネルギー帯の粒子に顕著な変動が見られなかった理由として、あらせ衛星が磁気赤道面から外れた位置に位置していたため、波動の励起領域を直接観測できなかった可能性が考えられる。

キーワード：ULF波動、コーラス放射
Keywords: ULF waves, chorus emissions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sudden enhancements of electron cyclotron harmonic waves observed by the Arase satellite

*新城 藍里[1]、小嶋 浩嗣[1]、笠原 禎也[2]、風間 洋一[3]、臼井 英之[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[6]、松田 昇也[7]、堀 智昭[5]、S. Wang[8]、Sunny Tam[9]、熊本 篤志[10]、松岡 彩子[11]
*Shinjo Airi[1], Hirotsugu Kojima[1], Yoshiya Kasahara[2], Yoichi Kazama[3], Hideyuki Usui[4], Yoshizumi Miyoshi[5], Yasumasa Kasaba[6], Shoya Matsuda[7], Tomoaki Hori[5], S. -Y. Wang[8], Sunny W.Y. Tam[9], Atsushi Kumamoto[10], Ayako Matsuoka[11]

1. 京都大学生存圏研究所、2. 金沢大学総合メディア基盤センター 、3. ASIAA、4. 神戸大学 大学院 システム情報学研究科 、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所 、6. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター 、7. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 、8. 台湾・中央研究院、9. 台湾・成大・宇宙プラズマ、10. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、11. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系
1. Research institute for sustainable humanosphere, Kyoto University, 2. Information Media Center, Kanazawa University, 3. ASIAA, 4. Graduate school of system informatics Kobe University, 5. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 6. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 7. Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency, 8. ASIAA, Taiwan, 9. ISAPS, NCKU, Taiwan, 10. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 11. Research Division for Space Plasma, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

Electron cyclotron harmonic (ECH) waves are commonly observed in the low latitude region just outside the terrestrial plasmapause. They are purely electrostatic and their frequency spectra show harmonic structures. The harmonic structures are believed to depend on the temperature and density ratio between cold and hot background electrons. The Plasma Wave Experiment (PWE) onboard the Arase satellite has observed ECH waves since the start of its operation. The observed ECH waves are classified into two types. They are the diffuse ECH waves and the enhanced ECH waves. The diffuse ECH waves are weak and they appear as continuous emissions that last for more than a few minutes. The enhanced ECH waves are the sudden enhancements of the diffuse ECH in shorter periods. The present paper focuses on the enhanced ECH waves observed by the Arase satellite.

Kazama et al. (2018) introduced the event that the repeated enhancement of ECH waves is associated with density depletions near the plasmapause. They succeeded in revealing the good correlation of the enhancement of the ECH waves and the sudden decrease of the cold electrons with energies lower than the lowest energy limit of the particle detector. The observed electron features are clear in the relation to the enhancement of ECH waves, but the mechanism of the enhancement is still unclear. We searched for such events of the enhanced ECH waves and examined the correlation of wave intensities, spacecraft potentials and electron velocity distributions observed by the Arase satellite. Some of the events show the features similar to those of Kazama et al. (2018), but there are also many other events with no correlation between the enhancements of the ECH waves and the density depletions. In the present paper, we examine velocity distribution functions of electrons observed by the low-energy particle experiments-electron analyzer (LEPe) onboard Arase. Velocity distribution functions allow us to examine temperature anisotropies of electrons and calculate linear dispersion relations for the ECH waves. Once we get electron temperatures, resonance velocities are calculated. On the other hand, since the wavelength of the ECH waves is very short, the relation of the wavelength and the length of the Arase electric field sensors is also important in evaluating the time variations of the ECH wave intensity. We study the enhanced ECH waves in various viewpoints using wave and electron data observed by the Arase satellite and discuss the generation mechanism in the present paper.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Correlation between pulsating aurora and electrostatic electron cyclotron harmonic waves obtained from coordinated Arase and ground data

*吹澤 瑞貴[1]、坂野井 健[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、笠原 禎也[5]、松田 昇也[6]、松岡 彩子[7]、Wang Shiang-Yu[4]、Sunny Tam[8]、片岡 龍峰[9]
*Mizuki Fukizawa[1], Takeshi Sakanoi[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Keisuke Hosokawa[3], Yoichi Kazama[4], Yoshiya Kasahara[5], Shoya Matsuda[6], Ayako Matsuoka[7], Wang Shiang-Yu[4], Sunny Wing-Yee Tam[8], Ryuho Kataoka[9]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、4. 中央研究院天文及天文物理研究所、5. 金沢大学総合メディア基盤センター、6. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、7. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、8. 國立成功大學 太空與電漿科學研究所、9. 国立極地研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 4. Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics, 5. Information Media Center, Kanazawa University, 6. Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency, 7. Research Division for Space Plasma, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 8. Institute of Space and Plasma Sciences, College of Sciences, National Cheng Kung University , 9. National Institute of Polar Research

Pulsating auroras (PsAs) are thought to be generated by precipitating electrons scattered by lower-band chorus (LBC) waves near the magnetic equator through cyclotron resonance. Previous studies showed one-to-one correlation between LBC wave intensity observed by satellites near the magnetic equator and PsA intensity obtained by ground-based all-sky imager [e.g., Nishimura et al., Science, 2010, Nishimura et al., JGR, 2011]. In addition, electrostatic electron cyclotron harmonic (ECH) waves can also interact with magnetospheric electrons and scatter their pitch angle theoretically [e.g., Lyons, JGR, 1974]. However, characteristics of aurora caused by ECH are not understood. In our study, we report for the first time in the world that not only LBC but also ECH wave intensity has correlation with the PsA intensity using coordinated Arase and ground-based imager observations. The first campaign observations between the Arase satellite and ground-based optical imager were conducted in March 2017. A typical substorm occurred on 27 March 2017 and the ionospheric footprint of Arase traversed the field of view of all-sky imager at Sodankylä during 00:00–03:15 UT on 29 March 2017. Quasi-periodic LBC and ECH waves were observed by Arase near the magnetic equator and PsA was detected by the all-sky imager during 01:30–02:00 UT. We calculated the cross-correlation coefficients between auroral intensity and LBC or ECH wave intensity from 01:30 UT to 02:00 UT with a time window of every 2 minutes. The highest cross-correlation coefficient between auroral intensity and LBC wave intensity was 0.73 and that between auroral intensity and ECH wave intensity was 0.62 from 01:46 UT to 01:48 UT, and they were statistically significant. The period of auroral intensity which correlated with LBC intensity was shorter than 10 s and that correlated with ECH intensity was 10–20 s. We estimated the precipitating electron energy assuming that the time lag when the cross-correlation coefficient became the highest equals to the travel time of electrons from the modulated source region to the auroral emission height. We shifted the variation of auroral intensity against that of ECH or LBC wave intensity with a time step of 0.01 s using 100 Hz sampling image data taken by the all-sky imager. The estimated energy of precipitating electron interacted with LBC waves was ~20–67 keV and that interacted with ECH waves was ~3–4 keV. On the other hand, we independently estimated the cyclotron resonance energy of LBC and ECH waves from the Arase’s

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observation data and geomagnetic field model by TS04 Model [Tsyganenko and Sitnov, JGR, 2005]. The estimated cyclotron resonance energy of LBC waves was ~30 keV. Although the cyclotron resonance energy of ECH waves could not be estimated because it was difficult to obtain the electron temperature and wave normal angle of ECH waves from Arase data, we suggest the cyclotron resonance energy of ECH waves to be a few keV with probable assumptions. From these results, we suggest that LBC waves interact with high energy electrons which cause auroral emission at lower altitudes, while ECH waves interact with relatively low energy electrons which cause auroral emission at higher altitudes. These results were published in Fukizawa et al. [GRL, 2018].
To verify whether ECH waves indeed scatter the pitch angle of electrons, we compared ECH wave intensity with electron flux in the loss cone obtained with low-energy particle experiments-electron analyzer onboard Arase. We also give results of other coordinated observation events.

キーワード：脈動オーロラ、静電電子サイクロトロン高調波、波動-粒子相互作用
Keywords: pulsating aurora, ECH waves, wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automatic determination of Upper Hybrid Resonance Frequencies by Convolutional Neural Network.

*松田 昇也[1]、長谷川 達人[2]、熊本 篤志[3]、土屋 史紀[3]、笠原 禎也[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[3]、松岡 彩子[1]
*Shoya Matsuda[1], Tatsuhito Hasegawa[2], Atsushi Kumamoto[3], Fuminori Tsuchiya[3], Yoshiya Kasahara[4], Yoshizumi Miyoshi[5], Yasumasa Kasaba[3], Ayako Matsuoka[1]

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2. 福井大学、3. 東北大学、4. 金沢大学、5. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency, 2. University of Fukui, 3. Tohoku University, 4. Kanazawa University, 5. ISEE, Nagoya University

Electron number density is a key parameter for discussions of plasma wave generation/propagation, and wave-particle interaction in the inner magnetosphere. The High Frequency Analyzer (HFA) is a subsystem of Plasma Wave Experiment (PWE) aboard Arase [Kasahara et al. (2018), Kumamoto et al. (2018), Miyoshi et al. (2018)]. The HFA measures electric field spectra in a frequency range from 10 kHz to 10 MHz, which covers a typical frequency range of Upper Hybrid Resonance (UHR) frequency in the inner magnetosphere. Kumamoto et al. (2018) proposed the semiautomatic method for the identification of UHR frequency by computer and a human operator. However, it takes a enormous effort of a human operator.
We propose an automatic determination system of UHR frequency by machine learning. Machine learning is a technique in the field of artificial intelligence to give computers the ability to learn with data. In this study, we defined a task of UHR frequency determination as supervised regression that a computer estimates UHR frequencies using the dataset composed of electric field dynamic spectra with correct UHR frequency labels. We adopted Convolutional Neural Network (CNN) as a machine learning algorithm. In this study, we introduce our machine learning approach and initial results for determining UHR frequency from electric field spectra observed by PWE/HFA.

キーワード：あらせ衛星、UHR周波数、機械学習
Keywords: Arase satellite, UHR frequency, Machine learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Amplitude dependence of whistler wave motion on electron scattering process

*伊藤 義起[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[1]
*Yoshiki Ito[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Shinji Saito[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Nagoya University, ISEE

Whistler mode chorus waves cause scattering and acceleration of energetic electrons in the inner magnetosphere. The interaction processes have been modeled as diffusive process. The pitch angle diffusion coefficients of the pitch angle scattering depend on the power of chorus waves, so that it is expected that the scattering rate also depends on the wave amplitude. On the other hand, several previous studies indicated that the Lorentz force by the wave magnetic field is larger than the mirror force if the wave amplitudes increase and the electron trajectories in the velocity space are different from the diffusive distributions. In this study, we investigate chorus wave amplitude dependence of electron scattering using the GEMSIS-RBW simulation code. The RBW simulation demonstrates generation of periodical rising-tone chorus waves propagating along a magnetic field line to higher latitudes, and calculates local pitch angle and energy change by the imposed waves on the field line. At small wave amplitudes, time variations of pitch angle and energy of electrons are similar to diffusive process. At large wave amplitudes, some electrons increase both pitch angle and energy at interaction with the first rising tone, and then they decrease these parameters at interaction with the second rising tone. The process in the first rising tone seems to be the phase trapping, while the process in the second rising tone seems to be dislocation. Therefore, nonlinear scattering processes, which are phase trapping and dislocations, occur during the interactions with periodical rising-tone chorus waves with large amplitudes, which are quite different from quasi-linear scattering process.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Two-dimensional simulation of whistler mode wave packets interacting with energetic electrons

*野儀 武志[1]、大村 善治[1]
*Takeshi Nogi[1], Yoshiharu Omura[1]

1. 京都大学 生存圏研究所
1. Reserch Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

We perform two-dimensional electromagnetic particle simulations to study basic characteristics of whistler-mode wave particle interaction involved in the generation and propagation processes of chorus emissions with wave normal angles oblique to the static magnetic field. We assume a simple periodic (x, y) system with the magnetic field taken in the x-direction. We find the linear phase of the instability is much affected by electrostatic thermal fluctuations. It is necessary to put many super-particles in a grid cell to suppress the thermal fluctuation. We next put an array of antennas perpendicular to the background magnetic field, and oscillate the antenna current to generate obliquely propagating waves. In addition to the nonlinear trapping of energetic electrons through the cyclotron resonance, another nonlinear trapping of electrons takes place through the Landau resonance. Structures of the nonlinear trapping potentials change with the varying frequency, affecting efficiency of energy transfer between the wave and energetic electrons. We study nonlinear evolution of the wave packet, and competing processes of both resonances in accelerating energetic electrons to higher energies.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relativistic electron acceleration by whistler-mode chorus waves in 1D, 2D, and 3D magnetic field models.

*高橋 渓太[1]、大村 善治[1]、謝 怡凱[1]、Summers Danny[2]
*Keita Takahashi[1], Yoshiharu Omura[1], Yikai HSIEH[1], Danny Summers[2]

1. 京都大学生存圏研究所、2. ニューファンドランド記念大学数理統計学科
1. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University , 2. Department of Mathematics and Statistics, Memorial University of Newfoundland

We evaluate the acceleration efficiencies of relativistic electrons under a 1D, 2D, and 3D model magnetic fields. We perform test-particle simulations and analyze nonlinear trapping motions of resonant electrons in each model. As a chorus wave model, we assume that a chorus wave packet generated at the magnetic equator propagates along the magnetic field to higher latitudes. When we perform simulations with the whistler mode wave, the cyclotron resonance with energetic electrons occurs at the similar timing in each model. Although we find relativistic turning acceleration (RTA) [1] to take place in each model, acceleration efficiencies of resonant electrons are different in these models. In terms of the numerical Green’s function[2], we find a clear difference in time evolution of the distribution function in energy and equatorial pitch angle. The energy gap between resonant electrons and non-resonant electrons in the 1D model is slightly different from those in the 2D and 3D models. The energy gap in the 3D model is the largest among the three magnetic field models. This difference is due to additional oscillations in the velocity phase space, which only occur in the 2D and 3D models. These oscillations occur because the magnitude of the magnetic field changes during one period of relativistic cyclotron motion, affecting the nonlinear trapping conditions of resonant electrons.

References:

[1] Y. Omura, N. Furuya, D. Summers, Relativistic turning acceleration of resonant electrons by coherent whistler-mode waves in a dipole magnetic field, Journal Geophysical Research, Vol. 112, A06236, doi:10.1029/2006JA012243, 2007.

[2] Y. Omura, Y. Miyashita, M. Yoshikawa, D. Summers, M. Hikishima, Y. Ebihara, and Y. Kubota (2015), Formation process of relativistic electron flux through interaction with chorus emissions in the Earth’s inner magnetosphere, J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 9545–9562, doi:10.1002/2015JA021563, 2015.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of global spatio-temporal development of magnetospheric ELF/VLF waves for the 26-30 March 2017 storm based on ground and satellite observations and the RAM simulations

*竹下 祐平[1]、塩川 和夫[1]、三好 由純[1]、尾崎 光紀[2]、笠原 禎也[2]、Martine Connors[3]、Jyrki Manninen[4]、Craig Kletzing[5]、Vania Jordanova[6]
*Yuhei Takeshita[1], Kazuo Shiokawa[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Mitsunori Ozaki[2], Yoshiya Kasahara[2], Martine Connors[3], Jyrki Manninen[4], Craig Kletzing[5], Vania Jordanova[6]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 金沢大学、3. アサバスカ大学、4. ソダンキュラ地球物理観測所、5. アイオワ大学、6. ロスアラモス国立研究所
1. Nagoya University, Institute for Space-Earth Environmental Resarch, 2. Kanazawa University, 3. Athabasca University, 4. Sodankylä Geophysical Observatory, 5. The University of Iowa, 6. Los Alamos National Laboratory

The magnetospheric ELF/VLF waves are plasma waves generated by energetic electrons from several keV to tens keV with temperature anisotropy at magnetospheric equatorial plane of the inner magnetosphere. These ELF/VLF waves with frequencies lower than local half gyro frequency (lower-band) can propagate to the ground along magnetic field line. It is also known that the ELF/VLF waves interact with electrons drifting longitudinally in the inner magnetosphere, and help accelerating them to relativistic energies. Takeshita et al. [SGEPSS, 2018] statistically investigated the longitudinal extent of the magnetospheric ELF/VLF waves using six ground-based stations for two months, and showed the average extent of the ELF/VLF waves as ~90 degrees in longitude. However, Jordanova et al. [JGR, 2010] investigated the global distribution of linear growth rate of whistler mode chorus waves using global ring current-atmosphere interactions model (RAM), and showed that the region of large linear growth rate can extend ~180 degrees in longitude during the geomagnetic storm of 22 April 2001.

In this study we investigate the spatio-temporal distibution of the source region of magnetospheric ELF/VLF waves based on ground and satellite observations during the geomagnetic storm period from 26-30 March 2017, and compare it with global distribution of non-linear waves proxy of whistler mode chorus waves obtained by the RAM simulation. In this preliminary simulation, the simple dipole field and the Volland-Stern electric field are used as ambient magnetic and electric fields. And we assumed simply the Maxwell distribution as an energy spectrum using the empirical model of Tsyganenko and Mukai [2003]. In order to evaluate the non-linear wave excitation, we have estimated the optimum amplitude and the threshold value indicated by Omura and Nunn [2011]. We investigated the existence of lower band chorus waves using ground based observations at Athabasca (ATH; 54.7N, 246.4E, MLAT: 61.3N), Kapuskasing (KAP; 49.4N, 277.8E, MLAT: 58.7N), Kannuslehto (KAN: 67.7N, 26.3E, MLAT: 64.5N) and satellite-based observations by ERG with an apogee in the pre-dawn sector and RBSP-A and RBSP-B with an apogees in the post-dusk sector. We found the magnetospheric ELF/VLF waves exist from 3 MLT to 12 MLT for most periods from main- to recovery-phases of the magnetic storm. However, the RAM simulation did not predict wave generation during recovery phase of the storm. We compare the simulation and the ground-satellite observation in detail, and calculate the over-estimate rate (the ratio of wave existence period on the simulation to no wave period on the observation) and under-estimate rate (the ratio of no wave period on the simulation to wave existence period on the observation). We found the over-estimate rate become high (0.2~0.9) and under-estimate rate become low (0~0.4) in the main phase of the storm. This indicates that the longitudinal size of chorus source region predicted by simulation is larger than the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observed size at the main phase. We also found that the over-estimate rate becomes low (0~0.2) and under-estimate rate becomes high (~1) during the recovery phase of the storm. This indicates that the simulation does not reproduce the wave existence during the recovery phase of the storm. Looking into the MLT distribution, the simulation predicts the wave existence from dusk to the midnight sector, but the waves were not observed in this local time sector during the main phase. In case of recovery phase, the simulation did not predict wave existence but the observation showed continuous wave existence from dawn to the noon sector.

キーワード：コーラス波動、ERG衛星、地上観測
Keywords: chorus, ERG satellite, ground based observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Flux decrease of outer radiation belt electrons associated with solar wind pressure pulse: A Code coupling simulation of GEMSIS-RB and GEMSIS-GM

*伊藤 大輝[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[2]、松本 洋介[3]、天野 孝伸[4]
*Ito Hiroki[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Shinji Saito[2], Yosuke Matsumoto[3], Takanobu Amano[4]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 名古屋大学　大学院理学研究科、3. 千葉大学大学院理学研究科、4. 東京大学 地球惑星科学専攻東京大学 地球惑星科学専攻
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Graduate School of Science, Nagoya University, 3. Graduate School of Science, Chiba University, 4. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Relativistic electron flux of the outer radiation belt dynamically changes in response to solar wind variations. There exist several conditions to cause the flux drop-out of the outer belt electrons. The magnetopause shadowing (MPS) is one of the processes to cause the rapid loss of outer belt electrons (e.g.,Kim et al.,2008). In this study, we investigate how radiation belt electrons are lost through the MPS process with a code-coupling simulation using GEMSIS-RB test particle simulation code (Saito et al., 2010) and GEMSIS-GM global MHD magnetosphere simulation code (Matsumoto et al., 2010) by focusing the equatorial pitch angle and local time dependence. We calculate trajectories of electrons in electromagnetic fields calculated from GEMSIS-GM with initial L-shells from 6 to 11, initial energies from 1 MeV to 10 MeV, and initial pitch angles between 50 degrees and 90 degrees, using the relativistic guiding-center equation. The simulation consists of the following three phases associated with variations of the solar wind dynamic pressure; [i] The standoff distance of magnetopause at the subsolar point is 12 Re with the initial dynamic pressure of 1.0 nPa. [ii] The solar wind dynamic pressure becomes 2.5 nPa, and the magnetopause moves to 9 Re. [iii] The solar wind dynamic pressure decreases, so that the inflation of the magnetopause takes place and the standoff distance of the magnetopause is 10 Re. During phase [ii], the high-latitude reconnections occur at dawn-side firstly and many electrons escape from the magnetosphere to the interplanetary magnetic field along the field line in the dawn side. Subsequently, the high-latitude reconnections occur at the high-latitude in the dusk side. In phase [iii], the remained electrons in the magnetosphere escape into the interplanetary in both the dawn and dusk sides. The loss at the dusk-side is outward motion of the trapped electrons caused by the dawn-to-dusk electric fields associated with the inflation of the magnetosphere. The study showed detailed process of the electron escape into the interplanetary magnetic field and the electron escape occur in both enhancement/decrease of the dynamic pressure.

キーワード：マグネットポーズシャドウィング、MHDシミュレーション、テスト粒子シミュレーション
Keywords: Magnetopause Shadowing, global MHD magnetosphere simulation, test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Non-diffusive response of outer belt electrons on interplanetary shock

登石 拓磨[1]、*海老原 祐輔[1]、田中 高史[2]
Takuma Toishi[1], *Yusuke Ebihara[1], Takashi Tanaka[2]

1. 京都大学生存圏研究所、2. 九州大学
1. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 2. Kyushu University

Test particle simulation is performed in the electric and magnetic fields given by a global magnetohydrodynamics (MHD) simulation. When an interplanetary shock strikes the magnetosphere, a compressional wave propagates tailward. Pre-existing relativistic electrons that are initially located at fixed radial distances are redistributed by the electric and magnetic fields associated with the compressional wave. When the electrons encounter the nightside, they undergo complicated paths under the complicated distribution of the electric and the magnetic fields. Consequently, a group of isolated electrons forms, suggesting non-diffusive response. We discuss the redistribution processes in terms of the magnetospheric processes.

キーワード：放射線帯、MHDシミュレーション、テスト粒子シミュレーション
Keywords: radiation belt, MHD simulation, Test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PARM：観測ロケットG-CHASER(RockSat-XN)搭載オーロラカメラの開発と観測結果およびLAMPロケット実験搭載カメラ開発状況
PARM: Initial result of the auroral camera on the G-CHASER (RockSat-XN) rocket and status of the development of auroral cameras for the LAMP rocket experiment

*八木 直志[1]、坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、浅村 和史[2]、三好 由純[3]、細川 敬祐[4]、石澤 元気[5]
*Naoshi Yagi[1], Takeshi Sakanoi[1], Fukizawa Mizuki[1], Kazushi Asamura[2], Yoshizumi Miyoshi[3], Keisuke Hosokawa[4], Genki Ishizawa[5]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、5. 東北大学大学院理学研究科宇宙地球電磁気学分野
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 5. Space & terrestrial plasma pyhsics

我々はオーロラ観測カメラ（AIC）を、NASAとAndoya Space Centerとコロラド大学が主催し、2019年1月に実施されたG-CHASER(RockSat-XN)ロケット実験に向けて開発した。さらに、マイクロバースト（相対論的電子降下）とPsAの関係解明を目的としたLAMPロケット実験があり、2020年に打ち上げが予定されている。今回我々は、AICの開発成果及びG-CHASER(RockSat-XN)ロケット実験での結果、そしてLAMPロケット実験へ向けた開発状況を報告する。

G-CHASERには、日本のPulsating AuRora and Microburst(PARM)に加えて、米国、ノルウェーなど計7グループの研究・教育目的の装置が搭載された。PARMは中間エネルギー（20 - 100keV）電子計測器MED、高エネルギー（数百keV - 2MeV）電子計測器HEP、フラックスゲート磁力計AFG、オーロラカメラAIC から構成される。我々はAICの開発として、2018年1月から7月にかけて感度校正実験、電気機能試験、機械加工、フォーカス調整、振動・真空・熱試験を行った。AICは検出器ユニットAIC-Sと電源・データ処理エレキユニットAIC-Eから構成される。AIC-Sは、波長665nmよりも長波長の光を透過する光学フィルター（RG665）、広角レンズ（視野96.4 x 74.0度、F値1.6、焦点距離3.5mm）、CCDカメラ（Watec 910HX）からなる。

G-CHASER は、2019年1月13日9時UTにNASA の決定によりノルウェー・アンドーヤ宇宙センター（北緯69.3度、東経16.0度）から打ち上げられた。この時刻はすでに地上の太陽天頂角が-4度で薄明が開始しており、高度15km以上は日照であった。打ち上げから高度82.9kmまではロケット胴部スカートが閉じており、その継ぎ目からの漏れ光をAICは飽和することなく観測した。この変動解析から、上昇中のロケットスピン周波数は高度~20kmで~5Hz、高度~80kmで~1Hzであったと見積もられた。この結果は、AFGが観測した磁場強度の周期的な変化から推定されるスピン周波数と整合的であった。AICは脈動オーロラ数百kRを捉える感度性能を持っていたが、高度82.9kmでロケットスカートが分離された以降は、日照領域中のため観測光量は飽和したため、残念ながらオーロラ観測はできなかった。

さらに、PsA及びマイクロバーストのロケット観測行うことを目的とし、NASA/GSFCのDr. Sarah JonesがPIを務めるLAMPロケット実験が2019年冬期にアラスカ・ポーカーフラットリサーチレンジより打ち上げ予定で進められている。日本からは高エネルギー（数百keV - 2MeV）電子計測器HEP、フラックスゲート磁力計MIM、オーロラカメラAIC 2が搭載される。我々は現在AIC2の開発を進めている。AIC2は2台のカメラで構成され、検出器ユニットAIC2-S1/AIC2-S2と電源・データ処理エレキユニットAIC2-Eから成る。AIC2-Sは検出

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

部にCMOSカメラZWO ASI183MMを採用している。AIC2-S1,S2とAIC2-Eはデスパンテーブルの上に搭載され、姿勢制御された状態で撮像する。AIC2-S1は、N2 1stPGを対象とし、直焦点光学系（F値0.95、焦点距離17mm、視野27x27度）から成る。一方AIC2-S2は0I844.6nmを対象とし、RockSat-XN実験と同じ対角視野120度の広角レンズ（F値1.6、焦点距離3.5mm）から構成される。AIC2-S1は磁力線足元方向の水平距離100x100km以上を数km以下の空間分解能で観測しPsAの微細構造を捉え、AIC2-S2はPsAの高度分布（特にF領域発光）や広範囲でのPsA分布を取得する。降下電子のエネルギー推定はOI 844.6nmとN2 1stPGの比を取ることで見積もることができる。カメラの制御と画像取得はボードコンピュータNanoPi M4がUSB3.0の高速通信を介して行う。これまでの実験から、約10Hzの高速サンプリング性能を確認している。NanoPi M4が10Hzで取得した3660x3660画素の画像は60 x 60 bin (1bin を61 x 61pixel)に圧縮される。AIC2の２波長・詳細かつ10Hzサンプリング画像から、PsA水平分布や高度分布の時間変動が明らかになる。また、発光と降下電子データとの比較や、発光波長比の時間変化から、Chorusによりマイクロバースト（相対論的電子降下）が発生するモデルの検証が可能となることが期待される。

キーワード：オーロラカメラ、ロケット実験
Keywords: auroral camera, rocket experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地上全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによるサブオーロラ帯のSARアークの初めての同時観測
First simultaneous observation of a SAR arc at subauroral latitudes using a ground all-sky camera and the Arase satellite in the inner magnetosphere

*稲葉 裕大[1]、塩川 和夫[1]、大山 伸一郎[1,8,9]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、風間 洋一[2]、Shiang-Yu Wang[2]、Sunny W. Y. Tam[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 慧[4]、桂華 邦裕[4]、堀 智昭[1]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、熊本 篤志[7]、笠羽 康正[7]、三好 由純[1]、篠原 育[5]、Arto Oksanen[10]
*Yudai Inaba[1], Kazuo Shiokawa[1], Shin-ichiro Oyama[1,8,9], Yuichi Otsuka[1], Atsuki Shinbori[1], Yoichi Kazama[2], Shiang-Yu Wang[2], Sunny W. Y. Tam[2], Shoichiro Yokota[3], Satoshi Kasahara[4], Kunihiro Keika[4], Tomoaki Hori[1], Ayako Matsuoka[5], Yoshiya Kasahara[6], Atsushi Kumamoto[7], Yasumasa Kasaba[7], Yoshizumi Miyoshi[1], Iku Shinohara[5], Arto Oksanen[10]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. Academia Sinica、3. 大阪大、4. 東京大、5. JAXA、6. 金沢大、7. 東北大、8. University of Oulu, Finland、9. 国立極地研究所、10. Jyväskylän Sirius ry, Finland
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, 2. Academia Sinica, 3. Osaka Univ, 4. Tokyo Univ, 5. JAXA, 6. Kanazawa University, 7. Tohoku University, 8. University of Oulu, Finland, 9. National Institute of Polar Research, 10. Jyväskylän Sirius ry, Finland

Stable Auroral Red(SAR)アークは、オーロラの一種で、オーロラオーバルより低緯度のサブオーロラ帯に酸素原子の赤線 (630.0 nm)が卓越するオーロラである。この発光の元となる降り込み電子のエネルギーは数eVと言われている。この降り込み電子の生成は、プラズマ圏とリングカレントの空間的重なりにより、プラズマ圏の電子がリングカレントのイオンによって温められることで起こると予測されている。しかしSARアークについて、電離圏衛星と全天カメラで同時観測した例はあるが、電子加熱が起こっている内部磁気圏で、SARアークに対応するプラズマ粒子や電磁場変動が直接観測されたことはこれまでなかった。そこで本研究では、サブオーロラ帯にあるフィンランドのNyrola (62.34 N, 25.51 E, MLAT 59.4 N)に設置された全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによって2017年3月28日22:04 UTに同時に観測されたSARアークについて詳細な解析を行い、内部磁気圏におけるSARアークの発生メカニズムについて調査した。調査の結果、あらせ衛星がSARアークを横切った時間に、あらせ衛星に搭載されたプラズマ波動・電場観測器(EFD/PWE)で計測された電場や低エネルギー電子分析器 (LEP-e)で計測された電子フラックスに様々な特徴が現れた。GSE座標系での観測電場のEz成分は、SARアークを横切った時間のみに約2.4 mV/m程度負に振れていて、この時間のGSE座標系での観測磁場データのBx成分は負であった。この結果からE×Bドリフトの向きは西向きになり、これは地上観測のSARアークの移動方向に一致した。またSARアークを横切ったとき、LEP-eで観測された100-eV以下の電子フラックスがその前後と比べて若干増大していた。講演では、これらの観測事実を、これまで提案されてきたSARアークの発生メカニズムに照らし合わせて議論する。

キーワード：あらせ、SARアーク、全天カメラ、同時観測
Keywords: ERG, SAR arc, All-sky imager, Simultaneous observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pi2 pulsations observed by the Arase satellite inside and outside the plasmapause

*寺本 万里子[1]、松岡 彩子[2]、野村 麗子[5]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、松田 昇也[2]、能勢 正仁[1]、小路 真史[1]、津川 靖基[1]、今城 峻[1]、三好 由純[1]、篠原 育[2]
*Mariko Teramoto[1], Ayako Matsuoka[2], Reiko Nomura[5], Yoshiya Kasahara[3], Yasumasa Kasaba[4], Atsushi Kumamoto[4], Fuminori Tsuchiya[4], Shoya Matsuda[2], Masahito Nose[1], Masafumi Shoji[1], Yasunori Tsugawa[1], Shun Imajo[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、3. 金沢大学、4. 東北大学、5. 国立天文台
1. Institute for Space-Earth Environmental Research Nagoya University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace eXploration Agency, 3. Kanazawa University, 4. Tohoku University, 5. National Astronomical Observatory of Japan

The spatial structure of Pi2 pulsation relative to the plasmasphere has been studied using the magnetic and electric field observed from the equatorial orbiting satellite in the inner magnetosphere by Takahashi et al (2003; 1995). They showed that the nightside Pi2 pulsations in the inner magnetosphere, which have high coherence with those at low-latitude ground station, are dominated by the poloidal component (the radial and compressional components for the magnetic field and azimuthal component for the electric field). The amplitudes of the compressional magnetic field has maximum and azimuthal electric field and the compressional magnetic field have maximum and minimum in the vicinity of the plasmaspause, respectively. The phase of the azimuthal electric field relative to low-latitude Pi2 pulsations on ground is 90 degrees in the plasmasphere. Such radial profile of the amplitude and phase of Pi2 pulsations can be explained by a plasmaspheric cavity mode resonance. However, the latitudinal structure of Pi2 pulsations in the electric field has not been examined. We investigate the latitudinal characteristics of off-equatorial Pi2 pulsations on the nightside and their relation to the plasmapause using the magnetic field measured by the fluxgate magnetometer measured by the Magnetic Field Experiment (MGF), the electric field measured by the Electric field Detector (EFD), and electron density derived from the spectra measured by the High Frequency Analyzer (HFA) from the Arase satellite.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

*尾花 由紀[1]、丸山 奈緒美[2,3]、新堀 淳樹[4]、橋本 久美子[5]、Fedrizzi Mariangel[2,3]、能勢 正仁[4]、大塚 雄一[4]、西谷 望[4]、堀 智昭[4]、熊本 篤志[6]、土屋 史紀[6]、松田 昇也[7]、松岡 彩子[7]、笠原 禎也[8]、吉川 顕正[9]、三好 由純[4]、篠原 育[7]
*Yuki Obana[1], Naomi Maruyama[2,3], Atsuki Shinbori[4], Kumiko K. Hashimoto[5], Mariangel Fedrizzi[2,3], Masahito Nose[4], Yuichi Otsuka[4], Nozomu Nishitani[4], Tomoaki Hori[4], Atsushi Kumamoto[6], Fuminori Tsuchiya[6], Shoya Matsuda[7], Ayako Matsuoka[7], Yoshiya Kasahara[8], Akimasa Yoshikawa[9], Yoshizumi Miyoshi[4], Iku Shinohara[7]

1. 大阪電気通信大学、2. University of Colorado Boulder、3. NOAA Space Weather Prediction Center、4. 名古屋大学、5. 吉備国際大学、6. 東北大学、7. 宇宙航空研究開発機構、8. 金沢大学、9. 九州大学
1. Osaka Electro-Communication University, 2. University of Colorado Boulder, 3. NOAA Space Weather Prediction Center, 4. Nagoya University, 5. Kibi International University, 6. Tohoku University, 7. Japan Aerospace Exploration Agency, 8. Kanazawa University, 9. Kyushu University

We report an extreme erosion of the plasmasphere arising from the September 2017 storm. The cold electron density is identified from the upper limit frequency of UHR waves observed by the HFA of the PWE instrument onboard the Arase spacecraft. The HFA provides the spectrograms of electric fields in a frequency range from 10 kHz to 10 MHz with an 8-sec time resolution (Kasahara et al., 2018; Kumamoto et al., 2018). Such wide frequency coverage allows observation of the UHR frequency even deep inside the plasmasphere.
The electron density profiles reveal that the plasmasphere was severely eroded during the recovery phase of the storm and the plasmapause was located at L~1.7 at 23 UT on 8 Sep 2017. This is the first report of such deep erosion of the plasmasphere (L_{PP}<2) with the in-situ observation of the electron density. The degree of the severity is much more than what is expected from the SYM-H minimum (−146 nT) of the event.
We further study absolute GNSS-TEC, ground-based magnetic field, the doppler velocity obtained from the SuperDARN Hokkaido Radars to investigate the location of the midlatitude ionospheric trough, the penetration of the convection electric field to the equator and middle latitudes, respectively. Our results suggest that the middle latitude electric field was penetrated from the high-latitude storm time convection for several hours. Futhermore, the Ionosphere-Plasmasphere-Electrodynamics (IPE) model (Sun et al., 2015; Maruyama et al., 2016) is used to understand the dynamics of the plasmasphere. The IPE results suggest that the middle latitude electric field penetrates from the high-latitude storm time convection that lasts for several hours can explain the degree of severity during the September 7-11 2017 storm.

キーワード：プラズマ圏、内部磁気圏、磁気圏電離圏結合
Keywords: plasmasphere, innner magnetosphere, Magnetosphere-ionosphere coupling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relative contribution of ULF and chorus waves to the radiation belt variation: Comparison between multi-point observations and BATSRUS + CRCM simulation

*高橋 直子[1]、関 華奈子[1]、Mei-Ching Fok[2]、Yihua Zheng[2]、三好 由純[3]、David Hartley[4]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、笠羽 康正[7]、東尾 奈々[8]
*Naoko Takahashi[1], Kanako Seki[1], Mei-Ching Fok[2], Yihua Zheng[2], Yoshizumi Miyoshi[3], David Hartley[4], Ayako Matsuoka[5], Yoshiya Kasahara[6], Yasumasa Kasaba[7], Nana Higashio[8]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. NASA Goddard Space Flight Center、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、5. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6. 金沢大学総合メディア基盤センター、7. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、8. 宇宙航空研究開発機構
1. Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. NASA Goddard Space Flight Center, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, 5. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 6. Information Media Center, Kanazawa University, 7. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 8. Japan Aerospace Exploration Agency

Earth’s radiation belt is the area where electrons with energies from hundreds of keV to several MeV are trapped. When, where, and how the radiation belt exhibits a dramatic variation during a magnetic storm is of global interest. The dynamic variation of the radiation belt is caused by various wave-particle interactions: (1) the radial diffusion of electrons driven by ultra-low-frequency (ULF) waves in Pc5 frequency ranges (1.6–6.7 mHz) and (2) the local acceleration caused by wave-particle interactions between whistler-mode chorus waves and radiation belt particles. Over the past decade, multi-point observations and numerical simulations have provided evidence to support above physical processes. However, it is debatable how much each wave contributes to the radiation belt variation during a magnetic storm. A few previous studies have quantitatively compared roles of local acceleration and radial transport by calculating diffusion coefficients, whereas the global context between the wave growth and the relativistic electron flux enhancement has not been extensively studied. To address these issues, the comprehensive study using multi-point observations and numerical simulations (not empirical models) makes essential and significant contributions.

We focus on the magnetic storm on 27-30 May 2017. This magnetic storm is triggered by coronal mass ejections and induces a clear interplanetary shock. Fortunately, several satellites are scattered in the inner magnetosphere and detect both ULF and chorus waves during this magnetic storm. Arase and Van Allen Probes also detect variations of relativistic electron fluxes associated with the Dst index variation. We examine L-value dependence of ULF and chorus wave powers and find the difference of wave activity during the recovery phase. The chorus wave activity is large during the early recovery phase, while the ULF wave activity is large during the late recovery phase. The difference of wave activity may contribute to the radial profile in the phase space density of relativistic electrons. To grasp the extent of individual wave contribution, we also perform the comprehensive ring current model (CRCM) coupled with Block-Adaptive-Tree Solar-Wind Roe-Type Upwind Scheme (BATSRUS) simulation. BATSRUS with CRCM well reproduces global characteristics of energetic electron fluxes and wave growth during this magnetic storm. We will further evaluate global distribution of simulated wave power comparing to the observation, and then discuss the temporal and spatial context between each wave growth and the radiation belt variation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modulation of the D-region ionosphere by Pc5 waves observed by VLF/LF standard radio waves

*宮下 拓也[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]
*Miyashita Takuya[1], Hiroyo Ohya[1], Fuminori Tsuchiya[2], Hiroyuki Nakata[1], Toshiaki Takano[1], Kazuo Shiokawa[3], Yoshizumi Miyoshi[3]

1. 千葉大学、2. 東北大学、3. 名古屋大学
1. Chiba University, 2. Tohoku University, 3. Nagoya University

Ionospheric modulation due to ultra low frequency (ULF) Pc5 waves have been observed by GPS-total electron content (TEC), high frequency (HF) Doppler sounders, and SuperDARN HF radars [e.g., Pilipenko et al., 2014; Belakhovsky et al., 2016]. However, there are few reports for the modulation of the lower ionospheric associated with the ULF Pc5 waves using VLF/LF transmitter signals. In this study, we investigate the D-region signatures of the modulation due to the ULF Pc5 waves using a network of very low frequency (VLF)/low frequency (LF) standard radio waves. We show oscillations in intensities of the VLF/LF waves with a period of 4-6 minutes during substorms on 27 April, 2017. The transmitter signals from NAA (USA, 24.0 kHz, L = 2.88), NLK (USA, 24.8 kHz, L = 2.88), NDK (USA, 25.2 kHz, L = 2.98) and WWVB (USA, 60.0 kHz, L = 2.26) were observed by the receivers at ATH (Athabasca, L=4.31) and PKR (Poker Flat, L=5.95). The substorm occurred at 04:30 UT. Based on the wavelet analysis, we found that the intensities for the NDK-ATH and WWVB-ATH paths showed oscillations with a period of 4-6 minutes during the substorm growth phase (05:00-06:00 UT). Magnetic field variations observed by ground magnetometers around the NDK-ATH and WWVB-ATH paths also showed the same periodicity, which means that the variations in the VLF/LF intensities would be caused by Pc5 modulations. The magnetic field oscillations were observed in wide latitude range. The intensity of the oscillation was larger at high latitude magnetometers than those around the location of the NDK-ATH and WWVB-ATH path (mid-latitude). The Pc5 oscillations could be excited by solar wind because solar wind speed had similar period of the 4-6 minutes. In this presentation, we will discuss the cause of these VLF/LF oscillations.

キーワード：VLF/LF帯標準電波、Pc5、ULF
Keywords: VLF/LF standard radio waves, Pc5, ULF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Oxygen-proton differences in ion energies dominating plasma pressure: Dependence on storm phases and solar wind drivers

*桂華 邦裕[1]、笠原 慧[1]、横田 勝一郎[2]、星野 真弘[1]、関 華奈子[1]、能勢 正仁[3]、三好 由純[3]、篠原 育[4]
*Kunihiro Keika[1], Satoshi Kasahara[1], Shoichiro Yokota[2], Masahiro Hoshino[1], Kanako Seki[1], Masahito Nose[3], Yoshizumi Miyoshi[3], Iku Shinohara[4]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 大阪大学大学院理学研究科、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo , 2. Graduate School of Science, Osaka University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

The ion pressure in the inner magnetosphere is generally dominated by protons with energies of a few to a few 100s keV. Oxygen ions of ionospheric origin, O+, can make a significant contribution to the ion pressure during geomagnetically active periods. Our previous study (Keika et al., 2018, GRL) examined the radial dependence of contributing energies, which we term an energy range that makes the dominant contribution to the plasma pressure, during the main phase of the six magnetic storms in Year 2017. We found clear oxygen-proton differences in the contributing energies in the outer part (L>5) of the ring current region. The contributing energies were higher for O+ than for H+. The results provided in situ evidence of the contribution from mass-dependent/selective acceleration processes to the energization of the outer part of the ring current.

The present study extends this analysis toward a larger database obtained from a longer period of magnetic storm times including the recovery phase. We also compare mass-dependent/selective energization between different solar wind drivers such as coronal mass ejections and corotational interaction regions. We primarily use data from the MEP-i (Medium-Energy Particle experiments - ion mass analyzer) on board the Arase spacecraft. MEP-i measures ions with energies of 10 to 180 keV/q and distinguishes between different ion species. Arase observed the nightside near-Earth magnetosphere (L<10) during 7 CME-driven and 7 CIR-driven storms with the Dst minimum of smaller than -50 nT in Years 2017 and 2018. The dependence on storm phases and solar wind drivers helps identify magnetospheric conditions favorable for mass-dependent/selective acceleration and in turn provides clues for understanding important physical mechanisms. Utilizing observations made by the MMS spacecraft in the near-Earth plasma sheet, we also compare oxygen-to-proton differences inside earthward bursty bulk flows with the Arase/MEP-i observations. The multi-spacecraft observations help better understand the temporal evolution of the mass-dependent/selective acceleration processes.

キーワード：磁気嵐、サブストーム、環状電流、酸素イオン、イオン加速と輸送
Keywords: Magnetic storms, Substorms, RIng current, Oxygen ions, Ion transport and acceleration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mass dependence of penetration depth of multi-energy ions in the inner magnetosphere during magnetic storms: Arase observations

*藤井 亮佑[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、浅村 和史[2]、Lynn Kistler[1,8]、Vania Jordanova[9]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、津川 靖基[1]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[4]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[7]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2]
*Ryosuke Fujii[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Masafumi Shoji[1], Kazushi Asamura[2], Lynn Kistler[1,8], Vania Jordanova[9], Tomoaki Hori[1], Satoshi Kurita[1], Mariko Teramoto[1], Yasunori Tsugawa[1], Yoshiya Kasahara[3], Yasumasa Kasaba[4], Atsushi Kumamoto[5], Fuminori Tsuchiya[4], Shoichiro Yokota[6], Kunihiro Keika[7], Ayako Matsuoka[2], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3. 金沢大学総合メディア基盤センター、4. 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、5. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、6. 大阪大学・理学研究科、7. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、8. University of New Hampshire、9. Los Alamos National Laboratory
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Information Media Center, Kanazawa University, 4. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 5. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 6. Graduate School of Science, Osaka University, 7. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 8. University of New Hampshire, 9. Los Alamos National Laboratory

During magnetic storms, the ring current ions move toward the Earth, and the inner edge position of the ring current depends on the convection electric field. We investigate variations of the inner edge of the ring current ions, so-called, penetration depth, during magnetic storms using the ion measurements made by the Low-energy particle experiments-ion mass analyzer (LEP-i)/Medium-energy particle experiments-ion mass analyzer (MEP-i) instruments onboard the Arase satellite. The Arase satellite typically observes the earthward penetration of the ring current protons associated with the enhancement of the dawn-to-dusk electric field in the inner magnetosphere during the storm main phase. The plasmapause moves earthward during the main phase. On the other hand, the convection electric field decreases during the storm recovery phase in which the flux of ring current protons decreases. We identify that the penetration depth of protons depends on the minimum Dst index during the storms as well as the proton energy.

We also investigate the penetration depth of other ions, i.e., helium and oxygen ions. Because the life times of helium and oxygen ions due to charge exchange reaction for are longer than that of protons, it is expected that these ions can penetrate deeper than protons and temporal and spatial evolution can be observed clearly. We will also discuss the relation between the position of ring current inner edge and cross polar cap potential.

キーワード：あらせ衛星、リングカレント、イオン
Keywords: The Arase satellite, Ring current, Ions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relativistic Acceleration of Energetic Protons by Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Jovian Magnetosphere

*関根 友博[1]、大村 善治[1]、Danny Summers[2]、謝 怡凱[1]、中村 紗都子[1]
*Tomohiro Sekine[1], Yoshiharu Omura[1], Danny Summers[2], Yikai HSIEH[1], Satoko Nakamura[1]

1. 京都大学生存圏研究所、2. ニューファンドランドメモリアル大学
1. Reserach Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 2. Memorial University of Newfoundland

We perform test particle simulations of nonlinear interaction between energetic protons and EMIC waves. We assume a coherent EMIC waves that have a constant frequency and propagate parallel to the magnetic field. We find that protons can be trapped and accelerated by EMIC waves. We find a very efficient acceleration process of protons in which kinetic energy of protons increases while directions of parallel velocities reverses when we assume parameters in the Jovian magnetosphere. We notice that this phenomenon is very similar to the interaction process between relativistic electrons and whistler-mode waves, which is called Relativistic Turning Acceleration (RTA) [1]. In order to analyze the phenomena, we have developed nonlinear trapping theory of interaction between relativistic protons and EMIC waves. Next, we compare the theory and simulation results. We confirm that the results satisfy the conditions for RTA. Following the trajectories of many resonant protons, we obtain time evolution of the distribution function of relativistic protons as a function of energy and equatorial pitch angle based on the numerical Green’s function method [2].

References:

[1] Y. Omura, N. Furuya, D. Summers, Relativistic turning acceleration of resonant electrons by coherent whistler-mode waves in a dipole magnetic field, Journal Geophysical Research, Vol. 112, A06236, doi:10.1029/2006JA012243, 2007.

[2] Y. Omura, Y. Miyashita, M. Yoshikawa, D. Summers, M. Hikishima, Y. Ebihara, and Y. Kubota (2015), Formation process of relativistic electron flux through interaction with chorus emissions in the Earth’s inner magnetosphere, J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 9545–9562, doi:10.1002/2015JA021563, 2015.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical study of IPDP type EMIC wave-related electron precipitation at subauroral latitude

*平井 あすか[1]、土屋 史紀[1]、小原 隆博[1]、笠羽 康正[1]、加藤 雄人[2]、三澤 浩昭[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]、栗田 怜[3]、Martin Connors[4]
*Asuka Hirai[1], Fuminori Tsuchiya[1], Takahiro Obara[1], Yasumasa Kasaba[1], Yuto Katoh[2], Hiroaki Misawa[1], Kazuo Shiokawa[3], Yoshizumi Miyoshi[3], Satoshi Kurita[3], Martin G Connors[4]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. アサバスカ大学
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku Univ. , 2. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Athabasca University

The outer radiation belt electrons disappear during the main phase of geomagnetic storms. One of the loss mechanisms of electrons from the outer belt is precipitation into the atmosphere due to wave-particle interactions. Electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves are believed to be important plasma waves that contribute to the loss of the outer radiation belt due to pitch angle scattering. They can scatter relativistic and ultra-relativistic electrons. However, there are still questions left about the contribution of EMIC waves to the whole loss of radiation belt electrons and possible conditions favorable to pitch angle scattering.
EMIC waves mainly propagate along magnetic field lines and are observed on the ground as Pc1 geomagnetic pulsations. Intervals of pulsations of diminishing periods (IPDP) are Pc1/EMIC waves that are characterized by frequency rise from 0.1 to 1–2 Hz in a period of ~1 h, and often occur during substorms. Recent studies reported that IPDP are preferentially associated with relativistic electron precipitation. However, the statistical relation between IPDP waves and relativistic electron precipitation, and their physical mechanism, remain open issues.
We investigated differences in characteristics between IPDP and other types of Pc1 by using an induction magnetometer and VLF radio wave data that is a proxy of electron precipitations at subauroral latitude from 1 November 2016 to 30 June 2018. We used the induction magnetometer of PWING (study of dynamical variation of Particles and Waves in the INner magnetosphere using Ground-based network observations) at Athabasca, Canada (54.6˚N, 246.36˚E, L = 4.39). VLF radio waves propagate from transmitters to receivers in subionospheric waveguide. The modulations of VLF signals are detected as occurrence of sub-relativistic and relativistic electron (>100 keV) precipitation due to ionization changes in the lower ionosphere along the radio wave propagation path. VLF radio waves are transmitter from NDK, U.S. (46.367˚N, 261.467˚E, L =3.13) and NLK, U.S. (48.2˚N, 238.083˚E, L =2.84) and received at Athabasca. We selected EMIC wave events on the basis of the following criteria: (1) EMIC wave power is higher than 10^{-5} nT^2/Hz. (2) Duration of EMIC waves is longer than 20 min. (3) Interval between one EMIC wave event and the next one is longer than 30 min. Electron precipitation was identified as a decrease in amplitude of VLF signals from the quiet day curve (QDC). We counted as EMIC wave-driven electron precipitation if we detect temporal correspondence with EMIC waves. In this period, we found 950 EMIC wave events, and 87 of total EMIC wave events were IPDP events (9.2%). Local time dependence of EMIC waves shows that IPDP often occurs in the afternoon and evening sector, while other types of Pc1 occur in all local time range, but with a maximum in 12–16 MLT, which is consistent with previous studies. Simultaneous observation of the magnetometer and VLF radio waves were available for 286 days, and we found 163 EMIC wave events. 19 of 163 EMIC wave events were clearly associated with electron precipitation (12%). Among 19 electron precipitation events, 15 events were caused by IPDP (79%). Also,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the electron precipitation events were observed in the evening sector with similar local time dependence to IPDP. This result suggests that IPDP is more likely to cause electron precipitation than other Pc1 wave types. In previous studies, IPDP occurs due to ion cyclotron instability of ring current ions in the evening sector, and favorable region for electron scattering by EMIC waves is high density duskside plasmapause and plasmaspheric plume because dense plasma lowers minimum resonant energy of electrons. It is assumed that occurrence region of IPDP is coincident with the preferential region for MeV electron scattering by EMIC waves. For this reason, it is expected that IPDP type EMIC waves significantly cause relativistic electron precipitations in the duskside.

キーワード：電磁イオンサイクロトロン波動、電子降下、低周波電波伝搬
Keywords: EMIC waves, electron precipitation, subionospheric VLF radio waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Meridional distributions of proton plasma and pressure-driven currents in the nightside inner magnetosphere: Arase observations

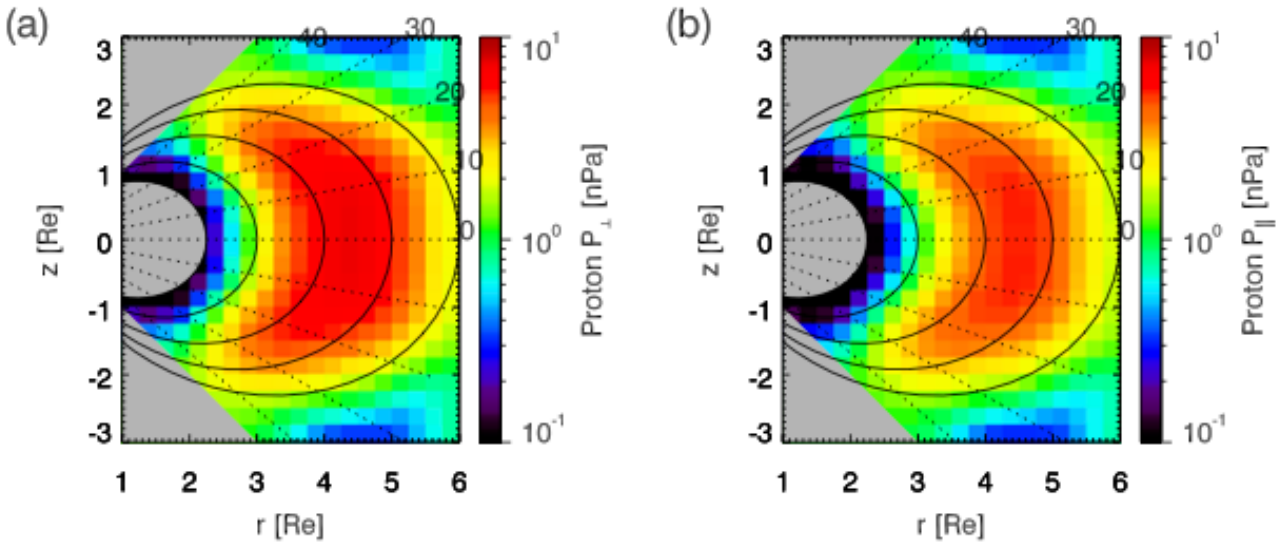
*今城 峻[1]、能勢 正仁[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、松岡 彩子[4]、桂華 邦裕[2]、堀 智昭[1]、寺本 万里子[1]、山本 和弘[5]、生松 聡[5]、野村 麗子[6]、藤本 晶子[7]、篠原 育[4]、三好 由純[1]
*Shun Imajo[1], Masahito Nose[1], Satoshi Kasahara[2], Shoichiro Yokota[3], Ayako Matsuoka[4], Kunihiro Keika[2], Tomoaki Hori[1], Mariko Teramoto[1], Kazuhiro Yamamoto[5], Oimatsu Satoshi[5], Reiko Nomura[6], Akiko Fujimoto[7], Iku Shinohara[4], Yoshizumi Miyoshi[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 東京大学理学系研究科、3. 大阪大学理学研究科、4. 宇宙科学研究所、5. 京都大学理学研究科、6. 国立天文台、7. 九州工業大学
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Graduate School of Science, Osaka University, 4. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 5. Graduate School of Science, Kyoto University, 6. National Astronomical Observatory of Japan, 7. Kyushu Institute of Technology

We examine the averaged meridional distributions of proton plasma parameters and pressure-driven currents in the nightside (20–04 h magnetic local time) ring current region during disturbed times (-80 < SYM-H* < -40 nT) using ion measurements covering energy range of 10–180 keV by the Arase satellite. Because the Arase satellite has a large inclination orbit of 31°, it covers the absolute value of magnetic latitude (|MLAT|) range of 0–40° and the radial distance of < 6 Re. We find that the plasma pressure decreases significantly with MLAT. The plasma pressure on the same L^* shell at 30°<|MLAT|<40° is about 10–60% of that at 0°<|MLAT|<10°, and the percentage of decrease is larger on lower L^* shells. The pressure anisotropy which is defined by the perpendicular pressure divided by the parallel pressure decreases with radial distance and shows a weak dependence on |MLAT|. The magnitude of the plasma beta at 30°<|MLAT|<40° is one or two order smaller than that at 0°<|MLAT|<10°. The relative plasma pressure distribution predicted from the magnetic strength and anisotropy is roughly consistent with the observed plasma pressure for L^*=3.5–5.5. The azimuthal pressure-gradient current derived from the plasma pressure distribution spreads over ~-20° |MLAT|, while the curvature current is limited in ~0–10° |MLAT|. We suggest that the latitudinal dependences should be taken into account when considering a temporal evolution of ring current particles from L distributions of successive orbits.

キーワード：子午面分布、プラズマ圧、圧力励起電流、あらせ衛星
Keywords: meridional distributions, plasma pressure, pressure-driven currents, Arase satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Space Weather Effects on Energetic Proton Flux Response in South Atlantic Anomaly

*Kirolosse Mina GIRGIS[1,2], Tohru Hada[1], Shuichi Matsukiyo[1]

1. Earth System Science and Technology (ESST) Department, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences (IGSES), Kyushu University, Japan, 2. Aerospace Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt

In this research, energetic proton flux in the inner radiation belt, is studied inside the South Atlantic Anomaly (SAA) by performing test particle simulations, where the background time-varying magnetic field is provided by Tsyganenko model, according to *Dst* index and altitudes. The objective of this investigation, is to estimate and forecast the additional radiation dose, occurring on spacecraft and human bodies, due to their passage inside the anomaly, and precisely, during intense solar storms. It was found that within minutes, proton flux in the SAA, penetrated deeper downward by about 200 km, when the *Dst* index is decreased (< -210 nT), and a after few more minutes, it was significantly reduced at all the altitudes; the last conclusion was confirmed by satellite observations.

Keywords: South Atlantic Anomaly, Space Weather, Dst Index, Radiation Dose, Proton Flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar-cycle variations of >30 keV electron flux enhancements under the inner radiation belt

*ALLA SUVOROVA[1]

1. National Central University

Intense fluxes of 30-300 electrons can arise in the equatorial ionosphere outside the South Atlantic Anomaly. It was established that the electrons were injected from the inner radiation belt probably due to a mechanism of fast radial transport in the crossed electric and magnetic fields. Continuous monitoring of energetic particles at low heights of ~850 km with the MEPED instrument onboard the NOAA/POES satellites allowed compiling large statistics of the >30 keV electron enhancements from 1998 to 2018. We studied particle flux variations with geomagnetic activity and solar cycle. We found that geomagnetic activity measured by Dst and AE indices are not key factors of occurrence rate increase for electron injections, but influence on intensity of particles. The occurrence rate is controlled by auroral conductivity on the dayside and significantly enhanced during northern summer. Descending phase of solar cycle plays a major role in the occurrence rate increase.

Keywords: magnetosphere-ionosphere, energetic electrons, low latitudes, solar cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Energy spectra variations of high energy electrons in the inner magnetosphere observed by HEP/XEP on ARASE and SEDA-e on HIMAWARI

*高島 健[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、長妻 努[3]
*Takeshi Takashima[1], Takefumi Mitani[1], Nana Higashio[2], Tsutomu Nagatsuma[3]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構
1. ISAS/JAXA, 2. Research and Development Directorate/JAXA, 3. NiCT

The relativistic electrons in the outer radiation belt were disappeared/increased and their energy spectra were changed dynamically in some storms observed by XEP/HEP onboard the ARASE spacecraft. In the same time, SEDA-e with energy range 200keV-4.5MeV for electron on board the HIMAWARI-8, Japanese weather satellite on GEO, observed increase of relativistic electron in different local time.
When comparing the energy spectra, there are times when the spectrum matches or does not match. It is also observed that the change in the slope of the energy spectrum differs with time. These phenomena are observed even when there are two satellites at the same local time.
We will report on energy spectra variations of high energy electrons including calibrations of differential flux between XEP and HEP and discuss comparisons with energy spectra between ARAE and HIMAWARI that observed each storm in different local time.

キーワード：相対論的エネルギー電子、内部磁気圏、あらせ衛星
Keywords: relativistic electron, inner magnetosphere, ARASE

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inter-channel calibration of the high-energy electron experiments (HEP) instrument onboard the Arase satellite

*堀 智昭[1]、三谷 烈史[2]、高島 健[2]、Park Inchun[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、東尾 奈々[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、三好 由純[1]、篠原 育[2]
*Tomoaki Hori[1], Takefumi Mitani[2], Takeshi Takashima[2], Park Inchun[1], Satoshi Kurita[1], Mariko Teramoto[1], Nana Higashio[3], Satoshi Kasahara[4], Shoichiro Yokota[5], Yoshizumi Miyoshi[1], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 東京大学大学院理学系研究科、5. 大阪大学大学院理学研究科
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 5. Graduate School of Science, Osaka University

An inter-channel comparison of electron fluxes measured by the HEP instrument onboard the Arase satellite is conducted with a focus on the apparent non-uniformity in detection efficiency and relative offset of the background flux level between the channels, which was partly reported previously. We extend the data set to cover the entire two-year period since the start of the regular observations. The flux ratio of different channels is sorted by the electron flux level of much higher energies that was simultaneously measured by the extremely high-energy electron experiment (XEP) instrument onboard Arase. The result shows that the HEP flux of all azimuthal channels is more or less affected by MeV electrons which are most likely to have penetrated into the instrument box and directly hit the detectors. However, it is also revealed that the non-uniform count distribution over the channels still remains even when the penetrating electrons are absent. We conduct a set of Geant-4 simulations to trace electrons with various energies and incident angles to the detector plane in order to give a quantitative interpretation for the resultant count distributions, in terms of the effects of penetrating electrons and obliquely-colliding incident electrons.

キーワード：あらせ衛星、粒子観測器、キャリブレーション
Keywords: Arase satellite, particle instrument, calibration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Particle simulation for calibrating the HEP data onboard the ARASE satellite

*PARK INCHUN[1]、三好 由純[1]、三谷 烈史[2]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、高島 健[2]、東尾 奈々[3]、篠原 育[2]
*PARK INCHUN[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Takefumi Mitani[2], Tomoaki Hori[1], Satoshi Kurita[1], Mariko Teramoto[1], Takeshi Takashima[2], Nana Higashio[3], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境科学研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Nagoya University Institute for Space-Earth Environmental Research, 2. Japan Aerospace Exploration Agency Institute of Space and Astronautical Science , 3. Japan Aerospace Exploration Agency

Understanding the detailed characteristics of the HEP (High-Energy electron Experiment) instrument onboard the Arase satellite is crucial for data calibration. Due to difficulties of reproducing the severe radiation environment of the inner magnetosphere on the ground, computer simulation is the best method to understand instrument responses to the ambient radiation environment. Through Monte-Carlo simulations using the Geant4 tool, we have reconstructed the geometry of the HEP instrument and modeled the high-energy particle environment. Using the developed model, we have studied the efficiency of the detectors, the angular resolution, and the g-factors, which depend on the particle energy and the sensor channels. While the previous studies were based on a uni-direction simulation with electron pencil beams, this study adopted all the detector channels and energy bends of HEP thus resulting in more advanced simulations. Based on the results, we have made a new calibration table depending on the angle of incident particles. We have also estimated the g-factor which depends on the incident particle energy. The updated calibration table and g-factors are important for calibrating the HEP data as well as inter-calibrations with other particle instruments' data.

キーワード：あらせ、Ｇｅａｎｔ４、ＨＥＰ
Keywords: ARASE, Geant4, HEP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

あらせ搭載HEPのGeant4モデル計算と放射線内帯粒子観測
Geant4 model calculation and energetic particle observation with HEP/Arase in the inner radiation belt

*戸田 穂乃香[1]、三宅 亙[1]、三谷 烈史[3]、高島 健[3]、三好 由純[2]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]
*Honoka Toda[1], Wataru Miyake[1], Takefumi Mitani[3], Takeshi Takashima[3], Yoshizumi Miyoshi[2], PARK INCHUN[2], Tomoaki Hori[2]

1. 東海大学、2. 名古屋大学/ISEE、3. JAXA/ISAS
1. Tokai University, 2. ISEE/Nagoya University, 3. ISAS/JAXA

あらせに搭載されたHEPは70 keV ～ 2 MeVの電子を観測する機器である。このHEPでは外帯のみならず、内帯において高いカウントがMeVのエネルギーレンジで計測されている。Van Allen Probesでは内帯の電子はMeV以上ではほとんど計測されていない。おそらくは高エネルギープロトンの混入によりHEPにカウントが生じていると考えられる。これを検証するとともに、プロトンのエネルギーを特定することを目的として、Geant4によるモデル計算を行ってきた。その結果、数MeV～数十MeVの高エネルギープロトンが寄与していることが分かってきた。このエネルギー帯のプロトンを計測する機器はあらせ衛星には搭載されていない。電子計測器HEPの内帯での観測データをもとにした、高エネルギープロトンの空間分布や時間変動の研究の可能性を考察する。

キーワード：あらせ、放射線帯プロトン、HEP
Keywords: Arase, Proton Radiation Belt, HEP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Validation of High-energy electron detector simulator for the HEP instruments onboard Arase

*三谷 烈史[1]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]、滑川 拓[1,3]、浅村 和史[1]、高島 健[1]、笠原 慧[3]、栗田 怜[2]、寺本 万里子[2]、東尾 奈々[1]、三好 由純[2]、篠原 育[1]
*Takefumi Mitani[1], PARK INCHUN[2], Tomoaki Hori[2], Taku Namekawa[1,3], Kazushi Asamura[1], Takeshi Takashima[1], Satoshi Kasahara[3], Satoshi Kurita[2], Mariko Teramoto[2], Nana Higashio[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Iku Shinohara[1]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3. 東京大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ., 3. The university of Tokyo

The high-energy electron experiments (HEP) onboard the Arase satellite detects 70 keV-2 MeV electrons and generates a three-dimensional velocity distribution for these electrons in every period of the satellite's rotation. Electrons are detected by two instruments, namely, HEP-L and HEP-H, which differ in their geometric factor (G-factor) and range of energies they detect. HEP-L detects 70 keV–1 MeV electrons and its G-factor is 9.3 $\times 10^{-4}$ cm^2 sr at maximum, while HEP-H observes 0.7 MeV–2 MeV electrons and its G-factor is 9.3 $\times 10^{-3}$ cm^2 sr at maximum. The instruments utilize silicon strip detectors and application-specific integrated circuits to readout the incident charge signal from each strip.

In order to deduce the distribution of incident electrons from the direction and energy detections in orbit, we have developed a detector simulator using the Geant4 toolkit. Especially contamination due to high energy particles must be considered quantitatively. We have also been working on electron beam experiments using HEP detector modules which are almost the same as the flight model in order to compare detailed simulations and experimental data.

We will present a comparison between results from the electron beam experiments and those from the detector simulator. And we will discuss its influence on the interpretation of the observational data obtained in orbit.

キーワード：高エネルギー電子、あらせ、Geant4
Keywords: high-energy electron, Arase, Geant4

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[P-EM13] 内部磁気圏

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

The inner magnetosphere is characterized by the dominance of intrinsic dipolar Earth's magnetic field. The dipolar magnetic field traps charged particles, resulting in the formation of unique particle environment known as the plasmasphere, the ring current, and the radiation belt. The inner magnetosphere is always changing because of incoming energy from the outer magnetosphere and the ionosphere in the forms of particles and electromagnetic fields. In the inner magnetosphere, the particle energy is transferred to the field energy, and vice versa. The mutual coupling between particles and fields also makes the inner magnetosphere unique. The outgoing energy to these regions is also known to be significant, such as precipitation into the upper atmosphere and sub-auroral disturbances. A number of satellites (e.g., DMSP, NOAA, Geotail, Cluster, THEMIS, Van Allen Probes, MMS, and Arase), ground-based instruments (e.g., SuperDARN and EISCAT radars, magnetometers, and cameras), and numerical simulations (e.g., global particle simulation, PIC simulation, and hybrid simulation) have successfully surveyed the inner magnetosphere, which deepen our knowledge significantly. USAF DSX, UCLA Elfin and NASA CeRES will be launched soon, being expected to provide important information. We solicit papers describing recent results on the inner magnetosphere and/or its coupling with the other regions, including the ionosphere and the outer magnetosphere.

[PEM13-P01] Evaluation of wave normal and Poynting vector analyses for whistler mode waves observed by the waveform capture (WFC) on board the Arase

*笠原 禎也[1]、五十嵐 智[1]、西澤 宏幸[1]、松田 昇也[2]、土屋 史紀[3]、熊本 篤志[3]、笠羽 康正[3]、尾崎 光紀[1]、松岡 彩子[2] (1.金沢大学、2.宇宙科学研究所、3.東北大学)

[PEM13-P02] Arase衛星S-WPIA解析におけるプラズマ波動電界較正に関する評価

*三木 淳平[1]、小嶋 浩嗣[2]、加藤 雄人[3]、松田 昇也[4]、笠原 禎也[5]、疋島 充[4]、栗田 怜[6]、北原 理弘[3]、笠原 慧[7]、三好 由純[6]、熊本 篤志[3]、松岡 彩子[4]、横田 勝一郎[8]、堀 智昭[6]、桂華 邦裕[7] (1.京都大学大学院工学研究科電気工学専攻宇宙工学分野、2.京都大学生存圏研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.JAXA・宇宙科学研究所、5.金沢大学・総合メディア基盤センター、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所、7.東京大学大学院理学研究科、8.大阪大学理学研究科)

[PEM13-P03] Pc4-5帯ULF波動と同期したホイッスラーモード・コーラス放射の発生と高エネルギー電子との対応について

*大野 敦裕[1]、加藤 雄人[1]、熊本 篤志[1]、土屋 史紀[1]、寺本 万里子[2]、笠原 禎也[3]、松田 昇也[4]、松岡 彩子[4]、三谷 烈史[4]、堀 智昭[2]、笠原 慧[5]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[5]、三好 由純[2]、篠原 育[4] (1.東北大学、2.名古屋大学、3.金沢大学、4.宇宙科学研究所、5.東京大学、6.大阪大学)

[PEM13-P04] Sudden enhancements of electron cyclotron harmonic waves observed by the Arase satellite

*新城 藍里[1]、小嶋 浩嗣[1]、笠原 禎也[2]、風間 洋一[3]、臼井 英之[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[6]、松田 昇也[7]、堀 智昭[5]、S. Wang[8]、Sunny Tam[9]、熊本 篤志[10]、松岡 彩子[11] (1.京都大学生存圏研究所、2.金沢大学総合メディア基盤センター 、3.ASIAA、4.神戸大学 大学院 システム情報学研究科 、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所 、6.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター 、7.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 、8.台湾・中央研究院、9.台湾・成大・宇宙プラズマ、10.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、11.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系)

[PEM13-P05] Correlation between pulsating aurora and electrostatic electron cyclotron harmonic waves obtained from coordinated Arase and ground data

*吹澤 瑞貴[1]、坂野井 健[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、笠原 禎也[5]、松田 昇也[6]、松岡 彩子[7]、Wang Shiang-Yu[4]、Sunny Tam[8]、片岡 龍峰[9] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.電気通信大学大学院情報理工学研究科、4.中央研究院天文及天

文物理研究所、5.金沢大学総合メディア基盤センター、6.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、7.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、8.國立成功大學 太空與電漿科學研究所、9.国立極地研究所)

[PEM13-P06] Automatic determination of Upper Hybrid Resonance Frequencies by Convolutional Neural Network.

*松田 昇也[1]、長谷川 達人[2]、熊本 篤志[3]、土屋 史紀[3]、笠原 禎也[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[3]、松岡 彩子[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.福井大学、3.東北大学、4.金沢大学、5.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P07] Amplitude dependence of whistler wave motion on electron scattering process

*伊藤 義起[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[PEM13-P08] Two-dimensional simulation of whistler mode wave packets interacting with energetic electrons

*野儀 武志[1]、大村 善治[1] (1.京都大学 生存圏研究所)

[PEM13-P09] Relativistic electron acceleration by whistler-mode chorus waves in 1D, 2D, and 3D magnetic field models.

*高橋 渓太[1]、大村 善治[1]、謝 怡凱[1]、Summers Danny[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランド記念大学数理統計学科)

[PEM13-P10] Study of global spatio-temporal development of magnetospheric ELF/VLF waves for the 26-30 March 2017 storm based on ground and satellite observations and the RAM simulations

*竹下 祐平[1]、塩川 和夫[1]、三好 由純[1]、尾崎 光紀[2]、笠原 禎也[2]、Martine Connors[3]、Jyrki Manninen[4]、Craig Kletzing[5]、Vania Jordanova[6] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.金沢大学、3.アサバスカ大学、4.ソダンキュラ地球物理観測所、5.アイオワ大学、6.ロスアラモス国立研究所)

[PEM13-P11] Flux decrease of outer radiation belt electrons associated with solar wind pressure pulse: A Code coupling simulation of GEMSIS-RB and GEMSIS-GM

*伊藤 大輝[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[2]、松本 洋介[3]、天野 孝伸[4] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院理学研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.東京大学 地球惑星科学専攻東京大学 地球惑星科学専攻)

[PEM13-P12] Non-diffusive response of outer belt electrons on interplanetary shock

登石 拓磨[1]、*海老原 祐輔[1]、田中 高史[2] (1.京都大学生存圏研究所、2.九州大学)

[PEM13-P13] PARM：観測ロケットG-CHASER(RockSat-XN)搭載オーロラカメラの開発と観測結果およびLAMPロケット実験搭載カメラ開発状況

*八木 直志[1]、坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、浅村 和史[2]、三好 由純[3]、細川 敬祐[4]、石澤 元気[5] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.電気通信大学大学院情報理工学研究科、5.東北大学大学院理学研究科宇宙地球電磁気学分野)

[PEM13-P14] 地上全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによるサブオーロラ帯のSARアークの初めての同時観測

*稲葉 裕大[1]、塩川 和夫[1]、大山 伸一郎[1,8,9]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、風間 洋一[2]、Shiang-Yu Wang[2]、Sunny W. Y. Tam[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 慧[4]、桂華 邦裕[4]、堀 智昭[1]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、熊本 篤志[7]、笠羽 康正[7]、三好 由純[1]、篠原 育[5]、Arto Oksanen[10] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.Academia Sinica、3.大阪大、4.東京大、5.JAXA、6.金沢大、7.東北大、8.University of Oulu, Finland、9.国立極地研究所、10.Jyväskylän Sirius ry, Finland)

[PEM13-P15] Pi2 pulsations observed by the Arase satellite inside and outside the plasmapause

*寺本 万里子[1]、松岡 彩子[2]、野村 麗子[5]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、松田 昇也[2]、能勢 正仁[1]、小路 真史[1]、津川 靖基[1]、今城 峻[1]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、3.金沢大学、4.東北大学、5.国立天文台)

[PEM13-P16] An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

*尾花 由紀[1]、丸山 奈緒美[2,3]、新堀 淳樹[4]、橋本 久美子[5]、Fedrizzi Mariangel[2,3]、能勢 正仁[4]、大塚 雄一[4]、西谷 望[4]、堀 智昭[4]、熊本 篤志[6]、土屋 史紀[6]、松田 昇也[7]、松岡 彩子[7]、笠原 禎也[8]、吉川 顕正[9]、三好 由純[4]、篠原 育[7] (1.大阪電気通信大学、2.University of Colorado Boulder、3.NOAA Space Weather Prediction Center、4.名古屋大学、5.吉備国際大学、6.東北大学、7.宇宙航空研究開発機構、8.金沢大学、9.九州大学)

[PEM13-P17] Relative contribution of ULF and chorus waves to the radiation belt variation: Comparison between multi-point observations and BATSRUS + CRCM simulation

*高橋 直子[1]、関 華奈子[1]、Mei-Ching Fok[2]、Yihua Zheng[2]、三好 由純[3]、David Hartley[4]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、笠羽 康正[7]、東尾 奈々[8] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.NASA Goddard Space Flight Center、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.金沢大学総合メディア基盤センター、7.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、8.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P18] Modulation of the D-region ionosphere by Pc5 waves observed by VLF/LF standard radio waves

*宮下 拓也[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3] (1.千葉大学、2.東北大学、3.名古屋大学)

[PEM13-P19] Oxygen-proton differences in ion energies dominating plasma pressure: Dependence on storm phases and solar wind drivers

*桂華 邦裕[1]、笠原 慧[1]、横田 勝一郎[2]、星野 真弘[1]、関 華奈子[1]、能勢 正仁[3]、三好 由純[3]、篠原 育[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.大阪大学大学院理学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

[PEM13-P20] Mass dependence of penetration depth of multi-energy ions in the inner magnetosphere during magnetic storms: Arase observations

*藤井 亮佑[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、浅村 和史[2]、Lynn Kistler[1,8]、Vania Jordanova[9]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、津川 靖基[1]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[4]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[7]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3.金沢大学総合メディア基盤センター、4.東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、6.大阪大学・理学研究科、7.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、8.University of New Hampshire、9.Los Alamos National Laboratory)

[PEM13-P21] Relativistic Acceleration of Energetic Protons by Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Jovian Magnetosphere

*関根 友博[1]、大村 善治[1]、Danny Summers[2]、謝 怡凱[1]、中村 紗都子[1] (1.京都大学生存圏研究所、2.ニューファンドランドメモリアル大学)

[PEM13-P22] Statistical study of IPDP type EMIC wave-related electron precipitation at subauroral latitude

*平井 あすか[1]、土屋 史紀[1]、小原 隆博[1]、笠羽 康正[1]、加藤 雄人[2]、三澤 浩昭[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]、栗田 怜[3]、Martin Connors[4] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所、4.アサバスカ大学)

[PEM13-P23] Meridional distributions of proton plasma and pressure-driven currents in the nightside inner magnetosphere: Arase observations

*今城 峻[1]、能勢 正仁[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、松岡 彩子[4]、桂華 邦裕[2]、堀 智昭[1]、寺本 万里子[1]、山本 和弘[5]、生松 聡[5]、野村 麗子[6]、藤本 晶子[7]、篠原 育[4]、三好 由純[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.東京大学理学系研究科、3.大阪大学理学研究科、4.宇宙科学研究所、5.京都大学理学研究科、6.国立天文台、7.九州工業大学)

[PEM13-P24] Space Weather Effects on Energetic Proton Flux Response in South Atlantic Anomaly

*Kirolosse Mina GIRGIS[1,2]、Tohru Hada[1]、Shuichi Matsukiyo[1] (1.Earth System Science and Technology (ESST) Department, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences (IGSES), Kyushu University, Japan、2.Aerospace Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt)

[PEM13-P25] Solar-cycle variations of >30 keV electron flux enhancements under the inner radiation belt

*ALLA SUVOROVA[1] (1.National Central University)

[PEM13-P26] Energy spectra variations of high energy electrons in the inner magnetosphere observed by HEP/XEP on ARASE and SEDA-e on HIMAWARI

*高島 健[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、長妻 努[3] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[PEM13-P27] Inter-channel calibration of the high-energy electron experiments (HEP) instrument onboard the Arase satellite

*堀 智昭[1]、三谷 烈史[2]、高島 健[2]、Park Inchun[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、東尾 奈々[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、三好 由純[1]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東京大学大学院理学系研究科、5.大阪大学大学院理学研究科)

[PEM13-P28] Particle simulation for calibrating the HEP data onboard the ARASE satellite

*PARK INCHUN[1]、三好 由純[1]、三谷 烈史[2]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、高島 健[2]、東尾 奈々[3]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境科学研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.宇宙航空研究開発機構)

[PEM13-P29] あらせ搭載HEPのGeant4モデル計算と放射線内帯粒子観測

*戸田 穂乃香[1]、三宅 亙[1]、三谷 烈史[3]、高島 健[3]、三好 由純[2]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2] (1.東海大学、2.名古屋大学/ISEE、3.JAXA/ISAS)

[PEM13-P30] Validation of High-energy electron detector simulator for the HEP instruments onboard Arase

*三谷 烈史[1]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]、滑川 拓[1,3]、浅村 和史[1]、高島 健[1]、笠原 慧[3]、栗田 怜[2]、寺本 万里子[2]、東尾 奈々[1]、三好 由純[2]、篠原 育[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.東京大学)

Evaluation of wave normal and Poynting vector analyses for whistler mode waves observed by the waveform capture (WFC) on board the Arase

*笠原 禎也[1]、五十嵐 智[1]、西澤 宏幸[1]、松田 昇也[2]、土屋 史紀[3]、熊本 篤志[3]、笠羽 康正[3]、尾崎 光紀[1]、松岡 彩子[2]
*Yoshiya Kasahara[1], Satoshi Ikarashi[1], Hiroyuki Nishizawa[1], Shoya Matsuda[2], Fuminori Tsuchiya[3], Atsushi Kumamoto[3], Yasumasa Kasaba[3], Mitsunori Ozaki[1], Ayako Matsuoka[2]

1. 金沢大学、2. 宇宙科学研究所、3. 東北大学
1. Kanazawa University, 2. ISAS/JAXA, 3. Tohoku University

The Plasma Wave Experiment (PWE) is one of scientific instruments on board the Arase (ERG) satellite to measure electric field from DC to 10 MHz and magnetic field from a few Hz to 100 kHz in the inner magnetosphere. It is well known that chorus wave, one of typical plasma waves in VLF range observed in the inner magnetosphere, is a plausible candidate that accelerates relativistic electrons in the radiation belt. Besides the chorus, the Arase has observed various kinds of plasma waves such as lightning whistlers and hiss waves. It is very important to study the propagation characteristics of these waves.

In the present paper, we developed a direction finding system applicable to whistler mode waves using the data from waveform capture (WFC), which is one of receivers covering the frequency range below 20kHz implemented in the PWE. The absolute directions of the wave normal and Poynting vectors were derived in the coordinate system referring the ambient magnetic field and geomagnetic meridian plane. We also estimated the Poynting vector theoretically using the derived wave normal vector, electron density and ambient magnetic field intensity to confirm the validity of the results from the observation data.

We demonstrated that the results were generally reliable, but further calibration is necessary for electric field to improve the accuracy of Poynting vector because the waveform of electric field is now calibrated under the assumptions of theoretical antenna capacitance in a vacuum and typical plasma impedance. In other words, we expect to be able to correct the calibration table for electric field measurements from the direction finding results.

In the presentation, we introduce some typical results which have been derived from the observation data of upper- and lower-band chorus, and lightning whistlers.

キーワード：ホイスラーモード波、波形捕捉受信器、到来方向推定、プラズマ波動
Keywords: Whistler mode wave, Waveform Capture, Direction finding, Plasma wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Arase衛星S-WPIA解析におけるプラズマ波動電界較正に関する評価
Calibration of electric fields dedicated to the measurement of the S-WPIA of the Arase Satellite

*三木 淳平[1]、小嶋 浩嗣[2]、加藤 雄人[3]、松田 昇也[4]、笠原 禎也[5]、疋島 充[4]、栗田 怜[6]、北原 理弘[3]、笠原 慧[7]、三好 由純[6]、熊本 篤志[3]、松岡 彩子[4]、横田 勝一郎[8]、堀 智昭[6]、桂華 邦裕[7]
*Miki Jumpei[1], Hirotsugu Kojima[2], Yuto Katoh[3], Shoya Matsuda[4], Yoshiya Kasahara[5], Mitsuru Hikishima[4], Satoshi Kurita[6], Masahiro Kitahara[3], Satoshi Kasahara[7], Yoshizumi Miyoshi[6], Atsushi Kumamoto[3], Ayako Matsuoka[4], Shoichiro Yokota[8], Tomoaki Hori[6], Kunihiro Keika[7]

1. 京都大学大学院工学研究科電気工学専攻宇宙工学分野、2. 京都大学生存圏研究所、3. 東北大学大学院理学研究科、4. JAXA・宇宙科学研究所、5. 金沢大学・総合メディア基盤センター、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、7. 東京大学大学院理学研究科、8. 大阪大学理学研究科
1. Space Radio Engineering Laboratory, Division of Electrical Engineering, Kyoto University Graduated School, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. Graduate School of Science and Faculty of Science, Tohoku University, 4. Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, 5. Information Media Center, Kanazawa University, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 7. School of Science, The University of Tokyo, 8. School of Science, Osaka University

The outer radiation belt consists of high-energy electrons. They are strongly affected by geomagnetic activities in the relation to solar wind conditions. The important science target of the Arase mission is to clarify generation/loss mechanisms of relativistic electrons in the outer radiation belt. Wave-particle interactions are thought to be a plausible mechanism for generation/loss processes of relativistic electrons. S-WPIA (Software-type Wave-Particle Interaction Analyzer) is installed in the Arase satellite. The WPIA is a newly developed observation system that enables us to quantitatively understand the interaction between plasma waves and electrons. The WPIA has the capability to identify a relative phase angle of a plasma wave vector and a velocity vector of each detected particle. Since phase information of observed plasma waves is essential to the WPIA, precise calibrations of plasma wave data are important. While the calibration data for the magnetic field sensors are identical to those we obtained during the ground tests of the instruments, the calibration data for electric field sensors strongly depend on plasma parameters around the satellite. Furthermore, there are still unclear parameters at the inputs of preamplifiers relating to the connection with electric field sensors. The calibration for electric field data needs to be performed carefully consulting observation data after the launch.

The present paper focuses on the calibration of plasma wave data for the S-WPIA’s data processing. We picked up events including whistler-mode chorus emissions and lightning-whistler waves. They all are electromagnetic waves, so-called whistler mode waves. The amplitude ratios of their electric field and magnetic field components can be theoretically calculated referring to the Appleton-Hartlee equations. Poynting vectors of whistler mode waves can be also theoretically obtained. We compared the observation results of the picked up events with the theoretical ones. The results show the precise calibration for the magnetic field data have been made. On the other hand, the calibration for the electric field data should be further modified consulting plasma parameters and other uncertain parameters at the input of preamplifiers. In the present paper, we will discuss the improvement of the calibration for electric field data by correcting the calibration table to aim the precise S-WPIA data processing.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pc4-5帯ULF波動と同期したホイッスラーモード・コーラス放射の発生と高エネルギー電子との対応について
Enhancement of whistler-mode chorus in association with Pc 4-5 ULF waves and related variation of high energy electrons

*大野 敦裕[1]、加藤 雄人[1]、熊本 篤志[1]、土屋 史紀[1]、寺本 万里子[2]、笠原 禎也[3]、松田 昇也[4]、松岡 彩子[4]、三谷 烈史[4]、堀 智昭[2]、笠原 慧[5]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[5]、三好 由純[2]、篠原 育[4]
*Atsuhiro Ono[1], Yuto Katoh[1], Atsushi Kumamoto[1], Fuminori Tsuchiya[1], Mariko Teramoto[2], Yoshiya Kasahara[3], Shoya Matsuda[4], Ayako Matsuoka[4], Takefumi Mitani[4], Tomoaki Hori[2], Satoshi Kasahara[5], Shoichiro Yokota[6], Kunihiro Keika[5], Yoshizumi Miyoshi[2], Iku Shinohara[4]

1. 東北大学、2. 名古屋大学、3. 金沢大学、4. 宇宙科学研究所、5. 東京大学、6. 大阪大学
1. Tohoku University, 2. Nagoya University, 3. Kanazawa University, 4. ISAS/JAXA, 5. The University of Tokyo, 6. Osaka University

地球磁気圏の磁気赤道領域で発生するホイッスラーモード・コーラス放射は、波動粒子相互作用を通して高エネルギー電子の大気への降り込みや放射線帯粒子の内部加速過程に関与していると考えられている。そのため、地球電磁圏の変動現象について考察する上でコーラス放射の発生機構を理解することは本質的に重要である。コーラス放射の発生機構に関係すると考えられている現象の1つとして、地球磁気圏で発生する低周波のプラズマ波動であるULF波動が挙げられる。Li et al. (2011) をはじめとした複数の研究では、周期が約1-10分の Pc4-5帯 ULF波動のうち、compressionalモードの波動によって背景磁場強度が減少する位相において、コーラス放射が周期的に発生することが報告されている。一方Jaynes et al. (2015) では、コーラス放射の周期的な発生はトロイダルモードならびにポロイダルモードのPc4-5帯 ULF波動と対応関係があり、ULF波動の1振動周期の間にコーラス放射が2回発生することが指摘されている。このように過去の研究では、コーラス放射の周期的な発生とULF波動の間に、ULF波動のモードごとに異なった対応関係が存在する可能性が示唆されている。コーラス放射の発生には波動励起領域での高エネルギー電子の温度異方性が大きく関わっていると考えられており、周期的発生の要因を理解するためには、高エネルギー電子のピッチ角分布がどのように変化するかを併せて考慮する必要がある。

本研究では、コーラス放射の周期的発生とULF波動の対応関係について理解することを目的として、あらせ衛星の波動・粒子観測結果を解析する。2017年3月から4月にかけて実施された、あらせ衛星と地上観測局とのキャンペーン観測期間中に得られた結果に着目し、プラズマ波動・電場観測器(PWE)のOnboard Frequency Analyzer (OFA)と磁場観測器(MGF)の観測データの解析を行った。その結果、2017年3月27日21:30-22:00 UTに周期2-3分程度のPc4-5帯に対応するULF波動と、ULF波動の周期と同様の繰返し周期で発生するコーラス放射が同時に見出された。解析対象とした時間帯には、あらせ衛星は磁気地方時04:00程度、磁気緯度-10°程度、L値6程度の磁気赤道面付近の朝側領域に位置していた。本イベントではPc4-5帯の周期的な磁場変動はポロイダル成分、トロイダル成分とcompressional成分の全ての成分に1 nT以上の有意な振幅が確認され、特にトロイダル成分の振幅が卓越していることが示された。これらのMGFならびにOFAの観測結果を比較した結果、トロイダルモードのPc4-5帯ULF波動の磁場成分が西向きに卓越する位相においてコーラス放射が発生する対応関係が確認された。この対応関係はJaynes et al. (2015)で報告された対応関係とは異なるものである。次に、観測されたコーラス放射と共鳴条件を満たす電子のエネルギーを評価した。共鳴エネルギーの算出において必要となるプラズマ周波数f_pと電子サイクロトロン周波数f_{ce}の比(f_p/f_{ce})は、PWEのHigh Frequency Analyzer (HFA)により観測された波動スペクトルから読み取られた高域混成共鳴周波数とMGFの観測結果に基づいて算出した。その結果、f_p/f_{ce}は3.3-3.4と見積もられ、周波数が0.1-0.2 f_{ce}のホイッスラーモード波動に対する共鳴エネルギーは100-400 keV程度と求められた。ここで推定された共鳴エネルギーは典型的なコーラス波動に対する共鳴エネルギーと比べて大きな値であるが、これは本イベントで観測されたコーラス波動の周波

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

数帯が0.1-0.2 f_{ce}程度と典型的なコーラス波動の周波数帯と比べて低いことが要因であると考えられる。

さらに本研究では、解析対象とした時間帯での高エネルギー電子の観測結果を解析した。高エネルギー電子分析器(HEP)の観測結果からは、100-400 keV帯の電子のフラックスおよびピッチ角分布にはULF波動やコーラス放射の周期的発生と対応する顕著な変動は認められなかった。一方、中間エネルギー電子分析器(MEP-e)の観測結果から、40-60 keVの電子のフラックスおよびピッチ角分布に、ULF波動およびコーラス放射の周期的発生と対応する変動が認められた。観測されたコーラス放射の共鳴エネルギーに対応するエネルギー帯の粒子に顕著な変動が見られなかった理由として、あらせ衛星が磁気赤道面から外れた位置に位置していたため、波動の励起領域を直接観測できなかった可能性が考えられる。

キーワード：ULF波動、コーラス放射
Keywords: ULF waves, chorus emissions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sudden enhancements of electron cyclotron harmonic waves observed by the Arase satellite

*新城 藍里[1]、小嶋 浩嗣[1]、笠原 禎也[2]、風間 洋一[3]、臼井 英之[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[6]、松田 昇也[7]、堀 智昭[5]、S. Wang[8]、Sunny Tam[9]、熊本 篤志[10]、松岡 彩子[11]
*Shinjo Airi[1], Hirotsugu Kojima[1], Yoshiya Kasahara[2], Yoichi Kazama[3], Hideyuki Usui[4], Yoshizumi Miyoshi[5], Yasumasa Kasaba[6], Shoya Matsuda[7], Tomoaki Hori[5], S. -Y. Wang[8], Sunny W.Y. Tam[9], Atsushi Kumamoto[10], Ayako Matsuoka[11]

1. 京都大学生存圏研究所、2. 金沢大学総合メディア基盤センター 、3. ASIAA、4. 神戸大学 大学院 システム情報学研究科 、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所 、6. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター 、7. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 、8. 台湾・中央研究院、9. 台湾・成大・宇宙プラズマ、10. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、11. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系
1. Research institute for sustainable humanosphere, Kyoto University, 2. Information Media Center, Kanazawa University, 3. ASIAA, 4. Graduate school of system informatics Kobe University, 5. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 6. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 7. Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency, 8. ASIAA, Taiwan, 9. ISAPS, NCKU, Taiwan, 10. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 11. Research Division for Space Plasma, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

Electron cyclotron harmonic (ECH) waves are commonly observed in the low latitude region just outside the terrestrial plasmapause. They are purely electrostatic and their frequency spectra show harmonic structures. The harmonic structures are believed to depend on the temperature and density ratio between cold and hot background electrons. The Plasma Wave Experiment (PWE) onboard the Arase satellite has observed ECH waves since the start of its operation. The observed ECH waves are classified into two types. They are the diffuse ECH waves and the enhanced ECH waves. The diffuse ECH waves are weak and they appear as continuous emissions that last for more than a few minutes. The enhanced ECH waves are the sudden enhancements of the diffuse ECH in shorter periods. The present paper focuses on the enhanced ECH waves observed by the Arase satellite.

Kazama et al. (2018) introduced the event that the repeated enhancement of ECH waves is associated with density depletions near the plasmapause. They succeeded in revealing the good correlation of the enhancement of the ECH waves and the sudden decrease of the cold electrons with energies lower than the lowest energy limit of the particle detector. The observed electron features are clear in the relation to the enhancement of ECH waves, but the mechanism of the enhancement is still unclear. We searched for such events of the enhanced ECH waves and examined the correlation of wave intensities, spacecraft potentials and electron velocity distributions observed by the Arase satellite. Some of the events show the features similar to those of Kazama et al. (2018), but there are also many other events with no correlation between the enhancements of the ECH waves and the density depletions. In the present paper, we examine velocity distribution functions of electrons observed by the low-energy particle experiments-electron analyzer (LEPe) onboard Arase. Velocity distribution functions allow us to examine temperature anisotropies of electrons and calculate linear dispersion relations for the ECH waves. Once we get electron temperatures, resonance velocities are calculated. On the other hand, since the wavelength of the ECH waves is very short, the relation of the wavelength and the length of the Arase electric field sensors is also important in evaluating the time variations of the ECH wave intensity. We study the enhanced ECH waves in various viewpoints using wave and electron data observed by the Arase satellite and discuss the generation mechanism in the present paper.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Correlation between pulsating aurora and electrostatic electron cyclotron harmonic waves obtained from coordinated Arase and ground data

*吹澤 瑞貴[1]、坂野井 健[1]、三好 由純[2]、細川 敬祐[3]、風間 洋一[4]、笠原 禎也[5]、松田 昇也[6]、松岡 彩子[7]、Wang Shiang-Yu[4]、Sunny Tam[8]、片岡 龍峰[9]
*Mizuki Fukizawa[1], Takeshi Sakanoi[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Keisuke Hosokawa[3], Yoichi Kazama[4], Yoshiya Kasahara[5], Shoya Matsuda[6], Ayako Matsuoka[7], Wang Shiang-Yu[4], Sunny Wing-Yee Tam[8], Ryuho Kataoka[9]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、4. 中央研究院天文及天文物理研究所、5. 金沢大学総合メディア基盤センター、6. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、7. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、8. 國立成功大學 太空與電漿科學研究所、9. 国立極地研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 4. Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics, 5. Information Media Center, Kanazawa University, 6. Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency, 7. Research Division for Space Plasma, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 8. Institute of Space and Plasma Sciences, College of Sciences, National Cheng Kung University , 9. National Institute of Polar Research

Pulsating auroras (PsAs) are thought to be generated by precipitating electrons scattered by lower-band chorus (LBC) waves near the magnetic equator through cyclotron resonance. Previous studies showed one-to-one correlation between LBC wave intensity observed by satellites near the magnetic equator and PsA intensity obtained by ground-based all-sky imager [e.g., Nishimura et al., Science, 2010, Nishimura et al., JGR, 2011]. In addition, electrostatic electron cyclotron harmonic (ECH) waves can also interact with magnetospheric electrons and scatter their pitch angle theoretically [e.g., Lyons, JGR, 1974]. However, characteristics of aurora caused by ECH are not understood. In our study, we report for the first time in the world that not only LBC but also ECH wave intensity has correlation with the PsA intensity using coordinated Arase and ground-based imager observations. The first campaign observations between the Arase satellite and ground-based optical imager were conducted in March 2017. A typical substorm occurred on 27 March 2017 and the ionospheric footprint of Arase traversed the field of view of all-sky imager at Sodankylä during 00:00–03:15 UT on 29 March 2017. Quasi-periodic LBC and ECH waves were observed by Arase near the magnetic equator and PsA was detected by the all-sky imager during 01:30–02:00 UT. We calculated the cross-correlation coefficients between auroral intensity and LBC or ECH wave intensity from 01:30 UT to 02:00 UT with a time window of every 2 minutes. The highest cross-correlation coefficient between auroral intensity and LBC wave intensity was 0.73 and that between auroral intensity and ECH wave intensity was 0.62 from 01:46 UT to 01:48 UT, and they were statistically significant. The period of auroral intensity which correlated with LBC intensity was shorter than 10 s and that correlated with ECH intensity was 10–20 s. We estimated the precipitating electron energy assuming that the time lag when the cross-correlation coefficient became the highest equals to the travel time of electrons from the modulated source region to the auroral emission height. We shifted the variation of auroral intensity against that of ECH or LBC wave intensity with a time step of 0.01 s using 100 Hz sampling image data taken by the all-sky imager. The estimated energy of precipitating electron interacted with LBC waves was ~20–67 keV and that interacted with ECH waves was ~3–4 keV. On the other hand, we independently estimated the cyclotron resonance energy of LBC and ECH waves from the Arase’s

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observation data and geomagnetic field model by TS04 Model [Tsyganenko and Sitnov, JGR, 2005]. The estimated cyclotron resonance energy of LBC waves was ~30 keV. Although the cyclotron resonance energy of ECH waves could not be estimated because it was difficult to obtain the electron temperature and wave normal angle of ECH waves from Arase data, we suggest the cyclotron resonance energy of ECH waves to be a few keV with probable assumptions. From these results, we suggest that LBC waves interact with high energy electrons which cause auroral emission at lower altitudes, while ECH waves interact with relatively low energy electrons which cause auroral emission at higher altitudes. These results were published in Fukizawa et al. [GRL, 2018].
To verify whether ECH waves indeed scatter the pitch angle of electrons, we compared ECH wave intensity with electron flux in the loss cone obtained with low-energy particle experiments-electron analyzer onboard Arase. We also give results of other coordinated observation events.

キーワード：脈動オーロラ、静電電子サイクロトロン高調波、波動-粒子相互作用
Keywords: pulsating aurora, ECH waves, wave-particle interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automatic determination of Upper Hybrid Resonance Frequencies by Convolutional Neural Network.

*松田 昇也[1]、長谷川 達人[2]、熊本 篤志[3]、土屋 史紀[3]、笠原 禎也[4]、三好 由純[5]、笠羽 康正[3]、松岡 彩子[1]
*Shoya Matsuda[1], Tatsuhito Hasegawa[2], Atsushi Kumamoto[3], Fuminori Tsuchiya[3], Yoshiya Kasahara[4], Yoshizumi Miyoshi[5], Yasumasa Kasaba[3], Ayako Matsuoka[1]

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2. 福井大学、3. 東北大学、4. 金沢大学、5. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency, 2. University of Fukui, 3. Tohoku University, 4. Kanazawa University, 5. ISEE, Nagoya University

Electron number density is a key parameter for discussions of plasma wave generation/propagation, and wave-particle interaction in the inner magnetosphere. The High Frequency Analyzer (HFA) is a subsystem of Plasma Wave Experiment (PWE) aboard Arase [Kasahara et al. (2018), Kumamoto et al. (2018), Miyoshi et al. (2018)]. The HFA measures electric field spectra in a frequency range from 10 kHz to 10 MHz, which covers a typical frequency range of Upper Hybrid Resonance (UHR) frequency in the inner magnetosphere. Kumamoto et al. (2018) proposed the semiautomatic method for the identification of UHR frequency by computer and a human operator. However, it takes a enormous effort of a human operator.
We propose an automatic determination system of UHR frequency by machine learning. Machine learning is a technique in the field of artificial intelligence to give computers the ability to learn with data. In this study, we defined a task of UHR frequency determination as supervised regression that a computer estimates UHR frequencies using the dataset composed of electric field dynamic spectra with correct UHR frequency labels. We adopted Convolutional Neural Network (CNN) as a machine learning algorithm. In this study, we introduce our machine learning approach and initial results for determining UHR frequency from electric field spectra observed by PWE/HFA.

キーワード：あらせ衛星、UHR周波数、機械学習
Keywords: Arase satellite, UHR frequency, Machine learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Amplitude dependence of whistler wave motion on electron scattering process

*伊藤 義起[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[1]
*Yoshiki Ito[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Shinji Saito[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Nagoya University, ISEE

Whistler mode chorus waves cause scattering and acceleration of energetic electrons in the inner magnetosphere. The interaction processes have been modeled as diffusive process. The pitch angle diffusion coefficients of the pitch angle scattering depend on the power of chorus waves, so that it is expected that the scattering rate also depends on the wave amplitude. On the other hand, several previous studies indicated that the Lorentz force by the wave magnetic field is larger than the mirror force if the wave amplitudes increase and the electron trajectories in the velocity space are different from the diffusive distributions. In this study, we investigate chorus wave amplitude dependence of electron scattering using the GEMSIS-RBW simulation code. The RBW simulation demonstrates generation of periodical rising-tone chorus waves propagating along a magnetic field line to higher latitudes, and calculates local pitch angle and energy change by the imposed waves on the field line. At small wave amplitudes, time variations of pitch angle and energy of electrons are similar to diffusive process. At large wave amplitudes, some electrons increase both pitch angle and energy at interaction with the first rising tone, and then they decrease these parameters at interaction with the second rising tone. The process in the first rising tone seems to be the phase trapping, while the process in the second rising tone seems to be dislocation. Therefore, nonlinear scattering processes, which are phase trapping and dislocations, occur during the interactions with periodical rising-tone chorus waves with large amplitudes, which are quite different from quasi-linear scattering process.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Two-dimensional simulation of whistler mode wave packets interacting with energetic electrons

*野儀 武志[1]、大村 善治[1]
*Takeshi Nogi[1], Yoshiharu Omura[1]

1. 京都大学 生存圏研究所
1. Reserch Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

We perform two-dimensional electromagnetic particle simulations to study basic characteristics of whistler-mode wave particle interaction involved in the generation and propagation processes of chorus emissions with wave normal angles oblique to the static magnetic field. We assume a simple periodic (x, y) system with the magnetic field taken in the x-direction. We find the linear phase of the instability is much affected by electrostatic thermal fluctuations. It is necessary to put many super-particles in a grid cell to suppress the thermal fluctuation. We next put an array of antennas perpendicular to the background magnetic field, and oscillate the antenna current to generate obliquely propagating waves. In addition to the nonlinear trapping of energetic electrons through the cyclotron resonance, another nonlinear trapping of electrons takes place through the Landau resonance. Structures of the nonlinear trapping potentials change with the varying frequency, affecting efficiency of energy transfer between the wave and energetic electrons. We study nonlinear evolution of the wave packet, and competing processes of both resonances in accelerating energetic electrons to higher energies.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relativistic electron acceleration by whistler-mode chorus waves in 1D, 2D, and 3D magnetic field models.

*高橋 渓太[1]、大村 善治[1]、謝 怡凱[1]、Summers Danny[2]
*Keita Takahashi[1], Yoshiharu Omura[1], Yikai HSIEH[1], Danny Summers[2]

1. 京都大学生存圏研究所、2. ニューファンドランド記念大学数理統計学科
1. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University , 2. Department of Mathematics and Statistics, Memorial University of Newfoundland

We evaluate the acceleration efficiencies of relativistic electrons under a 1D, 2D, and 3D model magnetic fields. We perform test-particle simulations and analyze nonlinear trapping motions of resonant electrons in each model. As a chorus wave model, we assume that a chorus wave packet generated at the magnetic equator propagates along the magnetic field to higher latitudes. When we perform simulations with the whistler mode wave, the cyclotron resonance with energetic electrons occurs at the similar timing in each model. Although we find relativistic turning acceleration (RTA) [1] to take place in each model, acceleration efficiencies of resonant electrons are different in these models. In terms of the numerical Green’s function[2], we find a clear difference in time evolution of the distribution function in energy and equatorial pitch angle. The energy gap between resonant electrons and non-resonant electrons in the 1D model is slightly different from those in the 2D and 3D models. The energy gap in the 3D model is the largest among the three magnetic field models. This difference is due to additional oscillations in the velocity phase space, which only occur in the 2D and 3D models. These oscillations occur because the magnitude of the magnetic field changes during one period of relativistic cyclotron motion, affecting the nonlinear trapping conditions of resonant electrons.

References:

[1] Y. Omura, N. Furuya, D. Summers, Relativistic turning acceleration of resonant electrons by coherent whistler-mode waves in a dipole magnetic field, Journal Geophysical Research, Vol. 112, A06236, doi:10.1029/2006JA012243, 2007.

[2] Y. Omura, Y. Miyashita, M. Yoshikawa, D. Summers, M. Hikishima, Y. Ebihara, and Y. Kubota (2015), Formation process of relativistic electron flux through interaction with chorus emissions in the Earth’s inner magnetosphere, J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 9545–9562, doi:10.1002/2015JA021563, 2015.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of global spatio-temporal development of magnetospheric ELF/VLF waves for the 26-30 March 2017 storm based on ground and satellite observations and the RAM simulations

*竹下 祐平[1]、塩川 和夫[1]、三好 由純[1]、尾崎 光紀[2]、笠原 禎也[2]、Martine Connors[3]、Jyrki Manninen[4]、Craig Kletzing[5]、Vania Jordanova[6]
*Yuhei Takeshita[1], Kazuo Shiokawa[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Mitsunori Ozaki[2], Yoshiya Kasahara[2], Martine Connors[3], Jyrki Manninen[4], Craig Kletzing[5], Vania Jordanova[6]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 金沢大学、3. アサバスカ大学、4. ソダンキュラ地球物理観測所、5. アイオワ大学、6. ロスアラモス国立研究所
1. Nagoya University, Institute for Space-Earth Environmental Resarch, 2. Kanazawa University, 3. Athabasca University, 4. Sodankylä Geophysical Observatory, 5. The University of Iowa, 6. Los Alamos National Laboratory

The magnetospheric ELF/VLF waves are plasma waves generated by energetic electrons from several keV to tens keV with temperature anisotropy at magnetospheric equatorial plane of the inner magnetosphere. These ELF/VLF waves with frequencies lower than local half gyro frequency (lower-band) can propagate to the ground along magnetic field line. It is also known that the ELF/VLF waves interact with electrons drifting longitudinally in the inner magnetosphere, and help accelerating them to relativistic energies. Takeshita et al. [SGEPSS, 2018] statistically investigated the longitudinal extent of the magnetospheric ELF/VLF waves using six ground-based stations for two months, and showed the average extent of the ELF/VLF waves as ~90 degrees in longitude. However, Jordanova et al. [JGR, 2010] investigated the global distribution of linear growth rate of whistler mode chorus waves using global ring current-atmosphere interactions model (RAM), and showed that the region of large linear growth rate can extend ~180 degrees in longitude during the geomagnetic storm of 22 April 2001.

In this study we investigate the spatio-temporal distibution of the source region of magnetospheric ELF/VLF waves based on ground and satellite observations during the geomagnetic storm period from 26-30 March 2017, and compare it with global distribution of non-linear waves proxy of whistler mode chorus waves obtained by the RAM simulation. In this preliminary simulation, the simple dipole field and the Volland-Stern electric field are used as ambient magnetic and electric fields. And we assumed simply the Maxwell distribution as an energy spectrum using the empirical model of Tsyganenko and Mukai [2003]. In order to evaluate the non-linear wave excitation, we have estimated the optimum amplitude and the threshold value indicated by Omura and Nunn [2011]. We investigated the existence of lower band chorus waves using ground based observations at Athabasca (ATH; 54.7N, 246.4E, MLAT: 61.3N), Kapuskasing (KAP; 49.4N, 277.8E, MLAT: 58.7N), Kannuslehto (KAN: 67.7N, 26.3E, MLAT: 64.5N) and satellite-based observations by ERG with an apogee in the pre-dawn sector and RBSP-A and RBSP-B with an apogees in the post-dusk sector. We found the magnetospheric ELF/VLF waves exist from 3 MLT to 12 MLT for most periods from main- to recovery-phases of the magnetic storm. However, the RAM simulation did not predict wave generation during recovery phase of the storm. We compare the simulation and the ground-satellite observation in detail, and calculate the over-estimate rate (the ratio of wave existence period on the simulation to no wave period on the observation) and under-estimate rate (the ratio of no wave period on the simulation to wave existence period on the observation). We found the over-estimate rate become high (0.2~0.9) and under-estimate rate become low (0~0.4) in the main phase of the storm. This indicates that the longitudinal size of chorus source region predicted by simulation is larger than the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observed size at the main phase. We also found that the over-estimate rate becomes low (0~0.2) and under-estimate rate becomes high (~1) during the recovery phase of the storm. This indicates that the simulation does not reproduce the wave existence during the recovery phase of the storm. Looking into the MLT distribution, the simulation predicts the wave existence from dusk to the midnight sector, but the waves were not observed in this local time sector during the main phase. In case of recovery phase, the simulation did not predict wave existence but the observation showed continuous wave existence from dawn to the noon sector.

キーワード：コーラス波動、ERG衛星、地上観測
Keywords: chorus, ERG satellite, ground based observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Flux decrease of outer radiation belt electrons associated with solar wind pressure pulse: A Code coupling simulation of GEMSIS-RB and GEMSIS-GM

*伊藤 大輝[1]、三好 由純[1]、齊藤 慎司[2]、松本 洋介[3]、天野 孝伸[4]
*Ito Hiroki[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Shinji Saito[2], Yosuke Matsumoto[3], Takanobu Amano[4]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 名古屋大学　大学院理学研究科、3. 千葉大学大学院理学研究科、4. 東京大学 地球惑星科学専攻東京大学 地球惑星科学専攻
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Graduate School of Science, Nagoya University, 3. Graduate School of Science, Chiba University, 4. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Relativistic electron flux of the outer radiation belt dynamically changes in response to solar wind variations. There exist several conditions to cause the flux drop-out of the outer belt electrons. The magnetopause shadowing (MPS) is one of the processes to cause the rapid loss of outer belt electrons (e.g.,Kim et al.,2008). In this study, we investigate how radiation belt electrons are lost through the MPS process with a code-coupling simulation using GEMSIS-RB test particle simulation code (Saito et al., 2010) and GEMSIS-GM global MHD magnetosphere simulation code (Matsumoto et al., 2010) by focusing the equatorial pitch angle and local time dependence. We calculate trajectories of electrons in electromagnetic fields calculated from GEMSIS-GM with initial L-shells from 6 to 11, initial energies from 1 MeV to 10 MeV, and initial pitch angles between 50 degrees and 90 degrees, using the relativistic guiding-center equation. The simulation consists of the following three phases associated with variations of the solar wind dynamic pressure; [i] The standoff distance of magnetopause at the subsolar point is 12 Re with the initial dynamic pressure of 1.0 nPa. [ii] The solar wind dynamic pressure becomes 2.5 nPa, and the magnetopause moves to 9 Re. [iii] The solar wind dynamic pressure decreases, so that the inflation of the magnetopause takes place and the standoff distance of the magnetopause is 10 Re. During phase [ii], the high-latitude reconnections occur at dawn-side firstly and many electrons escape from the magnetosphere to the interplanetary magnetic field along the field line in the dawn side. Subsequently, the high-latitude reconnections occur at the high-latitude in the dusk side. In phase [iii], the remained electrons in the magnetosphere escape into the interplanetary in both the dawn and dusk sides. The loss at the dusk-side is outward motion of the trapped electrons caused by the dawn-to-dusk electric fields associated with the inflation of the magnetosphere. The study showed detailed process of the electron escape into the interplanetary magnetic field and the electron escape occur in both enhancement/decrease of the dynamic pressure.

キーワード：マグネットポーズシャドウィング、MHDシミュレーション、テスト粒子シミュレーション
Keywords: Magnetopause Shadowing, global MHD magnetosphere simulation, test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Non-diffusive response of outer belt electrons on interplanetary shock

登石 拓磨[1]、*海老原 祐輔[1]、田中 高史[2]
Takuma Toishi[1], *Yusuke Ebihara[1], Takashi Tanaka[2]

1. 京都大学生存圏研究所、2. 九州大学
1. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 2. Kyushu University

Test particle simulation is performed in the electric and magnetic fields given by a global magnetohydrodynamics (MHD) simulation. When an interplanetary shock strikes the magnetosphere, a compressional wave propagates tailward. Pre-existing relativistic electrons that are initially located at fixed radial distances are redistributed by the electric and magnetic fields associated with the compressional wave. When the electrons encounter the nightside, they undergo complicated paths under the complicated distribution of the electric and the magnetic fields. Consequently, a group of isolated electrons forms, suggesting non-diffusive response. We discuss the redistribution processes in terms of the magnetospheric processes.

キーワード：放射線帯、MHDシミュレーション、テスト粒子シミュレーション
Keywords: radiation belt, MHD simulation, Test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PARM：観測ロケットG-CHASER(RockSat-XN)搭載オーロラカメラの開発と観測結果およびLAMPロケット実験搭載カメラ開発状況
PARM: Initial result of the auroral camera on the G-CHASER (RockSat-XN) rocket and status of the development of auroral cameras for the LAMP rocket experiment

*八木 直志[1]、坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、浅村 和史[2]、三好 由純[3]、細川 敬祐[4]、石澤 元気[5]
*Naoshi Yagi[1], Takeshi Sakanoi[1], Fukizawa Mizuki[1], Kazushi Asamura[2], Yoshizumi Miyoshi[3], Keisuke Hosokawa[4], Genki Ishizawa[5]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、5. 東北大学大学院理学研究科宇宙地球電磁気学分野
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 5. Space & terrestrial plasma pyhsics

我々はオーロラ観測カメラ（AIC）を、NASAとAndoya Space Centerとコロラド大学が主催し、2019年1月に実施されたG-CHASER(RockSat-XN)ロケット実験に向けて開発した。さらに、マイクロバースト（相対論的電子降下）とPsAの関係解明を目的としたLAMPロケット実験があり、2020年に打ち上げが予定されている。今回我々は、AICの開発成果及びG-CHASER(RockSat-XN)ロケット実験での結果、そしてLAMPロケット実験へ向けた開発状況を報告する。

G-CHASERには、日本のPulsating AuRora and Microburst(PARM)に加えて、米国、ノルウェーなど計7グループの研究・教育目的の装置が搭載された。PARMは中間エネルギー（20 - 100keV）電子計測器MED、高エネルギー（数百keV - 2MeV）電子計測器HEP、フラックスゲート磁力計AFG、オーロラカメラAIC から構成される。我々はAICの開発として、2018年1月から7月にかけて感度校正実験、電気機能試験、機械加工、フォーカス調整、振動・真空・熱試験を行った。AICは検出器ユニットAIC-Sと電源・データ処理エレキユニットAIC-Eから構成される。AIC-Sは、波長665nmよりも長波長の光を透過する光学フィルター（RG665）、広角レンズ（視野96.4 x 74.0度、F値1.6、焦点距離3.5mm）、CCDカメラ（Watec 910HX）からなる。

G-CHASER は、2019年1月13日9時UTにNASA の決定によりノルウェー・アンドーヤ宇宙センター（北緯69.3度、東経16.0度）から打ち上げられた。この時刻はすでに地上の太陽天頂角が-4度で薄明が開始しており、高度15km以上は日照であった。打ち上げから高度82.9kmまではロケット胴部スカートが閉じており、その継ぎ目からの漏れ光をAICは飽和することなく観測した。この変動解析から、上昇中のロケットスピン周波数は高度~20kmで~5Hz、高度~80kmで~1Hzであったと見積もられた。この結果は、AFGが観測した磁場強度の周期的な変化から推定されるスピン周波数と整合的であった。AICは脈動オーロラ数百kRを捉える感度性能を持っていたが、高度82.9kmでロケットスカートが分離された以降は、日照領域中のため観測光量は飽和したため、残念ながらオーロラ観測はできなかった。

さらに、PsA及びマイクロバーストのロケット観測行うことを目的とし、NASA/GSFCのDr. Sarah JonesがPIを務めるLAMPロケット実験が2019年冬期にアラスカ・ポーカーフラットリサーチレンジより打ち上げ予定で進められている。日本からは高エネルギー（数百keV - 2MeV）電子計測器HEP、フラックスゲート磁力計MIM、オーロラカメラAIC 2が搭載される。我々は現在AIC2の開発を進めている。AIC2は2台のカメラで構成され、検出器ユニットAIC2-S1/AIC2-S2と電源・データ処理エレキユニットAIC2-Eから成る。AIC2-Sは検出

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

部にCMOSカメラZWO ASI183MMを採用している。AIC2-S1,S2とAIC2-Eはデスパンテーブルの上に搭載され、姿勢制御された状態で撮像する。AIC2-S1は、N2 1stPGを対象とし、直焦点光学系（F値0.95、焦点距離17mm、視野27x27度）から成る。一方AIC2-S2は0I844.6nmを対象とし、RockSat-XN実験と同じ対角視野120度の広角レンズ（F値1.6、焦点距離3.5mm）から構成される。AIC2-S1は磁力線足元方向の水平距離100x100km以上を数km以下の空間分解能で観測しPsAの微細構造を捉え、AIC2-S2はPsAの高度分布（特にF領域発光）や広範囲でのPsA分布を取得する。降下電子のエネルギー推定はOI 844.6nmとN2 1stPGの比を取ることで見積もることができる。カメラの制御と画像取得はボードコンピュータNanoPi M4がUSB3.0の高速通信を介して行う。これまでの実験から、約10Hzの高速サンプリング性能を確認している。NanoPi M4が10Hzで取得した3660x3660画素の画像は60 x 60 bin (1bin を61 x 61pixel)に圧縮される。AIC2の２波長・詳細かつ10Hzサンプリング画像から、PsA水平分布や高度分布の時間変動が明らかになる。また、発光と降下電子データとの比較や、発光波長比の時間変化から、Chorusによりマイクロバースト（相対論的電子降下）が発生するモデルの検証が可能となることが期待される。

キーワード：オーロラカメラ、ロケット実験
Keywords: auroral camera, rocket experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地上全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによるサブオーロラ帯のSARアークの初めての同時観測
First simultaneous observation of a SAR arc at subauroral latitudes using a ground all-sky camera and the Arase satellite in the inner magnetosphere

*稲葉 裕大[1]、塩川 和夫[1]、大山 伸一郎[1,8,9]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、風間 洋一[2]、Shiang-Yu Wang[2]、Sunny W. Y. Tam[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 慧[4]、桂華 邦裕[4]、堀 智昭[1]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、熊本 篤志[7]、笠羽 康正[7]、三好 由純[1]、篠原 育[5]、Arto Oksanen[10]
*Yudai Inaba[1], Kazuo Shiokawa[1], Shin-ichiro Oyama[1,8,9], Yuichi Otsuka[1], Atsuki Shinbori[1], Yoichi Kazama[2], Shiang-Yu Wang[2], Sunny W. Y. Tam[2], Shoichiro Yokota[3], Satoshi Kasahara[4], Kunihiro Keika[4], Tomoaki Hori[1], Ayako Matsuoka[5], Yoshiya Kasahara[6], Atsushi Kumamoto[7], Yasumasa Kasaba[7], Yoshizumi Miyoshi[1], Iku Shinohara[5], Arto Oksanen[10]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. Academia Sinica、3. 大阪大、4. 東京大、5. JAXA、6. 金沢大、7. 東北大、8. University of Oulu, Finland、9. 国立極地研究所、10. Jyväskylän Sirius ry, Finland
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, 2. Academia Sinica, 3. Osaka Univ, 4. Tokyo Univ, 5. JAXA, 6. Kanazawa University, 7. Tohoku University, 8. University of Oulu, Finland, 9. National Institute of Polar Research, 10. Jyväskylän Sirius ry, Finland

Stable Auroral Red(SAR)アークは、オーロラの一種で、オーロラオーバルより低緯度のサブオーロラ帯に酸素原子の赤線 (630.0 nm)が卓越するオーロラである。この発光の元となる降り込み電子のエネルギーは数eVと言われている。この降り込み電子の生成は、プラズマ圏とリングカレントの空間的重なりにより、プラズマ圏の電子がリングカレントのイオンによって温められることで起こると予測されている。しかしSARアークについて、電離圏衛星と全天カメラで同時観測した例はあるが、電子加熱が起こっている内部磁気圏で、SARアークに対応するプラズマ粒子や電磁場変動が直接観測されたことはこれまでなかった。そこで本研究では、サブオーロラ帯にあるフィンランドのNyrola (62.34 N, 25.51 E, MLAT 59.4 N)に設置された全天カメラと内部磁気圏衛星あらせによって2017年3月28日22:04 UTに同時に観測されたSARアークについて詳細な解析を行い、内部磁気圏におけるSARアークの発生メカニズムについて調査した。調査の結果、あらせ衛星がSARアークを横切った時間に、あらせ衛星に搭載されたプラズマ波動・電場観測器(EFD/PWE)で計測された電場や低エネルギー電子分析器 (LEP-e)で計測された電子フラックスに様々な特徴が現れた。GSE座標系での観測電場のEz成分は、SARアークを横切った時間のみに約2.4 mV/m程度負に振れていて、この時間のGSE座標系での観測磁場データのBx成分は負であった。この結果からE×Bドリフトの向きは西向きになり、これは地上観測のSARアークの移動方向に一致した。またSARアークを横切ったとき、LEP-eで観測された100-eV以下の電子フラックスがその前後と比べて若干増大していた。講演では、これらの観測事実を、これまで提案されてきたSARアークの発生メカニズムに照らし合わせて議論する。

キーワード：あらせ、SARアーク、全天カメラ、同時観測
Keywords: ERG, SAR arc, All-sky imager, Simultaneous observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pi2 pulsations observed by the Arase satellite inside and outside the plasmapause

*寺本 万里子[1]、松岡 彩子[2]、野村 麗子[5]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[4]、土屋 史紀[4]、松田 昇也[2]、能勢 正仁[1]、小路 真史[1]、津川 靖基[1]、今城 峻[1]、三好 由純[1]、篠原 育[2]
*Mariko Teramoto[1], Ayako Matsuoka[2], Reiko Nomura[5], Yoshiya Kasahara[3], Yasumasa Kasaba[4], Atsushi Kumamoto[4], Fuminori Tsuchiya[4], Shoya Matsuda[2], Masahito Nose[1], Masafumi Shoji[1], Yasunori Tsugawa[1], Shun Imajo[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、3. 金沢大学、4. 東北大学、5. 国立天文台
1. Institute for Space-Earth Environmental Research Nagoya University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace eXploration Agency, 3. Kanazawa University, 4. Tohoku University, 5. National Astronomical Observatory of Japan

The spatial structure of Pi2 pulsation relative to the plasmasphere has been studied using the magnetic and electric field observed from the equatorial orbiting satellite in the inner magnetosphere by Takahashi et al (2003; 1995). They showed that the nightside Pi2 pulsations in the inner magnetosphere, which have high coherence with those at low-latitude ground station, are dominated by the poloidal component (the radial and compressional components for the magnetic field and azimuthal component for the electric field). The amplitudes of the compressional magnetic field has maximum and azimuthal electric field and the compressional magnetic field have maximum and minimum in the vicinity of the plasmaspause, respectively. The phase of the azimuthal electric field relative to low-latitude Pi2 pulsations on ground is 90 degrees in the plasmasphere. Such radial profile of the amplitude and phase of Pi2 pulsations can be explained by a plasmaspheric cavity mode resonance. However, the latitudinal structure of Pi2 pulsations in the electric field has not been examined. We investigate the latitudinal characteristics of off-equatorial Pi2 pulsations on the nightside and their relation to the plasmapause using the magnetic field measured by the fluxgate magnetometer measured by the Magnetic Field Experiment (MGF), the electric field measured by the Electric field Detector (EFD), and electron density derived from the spectra measured by the High Frequency Analyzer (HFA) from the Arase satellite.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

An extreme erosion of the plasmasphere during the 7–10 September 2017 storm

*尾花 由紀[1]、丸山 奈緒美[2,3]、新堀 淳樹[4]、橋本 久美子[5]、Fedrizzi Mariangel[2,3]、能勢 正仁[4]、大塚 雄一[4]、西谷 望[4]、堀 智昭[4]、熊本 篤志[6]、土屋 史紀[6]、松田 昇也[7]、松岡 彩子[7]、笠原 禎也[8]、吉川 顕正[9]、三好 由純[4]、篠原 育[7]
*Yuki Obana[1], Naomi Maruyama[2,3], Atsuki Shinbori[4], Kumiko K. Hashimoto[5], Mariangel Fedrizzi[2,3], Masahito Nose[4], Yuichi Otsuka[4], Nozomu Nishitani[4], Tomoaki Hori[4], Atsushi Kumamoto[6], Fuminori Tsuchiya[6], Shoya Matsuda[7], Ayako Matsuoka[7], Yoshiya Kasahara[8], Akimasa Yoshikawa[9], Yoshizumi Miyoshi[4], Iku Shinohara[7]

1. 大阪電気通信大学、2. University of Colorado Boulder、3. NOAA Space Weather Prediction Center、4. 名古屋大学、5. 吉備国際大学、6. 東北大学、7. 宇宙航空研究開発機構、8. 金沢大学、9. 九州大学
1. Osaka Electro-Communication University, 2. University of Colorado Boulder, 3. NOAA Space Weather Prediction Center, 4. Nagoya University, 5. Kibi International University, 6. Tohoku University, 7. Japan Aerospace Exploration Agency, 8. Kanazawa University, 9. Kyushu University

We report an extreme erosion of the plasmasphere arising from the September 2017 storm. The cold electron density is identified from the upper limit frequency of UHR waves observed by the HFA of the PWE instrument onboard the Arase spacecraft. The HFA provides the spectrograms of electric fields in a frequency range from 10 kHz to 10 MHz with an 8-sec time resolution (Kasahara et al., 2018; Kumamoto et al., 2018). Such wide frequency coverage allows observation of the UHR frequency even deep inside the plasmasphere.
The electron density profiles reveal that the plasmasphere was severely eroded during the recovery phase of the storm and the plasmapause was located at L~1.7 at 23 UT on 8 Sep 2017. This is the first report of such deep erosion of the plasmasphere (L_{PP}<2) with the in-situ observation of the electron density. The degree of the severity is much more than what is expected from the SYM-H minimum (−146 nT) of the event.
We further study absolute GNSS-TEC, ground-based magnetic field, the doppler velocity obtained from the SuperDARN Hokkaido Radars to investigate the location of the midlatitude ionospheric trough, the penetration of the convection electric field to the equator and middle latitudes, respectively. Our results suggest that the middle latitude electric field was penetrated from the high-latitude storm time convection for several hours. Futhermore, the Ionosphere-Plasmasphere-Electrodynamics (IPE) model (Sun et al., 2015; Maruyama et al., 2016) is used to understand the dynamics of the plasmasphere. The IPE results suggest that the middle latitude electric field penetrates from the high-latitude storm time convection that lasts for several hours can explain the degree of severity during the September 7-11 2017 storm.

キーワード：プラズマ圏、内部磁気圏、磁気圏電離圏結合
Keywords: plasmasphere, innner magnetosphere, Magnetosphere-ionosphere coupling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relative contribution of ULF and chorus waves to the radiation belt variation: Comparison between multi-point observations and BATSRUS + CRCM simulation

*高橋 直子[1]、関 華奈子[1]、Mei-Ching Fok[2]、Yihua Zheng[2]、三好 由純[3]、David Hartley[4]、松岡 彩子[5]、笠原 禎也[6]、笠羽 康正[7]、東尾 奈々[8]
*Naoko Takahashi[1], Kanako Seki[1], Mei-Ching Fok[2], Yihua Zheng[2], Yoshizumi Miyoshi[3], David Hartley[4], Ayako Matsuoka[5], Yoshiya Kasahara[6], Yasumasa Kasaba[7], Nana Higashio[8]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. NASA Goddard Space Flight Center、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa、5. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6. 金沢大学総合メディア基盤センター、7. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、8. 宇宙航空研究開発機構
1. Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. NASA Goddard Space Flight Center, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, 5. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 6. Information Media Center, Kanazawa University, 7. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 8. Japan Aerospace Exploration Agency

Earth’s radiation belt is the area where electrons with energies from hundreds of keV to several MeV are trapped. When, where, and how the radiation belt exhibits a dramatic variation during a magnetic storm is of global interest. The dynamic variation of the radiation belt is caused by various wave-particle interactions: (1) the radial diffusion of electrons driven by ultra-low-frequency (ULF) waves in Pc5 frequency ranges (1.6–6.7 mHz) and (2) the local acceleration caused by wave-particle interactions between whistler-mode chorus waves and radiation belt particles. Over the past decade, multi-point observations and numerical simulations have provided evidence to support above physical processes. However, it is debatable how much each wave contributes to the radiation belt variation during a magnetic storm. A few previous studies have quantitatively compared roles of local acceleration and radial transport by calculating diffusion coefficients, whereas the global context between the wave growth and the relativistic electron flux enhancement has not been extensively studied. To address these issues, the comprehensive study using multi-point observations and numerical simulations (not empirical models) makes essential and significant contributions.

We focus on the magnetic storm on 27-30 May 2017. This magnetic storm is triggered by coronal mass ejections and induces a clear interplanetary shock. Fortunately, several satellites are scattered in the inner magnetosphere and detect both ULF and chorus waves during this magnetic storm. Arase and Van Allen Probes also detect variations of relativistic electron fluxes associated with the Dst index variation. We examine L-value dependence of ULF and chorus wave powers and find the difference of wave activity during the recovery phase. The chorus wave activity is large during the early recovery phase, while the ULF wave activity is large during the late recovery phase. The difference of wave activity may contribute to the radial profile in the phase space density of relativistic electrons. To grasp the extent of individual wave contribution, we also perform the comprehensive ring current model (CRCM) coupled with Block-Adaptive-Tree Solar-Wind Roe-Type Upwind Scheme (BATSRUS) simulation. BATSRUS with CRCM well reproduces global characteristics of energetic electron fluxes and wave growth during this magnetic storm. We will further evaluate global distribution of simulated wave power comparing to the observation, and then discuss the temporal and spatial context between each wave growth and the radiation belt variation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modulation of the D-region ionosphere by Pc5 waves observed by VLF/LF standard radio waves

*宮下 拓也[1]、大矢 浩代[1]、土屋 史紀[2]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]
*Miyashita Takuya[1], Hiroyo Ohya[1], Fuminori Tsuchiya[2], Hiroyuki Nakata[1], Toshiaki Takano[1], Kazuo Shiokawa[3], Yoshizumi Miyoshi[3]

1. 千葉大学、2. 東北大学、3. 名古屋大学
1. Chiba University, 2. Tohoku University, 3. Nagoya University

Ionospheric modulation due to ultra low frequency (ULF) Pc5 waves have been observed by GPS-total electron content (TEC), high frequency (HF) Doppler sounders, and SuperDARN HF radars [e.g., Pilipenko et al., 2014; Belakhovsky et al., 2016]. However, there are few reports for the modulation of the lower ionospheric associated with the ULF Pc5 waves using VLF/LF transmitter signals. In this study, we investigate the D-region signatures of the modulation due to the ULF Pc5 waves using a network of very low frequency (VLF)/low frequency (LF) standard radio waves. We show oscillations in intensities of the VLF/LF waves with a period of 4-6 minutes during substorms on 27 April, 2017. The transmitter signals from NAA (USA, 24.0 kHz, L = 2.88), NLK (USA, 24.8 kHz, L = 2.88), NDK (USA, 25.2 kHz, L = 2.98) and WWVB (USA, 60.0 kHz, L = 2.26) were observed by the receivers at ATH (Athabasca, L=4.31) and PKR (Poker Flat, L=5.95). The substorm occurred at 04:30 UT. Based on the wavelet analysis, we found that the intensities for the NDK-ATH and WWVB-ATH paths showed oscillations with a period of 4-6 minutes during the substorm growth phase (05:00-06:00 UT). Magnetic field variations observed by ground magnetometers around the NDK-ATH and WWVB-ATH paths also showed the same periodicity, which means that the variations in the VLF/LF intensities would be caused by Pc5 modulations. The magnetic field oscillations were observed in wide latitude range. The intensity of the oscillation was larger at high latitude magnetometers than those around the location of the NDK-ATH and WWVB-ATH path (mid-latitude). The Pc5 oscillations could be excited by solar wind because solar wind speed had similar period of the 4-6 minutes. In this presentation, we will discuss the cause of these VLF/LF oscillations.

キーワード：VLF/LF帯標準電波、Pc5、ULF
Keywords: VLF/LF standard radio waves, Pc5, ULF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Oxygen-proton differences in ion energies dominating plasma pressure: Dependence on storm phases and solar wind drivers

*桂華 邦裕[1]、笠原 慧[1]、横田 勝一郎[2]、星野 真弘[1]、関 華奈子[1]、能勢 正仁[3]、三好 由純[3]、篠原 育[4]
*Kunihiro Keika[1], Satoshi Kasahara[1], Shoichiro Yokota[2], Masahiro Hoshino[1], Kanako Seki[1], Masahito Nose[3], Yoshizumi Miyoshi[3], Iku Shinohara[4]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 大阪大学大学院理学研究科、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo , 2. Graduate School of Science, Osaka University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

The ion pressure in the inner magnetosphere is generally dominated by protons with energies of a few to a few 100s keV. Oxygen ions of ionospheric origin, O+, can make a significant contribution to the ion pressure during geomagnetically active periods. Our previous study (Keika et al., 2018, GRL) examined the radial dependence of contributing energies, which we term an energy range that makes the dominant contribution to the plasma pressure, during the main phase of the six magnetic storms in Year 2017. We found clear oxygen-proton differences in the contributing energies in the outer part (L>5) of the ring current region. The contributing energies were higher for O+ than for H+. The results provided in situ evidence of the contribution from mass-dependent/selective acceleration processes to the energization of the outer part of the ring current.

The present study extends this analysis toward a larger database obtained from a longer period of magnetic storm times including the recovery phase. We also compare mass-dependent/selective energization between different solar wind drivers such as coronal mass ejections and corotational interaction regions. We primarily use data from the MEP-i (Medium-Energy Particle experiments - ion mass analyzer) on board the Arase spacecraft. MEP-i measures ions with energies of 10 to 180 keV/q and distinguishes between different ion species. Arase observed the nightside near-Earth magnetosphere (L<10) during 7 CME-driven and 7 CIR-driven storms with the Dst minimum of smaller than -50 nT in Years 2017 and 2018. The dependence on storm phases and solar wind drivers helps identify magnetospheric conditions favorable for mass-dependent/selective acceleration and in turn provides clues for understanding important physical mechanisms. Utilizing observations made by the MMS spacecraft in the near-Earth plasma sheet, we also compare oxygen-to-proton differences inside earthward bursty bulk flows with the Arase/MEP-i observations. The multi-spacecraft observations help better understand the temporal evolution of the mass-dependent/selective acceleration processes.

キーワード：磁気嵐、サブストーム、環状電流、酸素イオン、イオン加速と輸送
Keywords: Magnetic storms, Substorms, RIng current, Oxygen ions, Ion transport and acceleration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mass dependence of penetration depth of multi-energy ions in the inner magnetosphere during magnetic storms: Arase observations

*藤井 亮佑[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、浅村 和史[2]、Lynn Kistler[1,8]、Vania Jordanova[9]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、津川 靖基[1]、笠原 禎也[3]、笠羽 康正[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[4]、横田 勝一郎[6]、桂華 邦裕[7]、松岡 彩子[2]、篠原 育[2]
*Ryosuke Fujii[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Masafumi Shoji[1], Kazushi Asamura[2], Lynn Kistler[1,8], Vania Jordanova[9], Tomoaki Hori[1], Satoshi Kurita[1], Mariko Teramoto[1], Yasunori Tsugawa[1], Yoshiya Kasahara[3], Yasumasa Kasaba[4], Atsushi Kumamoto[5], Fuminori Tsuchiya[4], Shoichiro Yokota[6], Kunihiro Keika[7], Ayako Matsuoka[2], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、3. 金沢大学総合メディア基盤センター、4. 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、5. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、6. 大阪大学・理学研究科、7. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、8. University of New Hampshire、9. Los Alamos National Laboratory
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Information Media Center, Kanazawa University, 4. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 5. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 6. Graduate School of Science, Osaka University, 7. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 8. University of New Hampshire, 9. Los Alamos National Laboratory

During magnetic storms, the ring current ions move toward the Earth, and the inner edge position of the ring current depends on the convection electric field. We investigate variations of the inner edge of the ring current ions, so-called, penetration depth, during magnetic storms using the ion measurements made by the Low-energy particle experiments-ion mass analyzer (LEP-i)/Medium-energy particle experiments-ion mass analyzer (MEP-i) instruments onboard the Arase satellite. The Arase satellite typically observes the earthward penetration of the ring current protons associated with the enhancement of the dawn-to-dusk electric field in the inner magnetosphere during the storm main phase. The plasmapause moves earthward during the main phase. On the other hand, the convection electric field decreases during the storm recovery phase in which the flux of ring current protons decreases. We identify that the penetration depth of protons depends on the minimum Dst index during the storms as well as the proton energy.

We also investigate the penetration depth of other ions, i.e., helium and oxygen ions. Because the life times of helium and oxygen ions due to charge exchange reaction for are longer than that of protons, it is expected that these ions can penetrate deeper than protons and temporal and spatial evolution can be observed clearly. We will also discuss the relation between the position of ring current inner edge and cross polar cap potential.

キーワード：あらせ衛星、リングカレント、イオン
Keywords: The Arase satellite, Ring current, Ions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relativistic Acceleration of Energetic Protons by Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Jovian Magnetosphere

*関根 友博[1]、大村 善治[1]、Danny Summers[2]、謝 怡凱[1]、中村 紗都子[1]
*Tomohiro Sekine[1], Yoshiharu Omura[1], Danny Summers[2], Yikai HSIEH[1], Satoko Nakamura[1]

1. 京都大学生存圏研究所、2. ニューファンドランドメモリアル大学
1. Reserach Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 2. Memorial University of Newfoundland

We perform test particle simulations of nonlinear interaction between energetic protons and EMIC waves. We assume a coherent EMIC waves that have a constant frequency and propagate parallel to the magnetic field. We find that protons can be trapped and accelerated by EMIC waves. We find a very efficient acceleration process of protons in which kinetic energy of protons increases while directions of parallel velocities reverses when we assume parameters in the Jovian magnetosphere. We notice that this phenomenon is very similar to the interaction process between relativistic electrons and whistler-mode waves, which is called Relativistic Turning Acceleration (RTA) [1]. In order to analyze the phenomena, we have developed nonlinear trapping theory of interaction between relativistic protons and EMIC waves. Next, we compare the theory and simulation results. We confirm that the results satisfy the conditions for RTA. Following the trajectories of many resonant protons, we obtain time evolution of the distribution function of relativistic protons as a function of energy and equatorial pitch angle based on the numerical Green’s function method [2].

References:

[1] Y. Omura, N. Furuya, D. Summers, Relativistic turning acceleration of resonant electrons by coherent whistler-mode waves in a dipole magnetic field, Journal Geophysical Research, Vol. 112, A06236, doi:10.1029/2006JA012243, 2007.

[2] Y. Omura, Y. Miyashita, M. Yoshikawa, D. Summers, M. Hikishima, Y. Ebihara, and Y. Kubota (2015), Formation process of relativistic electron flux through interaction with chorus emissions in the Earth’s inner magnetosphere, J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 9545–9562, doi:10.1002/2015JA021563, 2015.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical study of IPDP type EMIC wave-related electron precipitation at subauroral latitude

*平井 あすか[1]、土屋 史紀[1]、小原 隆博[1]、笠羽 康正[1]、加藤 雄人[2]、三澤 浩昭[1]、塩川 和夫[3]、三好 由純[3]、栗田 怜[3]、Martin Connors[4]
*Asuka Hirai[1], Fuminori Tsuchiya[1], Takahiro Obara[1], Yasumasa Kasaba[1], Yuto Katoh[2], Hiroaki Misawa[1], Kazuo Shiokawa[3], Yoshizumi Miyoshi[3], Satoshi Kurita[3], Martin G Connors[4]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、4. アサバスカ大学
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku Univ. , 2. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Athabasca University

The outer radiation belt electrons disappear during the main phase of geomagnetic storms. One of the loss mechanisms of electrons from the outer belt is precipitation into the atmosphere due to wave-particle interactions. Electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves are believed to be important plasma waves that contribute to the loss of the outer radiation belt due to pitch angle scattering. They can scatter relativistic and ultra-relativistic electrons. However, there are still questions left about the contribution of EMIC waves to the whole loss of radiation belt electrons and possible conditions favorable to pitch angle scattering.
EMIC waves mainly propagate along magnetic field lines and are observed on the ground as Pc1 geomagnetic pulsations. Intervals of pulsations of diminishing periods (IPDP) are Pc1/EMIC waves that are characterized by frequency rise from 0.1 to 1–2 Hz in a period of ~1 h, and often occur during substorms. Recent studies reported that IPDP are preferentially associated with relativistic electron precipitation. However, the statistical relation between IPDP waves and relativistic electron precipitation, and their physical mechanism, remain open issues.
We investigated differences in characteristics between IPDP and other types of Pc1 by using an induction magnetometer and VLF radio wave data that is a proxy of electron precipitations at subauroral latitude from 1 November 2016 to 30 June 2018. We used the induction magnetometer of PWING (study of dynamical variation of Particles and Waves in the INner magnetosphere using Ground-based network observations) at Athabasca, Canada (54.6˚N, 246.36˚E, L = 4.39). VLF radio waves propagate from transmitters to receivers in subionospheric waveguide. The modulations of VLF signals are detected as occurrence of sub-relativistic and relativistic electron (>100 keV) precipitation due to ionization changes in the lower ionosphere along the radio wave propagation path. VLF radio waves are transmitter from NDK, U.S. (46.367˚N, 261.467˚E, L =3.13) and NLK, U.S. (48.2˚N, 238.083˚E, L =2.84) and received at Athabasca. We selected EMIC wave events on the basis of the following criteria: (1) EMIC wave power is higher than 10^{-5} nT^2/Hz. (2) Duration of EMIC waves is longer than 20 min. (3) Interval between one EMIC wave event and the next one is longer than 30 min. Electron precipitation was identified as a decrease in amplitude of VLF signals from the quiet day curve (QDC). We counted as EMIC wave-driven electron precipitation if we detect temporal correspondence with EMIC waves. In this period, we found 950 EMIC wave events, and 87 of total EMIC wave events were IPDP events (9.2%). Local time dependence of EMIC waves shows that IPDP often occurs in the afternoon and evening sector, while other types of Pc1 occur in all local time range, but with a maximum in 12–16 MLT, which is consistent with previous studies. Simultaneous observation of the magnetometer and VLF radio waves were available for 286 days, and we found 163 EMIC wave events. 19 of 163 EMIC wave events were clearly associated with electron precipitation (12%). Among 19 electron precipitation events, 15 events were caused by IPDP (79%). Also,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the electron precipitation events were observed in the evening sector with similar local time dependence to IPDP. This result suggests that IPDP is more likely to cause electron precipitation than other Pc1 wave types. In previous studies, IPDP occurs due to ion cyclotron instability of ring current ions in the evening sector, and favorable region for electron scattering by EMIC waves is high density duskside plasmapause and plasmaspheric plume because dense plasma lowers minimum resonant energy of electrons. It is assumed that occurrence region of IPDP is coincident with the preferential region for MeV electron scattering by EMIC waves. For this reason, it is expected that IPDP type EMIC waves significantly cause relativistic electron precipitations in the duskside.

キーワード：電磁イオンサイクロトロン波動、電子降下、低周波電波伝搬
Keywords: EMIC waves, electron precipitation, subionospheric VLF radio waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Meridional distributions of proton plasma and pressure-driven currents in the nightside inner magnetosphere: Arase observations

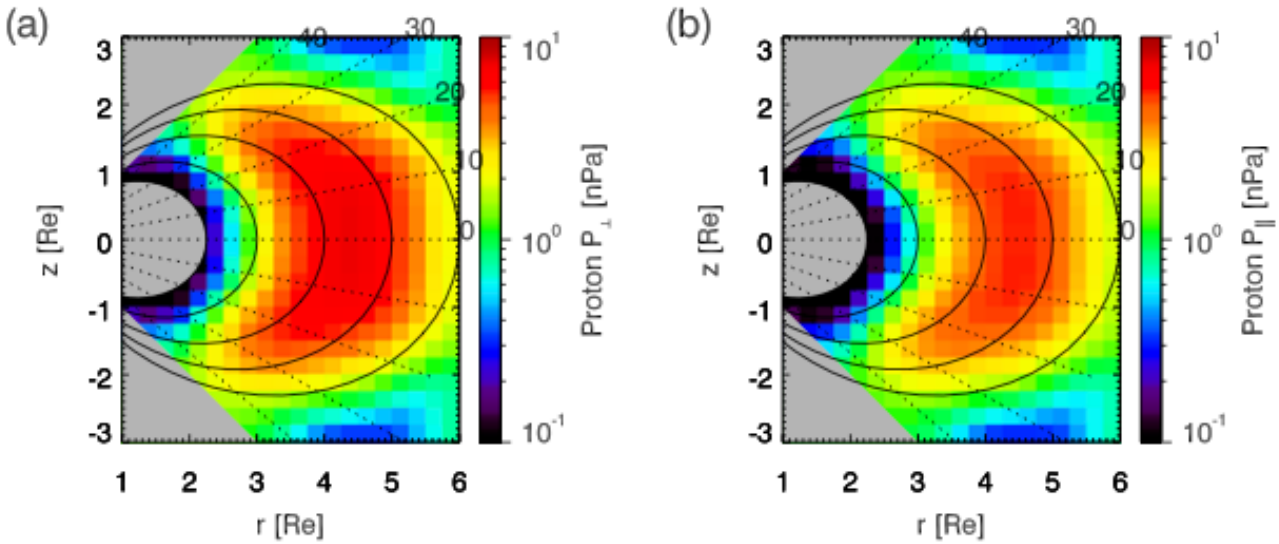
*今城 峻[1]、能勢 正仁[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、松岡 彩子[4]、桂華 邦裕[2]、堀 智昭[1]、寺本 万里子[1]、山本 和弘[5]、生松 聡[5]、野村 麗子[6]、藤本 晶子[7]、篠原 育[4]、三好 由純[1]
*Shun Imajo[1], Masahito Nose[1], Satoshi Kasahara[2], Shoichiro Yokota[3], Ayako Matsuoka[4], Kunihiro Keika[2], Tomoaki Hori[1], Mariko Teramoto[1], Kazuhiro Yamamoto[5], Oimatsu Satoshi[5], Reiko Nomura[6], Akiko Fujimoto[7], Iku Shinohara[4], Yoshizumi Miyoshi[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 東京大学理学系研究科、3. 大阪大学理学研究科、4. 宇宙科学研究所、5. 京都大学理学研究科、6. 国立天文台、7. 九州工業大学
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Graduate School of Science, Osaka University, 4. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 5. Graduate School of Science, Kyoto University, 6. National Astronomical Observatory of Japan, 7. Kyushu Institute of Technology

We examine the averaged meridional distributions of proton plasma parameters and pressure-driven currents in the nightside (20–04 h magnetic local time) ring current region during disturbed times (-80 < SYM-H* < -40 nT) using ion measurements covering energy range of 10–180 keV by the Arase satellite. Because the Arase satellite has a large inclination orbit of 31°, it covers the absolute value of magnetic latitude (|MLAT|) range of 0–40° and the radial distance of < 6 Re. We find that the plasma pressure decreases significantly with MLAT. The plasma pressure on the same L^* shell at 30°<|MLAT|<40° is about 10–60% of that at 0°<|MLAT|<10°, and the percentage of decrease is larger on lower L^* shells. The pressure anisotropy which is defined by the perpendicular pressure divided by the parallel pressure decreases with radial distance and shows a weak dependence on |MLAT|. The magnitude of the plasma beta at 30°<|MLAT|<40° is one or two order smaller than that at 0°<|MLAT|<10°. The relative plasma pressure distribution predicted from the magnetic strength and anisotropy is roughly consistent with the observed plasma pressure for L^*=3.5–5.5. The azimuthal pressure-gradient current derived from the plasma pressure distribution spreads over ~-20° |MLAT|, while the curvature current is limited in ~0–10° |MLAT|. We suggest that the latitudinal dependences should be taken into account when considering a temporal evolution of ring current particles from L distributions of successive orbits.

キーワード：子午面分布、プラズマ圧、圧力励起電流、あらせ衛星
Keywords: meridional distributions, plasma pressure, pressure-driven currents, Arase satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Space Weather Effects on Energetic Proton Flux Response in South Atlantic Anomaly

*Kirolosse Mina GIRGIS[1,2], Tohru Hada[1], Shuichi Matsukiyo[1]

1. Earth System Science and Technology (ESST) Department, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences (IGSES), Kyushu University, Japan, 2. Aerospace Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt

In this research, energetic proton flux in the inner radiation belt, is studied inside the South Atlantic Anomaly (SAA) by performing test particle simulations, where the background time-varying magnetic field is provided by Tsyganenko model, according to *Dst* index and altitudes. The objective of this investigation, is to estimate and forecast the additional radiation dose, occurring on spacecraft and human bodies, due to their passage inside the anomaly, and precisely, during intense solar storms. It was found that within minutes, proton flux in the SAA, penetrated deeper downward by about 200 km, when the *Dst* index is decreased (< -210 nT), and a after few more minutes, it was significantly reduced at all the altitudes; the last conclusion was confirmed by satellite observations.

Keywords: South Atlantic Anomaly, Space Weather, Dst Index, Radiation Dose, Proton Flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar-cycle variations of >30 keV electron flux enhancements under the inner radiation belt

*ALLA SUVOROVA[1]

1. National Central University

Intense fluxes of 30-300 electrons can arise in the equatorial ionosphere outside the South Atlantic Anomaly. It was established that the electrons were injected from the inner radiation belt probably due to a mechanism of fast radial transport in the crossed electric and magnetic fields. Continuous monitoring of energetic particles at low heights of ~850 km with the MEPED instrument onboard the NOAA/POES satellites allowed compiling large statistics of the >30 keV electron enhancements from 1998 to 2018. We studied particle flux variations with geomagnetic activity and solar cycle. We found that geomagnetic activity measured by Dst and AE indices are not key factors of occurrence rate increase for electron injections, but influence on intensity of particles. The occurrence rate is controlled by auroral conductivity on the dayside and significantly enhanced during northern summer. Descending phase of solar cycle plays a major role in the occurrence rate increase.

Keywords: magnetosphere-ionosphere, energetic electrons, low latitudes, solar cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Energy spectra variations of high energy electrons in the inner magnetosphere observed by HEP/XEP on ARASE and SEDA-e on HIMAWARI

*高島 健[1]、三谷 烈史[1]、東尾 奈々[2]、長妻 努[3]
*Takeshi Takashima[1], Takefumi Mitani[1], Nana Higashio[2], Tsutomu Nagatsuma[3]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構研究開発部門、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構
1. ISAS/JAXA, 2. Research and Development Directorate/JAXA, 3. NiCT

The relativistic electrons in the outer radiation belt were disappeared/increased and their energy spectra were changed dynamically in some storms observed by XEP/HEP onboard the ARASE spacecraft. In the same time, SEDA-e with energy range 200keV-4.5MeV for electron on board the HIMAWARI-8, Japanese weather satellite on GEO, observed increase of relativistic electron in different local time.
When comparing the energy spectra, there are times when the spectrum matches or does not match. It is also observed that the change in the slope of the energy spectrum differs with time. These phenomena are observed even when there are two satellites at the same local time.
We will report on energy spectra variations of high energy electrons including calibrations of differential flux between XEP and HEP and discuss comparisons with energy spectra between ARAE and HIMAWARI that observed each storm in different local time.

キーワード：相対論的エネルギー電子、内部磁気圏、あらせ衛星
Keywords: relativistic electron, inner magnetosphere, ARASE

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inter-channel calibration of the high-energy electron experiments (HEP) instrument onboard the Arase satellite

*堀 智昭[1]、三谷 烈史[2]、高島 健[2]、Park Inchun[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、東尾 奈々[3]、笠原 慧[4]、横田 勝一郎[5]、三好 由純[1]、篠原 育[2]
*Tomoaki Hori[1], Takefumi Mitani[2], Takeshi Takashima[2], Park Inchun[1], Satoshi Kurita[1], Mariko Teramoto[1], Nana Higashio[3], Satoshi Kasahara[4], Shoichiro Yokota[5], Yoshizumi Miyoshi[1], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 東京大学大学院理学系研究科、5. 大阪大学大学院理学研究科
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 5. Graduate School of Science, Osaka University

An inter-channel comparison of electron fluxes measured by the HEP instrument onboard the Arase satellite is conducted with a focus on the apparent non-uniformity in detection efficiency and relative offset of the background flux level between the channels, which was partly reported previously. We extend the data set to cover the entire two-year period since the start of the regular observations. The flux ratio of different channels is sorted by the electron flux level of much higher energies that was simultaneously measured by the extremely high-energy electron experiment (XEP) instrument onboard Arase. The result shows that the HEP flux of all azimuthal channels is more or less affected by MeV electrons which are most likely to have penetrated into the instrument box and directly hit the detectors. However, it is also revealed that the non-uniform count distribution over the channels still remains even when the penetrating electrons are absent. We conduct a set of Geant-4 simulations to trace electrons with various energies and incident angles to the detector plane in order to give a quantitative interpretation for the resultant count distributions, in terms of the effects of penetrating electrons and obliquely-colliding incident electrons.

キーワード：あらせ衛星、粒子観測器、キャリブレーション
Keywords: Arase satellite, particle instrument, calibration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Particle simulation for calibrating the HEP data onboard the ARASE satellite

*PARK INCHUN[1]、三好 由純[1]、三谷 烈史[2]、堀 智昭[1]、栗田 怜[1]、寺本 万里子[1]、高島 健[2]、東尾 奈々[3]、篠原 育[2]
*PARK INCHUN[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Takefumi Mitani[2], Tomoaki Hori[1], Satoshi Kurita[1], Mariko Teramoto[1], Takeshi Takashima[2], Nana Higashio[3], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境科学研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Nagoya University Institute for Space-Earth Environmental Research, 2. Japan Aerospace Exploration Agency Institute of Space and Astronautical Science , 3. Japan Aerospace Exploration Agency

Understanding the detailed characteristics of the HEP (High-Energy electron Experiment) instrument onboard the Arase satellite is crucial for data calibration. Due to difficulties of reproducing the severe radiation environment of the inner magnetosphere on the ground, computer simulation is the best method to understand instrument responses to the ambient radiation environment. Through Monte-Carlo simulations using the Geant4 tool, we have reconstructed the geometry of the HEP instrument and modeled the high-energy particle environment. Using the developed model, we have studied the efficiency of the detectors, the angular resolution, and the g-factors, which depend on the particle energy and the sensor channels. While the previous studies were based on a uni-direction simulation with electron pencil beams, this study adopted all the detector channels and energy bends of HEP thus resulting in more advanced simulations. Based on the results, we have made a new calibration table depending on the angle of incident particles. We have also estimated the g-factor which depends on the incident particle energy. The updated calibration table and g-factors are important for calibrating the HEP data as well as inter-calibrations with other particle instruments' data.

キーワード：あらせ、Ｇｅａｎｔ４、ＨＥＰ
Keywords: ARASE, Geant4, HEP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

あらせ搭載HEPのGeant4モデル計算と放射線内帯粒子観測
Geant4 model calculation and energetic particle observation with HEP/Arase in the inner radiation belt

*戸田 穂乃香[1]、三宅 亙[1]、三谷 烈史[3]、高島 健[3]、三好 由純[2]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]
*Honoka Toda[1], Wataru Miyake[1], Takefumi Mitani[3], Takeshi Takashima[3], Yoshizumi Miyoshi[2], PARK INCHUN[2], Tomoaki Hori[2]

1. 東海大学、2. 名古屋大学/ISEE、3. JAXA/ISAS
1. Tokai University, 2. ISEE/Nagoya University, 3. ISAS/JAXA

あらせに搭載されたHEPは70 keV ～ 2 MeVの電子を観測する機器である。このHEPでは外帯のみならず、内帯において高いカウントがMeVのエネルギーレンジで計測されている。Van Allen Probesでは内帯の電子はMeV以上ではほとんど計測されていない。おそらくは高エネルギープロトンの混入によりHEPにカウントが生じていると考えられる。これを検証するとともに、プロトンのエネルギーを特定することを目的として、Geant4によるモデル計算を行ってきた。その結果、数MeV～数十MeVの高エネルギープロトンが寄与していることが分かってきた。このエネルギー帯のプロトンを計測する機器はあらせ衛星には搭載されていない。電子計測器HEPの内帯での観測データをもとにした、高エネルギープロトンの空間分布や時間変動の研究の可能性を考察する。

キーワード：あらせ、放射線帯プロトン、HEP
Keywords: Arase, Proton Radiation Belt, HEP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Validation of High-energy electron detector simulator for the HEP instruments onboard Arase

*三谷 烈史[1]、PARK INCHUN[2]、堀 智昭[2]、滑川 拓[1,3]、浅村 和史[1]、高島 健[1]、笠原 慧[3]、栗田 怜[2]、寺本 万里子[2]、東尾 奈々[1]、三好 由純[2]、篠原 育[1]
*Takefumi Mitani[1], PARK INCHUN[2], Tomoaki Hori[2], Taku Namekawa[1,3], Kazushi Asamura[1], Takeshi Takashima[1], Satoshi Kasahara[3], Satoshi Kurita[2], Mariko Teramoto[2], Nana Higashio[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Iku Shinohara[1]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3. 東京大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ., 3. The university of Tokyo

The high-energy electron experiments (HEP) onboard the Arase satellite detects 70 keV-2 MeV electrons and generates a three-dimensional velocity distribution for these electrons in every period of the satellite's rotation. Electrons are detected by two instruments, namely, HEP-L and HEP-H, which differ in their geometric factor (G-factor) and range of energies they detect. HEP-L detects 70 keV–1 MeV electrons and its G-factor is 9.3 $\times 10^{-4}$ cm^2 sr at maximum, while HEP-H observes 0.7 MeV–2 MeV electrons and its G-factor is 9.3 $\times 10^{-3}$ cm^2 sr at maximum. The instruments utilize silicon strip detectors and application-specific integrated circuits to readout the incident charge signal from each strip.

In order to deduce the distribution of incident electrons from the direction and energy detections in orbit, we have developed a detector simulator using the Geant4 toolkit. Especially contamination due to high energy particles must be considered quantitatively. We have also been working on electron beam experiments using HEP detector modules which are almost the same as the flight model in order to compare detailed simulations and experimental data.

We will present a comparison between results from the electron beam experiments and those from the detector simulator. And we will discuss its influence on the interpretation of the observational data obtained in orbit.

キーワード：高エネルギー電子、あらせ、Geant4
Keywords: high-energy electron, Arase, Geant4

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

コンビーナ:大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、津川 卓也(情報通信研究機構)、川村 誠治(国立研究開発法人 情報通信研究機構)、座長:江尻 省(国立極地研究所)、大塚 雄一

本セッションでは、対流圏から熱圏にいたる地球大気中における種々の物理・化学過程、および大気上端の領域である電離圏・中間圏・熱圏における中性大気と電離大気の相互作用やエネルギー収支、力学、化学過程を議論する。磁気圏あるいは各大気層との上下結合に関する話題も広く歓迎する。これらの領域において生じる各種の現象に関して、衛星・ロケット観測や地上の電波・光学観測等に基づく研究成果と、数値シミュレーションや理論研究成果、及び新しい観測装置の開発に関する研究などについて総合的な議論を深める。

9:00 ~ 9:15

[PEM16-01] The model study of ionospheric variations during the solar eclipse event by assimulating the GNSS TEC observations

*陳 佳宏[1]、Lin Charles[1]、Matsuo Tomoko[2] (1.台湾国立成功大学地球科学学科、2.コロラド大学航空宇宙工学)

9:15 ~ 9:30

[PEM16-02] オーロラ領域の加熱に伴う熱圏・電離圏メソスケールダイナミクスの特性

*大井川 智一[1]、品川 裕之[2]、田口 聡[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.国立研究開発法人情報通信研究機構)

9:30 ~ 9:45

[PEM16-03] 極域熱圏風の加速領域の空間分布と二次元観測の重要性

*大山 伸一郎[1,2,3]、Aikio Anita[2]、Conde Mark[4]、Vanhamaki Heikki[2]、Virtanen Ilkka[2]、Ulich Thomas[5]、Brandstrom Urban[6]、Verronen Pekka[7]、Andersson Monika[7]、Kalakoski Niilo[7]、Roininen Lassi[8]、Lasanen Sari[8]、Workayehu Abiyot[2]、塩川 和夫[1]、徐 何秋岑[1]、石井 守[9]、平原 聖文[1]、坂野井 健[10]、鍵谷 将人[10]、Sorri Juha[5]、Teppo Tomi[5]、田中 良昌[3]、Fallen Christopher[4]、Watkins Brenton[4]、Orispaa Mikko[5]、小川 泰信[3]、Cai Lei[11]、Turunen Esa[5]、Kauristie Kirsti[7]、津田 卓雄[12]、栗原 純一[13] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.University of Oulu、3.国立極地研究所、4.Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks、5.Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu、6.The Swedish Institute of Space Physics (IRF)、7.Finnish Meteorological Institute、8.Lappeenranta-Lahti University of Technology、9.情報通信研究機構、10.東北大学、11.KTH Royal Institute of Technology、12.電気通信大学、13.北海道大学)

9:45 ~ 10:00

[PEM16-04] 観測ロケットより超高層大気中に放出したTMAの観測画像を用いた電離圏中性風の解析

*大塚 祐樹[1]、山本 真行[1]、齊藤 大晶[1] (1.高知工科大学)

10:00 ~ 10:15

[PEM16-05] 新HRO干渉計システムにおけるリアルタイム解析手法の確立と流星総合観測の運用試験

*佐藤 匠[1]、武田 誠也[2]、山本 真行[1] (1.高知県公立大学法人高知工科大学、2.株式会社バスキュール)

10:15 ~ 10:30

[PEM16-06] Solar flare effects of the D-region ionosphere using daytime tweek atmospherics

*山野辺 晃大[1]、大矢 浩代[2]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2]、塩川 和夫[3] (1.千葉大学 大学院融合理工学府 基幹工学専攻 電気電子工学コース、2.千葉大学大学院工学研究院、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

The model study of ionospheric variations during the solar eclipse event by assimulating the GNSS TEC observations

*陳 佳宏[1]、Lin Charles[1]、Matsuo Tomoko[2]
*Chia-Hung Chen[1], Charles Lin[1], Tomoko Matsuo[2]

1. 台湾国立成功大学地球科学学科、2. コロラド大学航空宇宙工学
1. Department of Earth Sciences, National Cheng Kung University, 2. Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado at Boulder, CO

Using the physics-based thermosphere-ionosphere model (NCAR-TIEGCM) with an ensemble Kalman filter, this study reports the first data assimilative analysis of the ionosphere responses to the solar eclipse on 21 August 2017. The system, using a 2-minute assimilation cycle of data from ground-based GNSS observations, show dynamic variations of the equatorial ionization anomaly (EIA) due to the electrodynamic effects of the solar eclipse. Two major ionospheric responses are captured: (1) an early appearance of EIA at the westward boundary of moon shadow and (2) an enhanced EIA at lower latitudes and suppressed EIA at the higher latitudes. These eclipse-induced conjugate EIA variations are produced by an eastward electric field perturbation around magnetic equator and a westward electric field perturbation at the higher latitudes.

キーワード：電離圏データ同化、日食、電場変動
Keywords: Ionospheric data assimilation, solar eclipse, electric field perturbation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーロラ領域の加熱に伴う熱圏・電離圏メソスケールダイナミクスの特性
Characteristics of mesoscale thermospheric-ionospheric dynamics associated with heating in the auroral region

*大井川 智一[1]、品川 裕之[2]、田口 聡[1]
*Tomokazu Oigawa[1], Hiroyuki Shinagawa[2], Satoshi Taguchi[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2. 国立研究開発法人情報通信研究機構
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

極域の熱圏・電離圏は長年にわたって研究がなされてきたが、近年の地上や衛星からの観測により、そのダイナミクスはきわめて複雑であることが明らかになりつつある。特にオーロラ領域においては、イオンと中性気体のドラッグ、Joule加熱、降下粒子による加熱と電離、化学反応、拡散、大気重力波等の様々な過程が相互作用していることが知られている。このオーロラ領域に特徴的なメソスケールの現象として、非常に大きな中性鉛直風や質量密度上昇が挙げられる。これらの現象には局所的な加熱が重要な役割を担っていると考えられているが、なぜこれほど大きな鉛直風・質量密度上昇が発生するのかは未だ定量的な理解がなされていない。このようなオーロラ領域における熱圏・電離圏のメソスケールのダイナミクスを調べるためには、様々な物理・化学過程を含んだ高分解能な数値モデルが必要である。本講演では、2次元数値モデルを用いて、加熱の大きさおよびその空間構造によって熱圏・電離圏ダイナミクスがどのように変化するのかを報告する。さらに、熱圏-電離圏間の相互作用についても議論を行う。

キーワード：中性鉛直風、中性質量密度、加熱、オーロラ領域、メソスケール、数値シミュレーション
Keywords: vertical neutral wind, neutral mass density, heating, auroral region, mesoscale, numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

極域熱圏風の加速領域の空間分布と二次元観測の重要性
Spatial distribution of the polar thermospheric wind acceleration and importance of the 2D measurement

*大山 伸一郎[1,2,3]、Aikio Anita[2]、Conde Mark[4]、Vanhamaki Heikki[2]、Virtanen Ilkka[2]、Ulich Thomas[5]、Brandstrom Urban[6]、Verronen Pekka[7]、Andersson Monika[7]、Kalakoski Niilo[7]、Roininen Lassi[8]、Lasanen Sari[8]、Workayehu Abiyot[2]、塩川 和夫[1]、徐 何秋岑[1]、石井 守[9]、平原 聖文[1]、坂野井 健[10]、鍵谷 将人[10]、Sorri Juha[5]、Teppo Tomi[5]、田中 良昌[3]、Fallen Christopher[4]、Watkins Brenton[4]、Orispaa Mikko[5]、小川 泰信[3]、Cai Lei[11]、Turunen Esa[5]、Kauristie Kirsti[7]、津田 卓雄[12]、栗原 純一[13]
*Shin-ichiro Oyama[1,2,3], Anita Aikio[2], Mark G Conde[4], Heikki Vanhamaki[2], Ilkka Virtanen[2], Thomas Ulich[5], Urban Brandstrom[6], Pekka Verronen[7], Monika Andersson[7], Niilo Kalakoski[7], Lassi Roininen[8], Sari Lasanen[8], Abiyot Workayehu[2], Kazuo Shiokawa[1], Heqiucen XU[1], Mamoru Ishii[9], Masafumi Hirahara[1], Takeshi Sakanoi[10], Masato Kagitani[10], Juha Sorri[5], Tomi Teppo[5], Yoshimasa Tanaka[3], Christopher Fallen[4], Brenton J Watkins[4], Mikko Orispaa[5], Yasunobu Ogawa[3], Lei Cai[11], Esa Turunen[5], Kirsti Kauristie[7], Takuo T. Tsuda[12], Junichi Kurihara[13]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. University of Oulu、3. 国立極地研究所、4. Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks、5. Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu、6. The Swedish Institute of Space Physics (IRF)、7. Finnish Meteorological Institute、8. Lappeenranta-Lahti University of Technology、9. 情報通信研究機構、10. 東北大学、11. KTH Royal Institute of Technology、12. 電気通信大学、13. 北海道大学
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, 2. University of Oulu, Finland, 3. National Institute of Polar Research, Japan, 4. Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks, US, 5. Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu, Finland, 6. The Swedish Institute of Space Physics (IRF), Sweden, 7. Finnish Meteorological Institute, Finland, 8. Lappeenranta-Lahti University of Technology, Finland, 9. National Institute of Information and Communications Technology, Japan, 10. Tohoku University, Japan, 11. KTH Royal Institute of Technology, Sweden, 12. The University of Electro-Communications, 13. Hokkaido University

Understanding the flow of energy and mass throughout the magnetosphere-ionosphere-thermosphere coupled system is a fundamental goal of solar-terrestrial physics. Since substantial energy accumulated in the substorm growth phase in the magnetospheric tail flows into the polar ionosphere immediately after the substorm onset, investigating the energy dissipation process at high latitudes around the time of substorm onset can contribute significantly to achieving that objective. The energy dissipation generates acceleration and heating of the ionosphere and thermosphere, but this might occur not only near aurora but also far from it by hundreds kilometers equatorward. We analyzed ionospheric and thermospheric measurements in the northern Scandinavian area (65-80 N) during periods of considerably low geomagnetic activity but with some aurorae above Svalbard (75-80 N). Thermospheric winds measured with a Fabry-Perot interferometer (FPI; 630.0 nm) at Tromsø, Norway (69.6 N) showed westward accelerations coinciding with auroral brightening at the Svalbard area at the dusk sector though the relative distance from Tromsø to the aurora was 200-500 km in some cases. Moving into the dawn sector with the earth’s rotation, the acceleration direction turned to southeastward through stagnation area or period seen at magnetic local midnight. The acceleration pattern well represents thermospheric responses to the ionospheric convection, but of particular interest is its location, in which the thermospheric wind have been obtained at the sub-auroral region far from the main auroral oval. In this analysis, we cannot infer to horizontal patterns of the wind acceleration because we have only a point measurement from the Tromsø FPI. While this result suggests the importance of two-dimensional

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

measurements of ionosphere and the thermosphere, we need a new configuration of the observation network to infer horizontal winds and accelerations. In this presentation, we will introduce “SDI-3D” project, which aims at developing 3 Scanning Doppler Imagers (SDIs) and deploying them at the same area as for the EISCAT_3D, which may start in operation in 2022.

キーワード：オーロラ、サブストーム、熱圏、電離圏
Keywords: aurora, substorm, Thermosphere, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

観測ロケットより超高層大気中に放出したTMAの観測画像を用いた電離圏中性風の解析

Analysis of the thermospheric neutral wind vector using observed images of *Trimethylaluminium* (*C6H18Al2*) released from sounding rocket in the upper atmosphere

*大塚 祐樹[1]、山本 真行[1]、齊藤 大晶[1]
*Yuki Otsuka[1], Masa-yuki Yamamoto[1], Hiroaki Saito[1]

1. 高知工科大学
1. Kochi University of Technology

1. 研究背景・目的

熱圏・電離圏における中性大気密度や電離大気密度などの高度プロファイルは、太陽活動や季節、昼夜の変化に伴い変動する。こうした変動は地上での通信、人工衛星との通信、またはその軌道に大きな影響を与える様々な現象を引き起こすが、詳しい発生メカニズムは分かっていない。本研究室ではこのメカニズムに重要な役割を果たしていると言われている、熱圏・電離圏おける中性大気風に関してJAXAやNASAとの共同実験・研究を行ってきた。

本研究では2013年7月にJAXAが実施した、夜間中緯度域でのロケット実験時に観測されたTMAの画像から、電離圏における中性風の風速を算出することを主目的とする。

2. ロケット実験概要

2013年7月に中緯度電離圏に作用する電磁気的相互作用と電離・中性大気相互作用の全貌を明らかにすることを目的として、JAXAがロケット実験を実施した。内之浦宇宙空間観測所（USC）からS-310-42号機とS-520-27号機の計2機の観測ロケットが打ち上げられ、前者ではトリメチルアルミニウム（TMA）、後者からはリチウム（Li）が超高層大気中へと放出され、各観測地点及び航空機から、それらの発光雲の変化を光学観測し、図1に実験時の航空機の飛行経路、観測地点、TMA及びLiの放出領域等を示す[1]。

3. 風速算出方法

風速の算出には、2013年7月のロケット実験で観測されたTMAの画像を用いる。各観測地点で観測された画像から、TMAが明瞭に写り、かつ長時間光学観測が実施された組み合わせとして、航空機からの画像（図2）とUSCでの画像（図3）を解析していく。

風速の算出は、横山（2011）と木原（2015）の方法を用いる。解析の順序に関しては、木原（2015）の方法を優先的に行い、解析データが出来次第、横山（2011）の方法を実施していく。

3.1 横山（2011）による方法[1]

観測された画像からTMAガスの中央位置を輝度情報から読み取り、TMAガスの中心軸を求める。 観測された画像に写っている星の中から1つを中心星としてその周りに10個程度の星を選択する。 星の画像上のX,Y座標、赤経、赤緯を用いて、中心星と周りの星との距離からレンズの歪曲補正を行う。 得られた中心軸の座標を天球座標に変換した後、観測地点情報を用いて地球座標に変換する。 上記の手順によって得られた各観測地点のデータから三角測量の方法を用いて風速を算出する。

3.2 木原（2015）による方法[2]

観測された画像からTMAガスの中央位置を輝度情報から読み取り、TMAガスの中心軸を求める。 カメラレンズの歪曲補正を行った後、画像上の座標を仰角、方位角へと変換する。 上記の補正を施した同地点の時間が異なった画像2枚の差分情報から風速を算出する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

TMAガスの中心軸の抽出、星の抽出、仰角・方位角への変換、風速の概算を行ったがTMAガスの中心軸検出時の誤差や方位角・仰角変換に問題があり解決を急いでいる。今後はレンズの歪み、カメラの傾き、さらに航空機による撮影の場合は、航空機の揺れの補正も必要となる。本発表では、上記の誤差の修正・評価、補正を行い、改めて算出した結果を発表する予定である。

参考文献

[1]木原大城, “観測ロケットより超高層大気中に放出したリチウム共鳴散乱光の航空機観測と昼間熱圏中性風測定手法の開発”平成26年度高知工科大学大学院 特別研究報告,2015.

[2]横山雄生, “S-520-23号ロケット放出Liによる共鳴散乱光の多地点観測と熱圏中性風の高精度解析”平成20年度高知工科大学大学院 特別研究報告, 2009.

キーワード：電離圏中性風、観測ロケット、トリメチルアルミニウム
Keywords: the thermospheric neutral wind, sounding rocket, Trimethylaluminium (C6H18Al2)

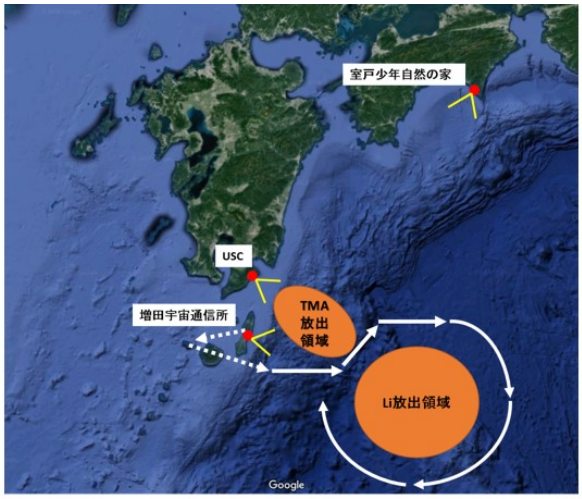


図1 Li、TMAの放出領域、航空機飛行経路、地上観測点の位置関係



図2 航空機からの観測画像



図3 USCでの観測画像

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新HRO干渉計システムにおけるリアルタイム解析手法の確立と流星総合観測の運用試験

Establishment of real-time analysis method in a new HRO interferometer system and operation test of comprehensive meteor observation

*佐藤 匠[1]、武田 誠也[2]、山本 真行[1]
*Takumi Sato[1], Seiya Takeda[2], Masa-yuki Yamamoto[1]

1. 高知県公立大学法人高知工科大学、2. 株式会社バスキュール
1. KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2. Inc.Bascule

流星(Meteor)は、宇宙空間に漂う直径約数 mm～数 cmのチリの粒が、地球の大気に飛び込んできて大気と激しく衝突し、空力加熱により断熱圧縮され高温になってチリが気化する一方で、大気や気化したチリの成分が光を放つ自然現象である。このとき、超高層大気において大気分子との衝突(空力加熱)により放出される熱エネルギーにより大気分子が電離し、大量のプラズマが一時的に発生する。このプラズマにより流星軌跡に沿った細長い円柱状の高密度な電離柱が形成される。流星電波観測はこの電離柱における自由電子による散乱電波を用いた観測方法である。本研究では、高知工科大学(以下、本学)において、福井県立大学より安定的に送信されている53.755 MHzの超短波VHF(アマチュア無線波)を利用した前方散乱方式での流星電波観測(HRO)を行った。本研究の目的は高知工科大学でこれまで開発・運用してきた5ch 流星電波干渉計に新たな観測手法や解析手法を適用し、従来の同干渉計を用いた流星研究[1]を発展させることである。また現状ではHROの国内観測点や観測者は少ないため、正確な観測手法と観測結果を共有できれば、流星観測の分野の発展に貢献できる。

本研究では、新HRO干渉計システム(以下、HRO干渉計システム)、光学観測、インフラサウンド観測の3手法(以下、流星総合観測[1])の運用を行った。HRO干渉計システムでは、アンテナで受信された信号を受信機で復調した後、ADボードを介し入力した観測用PC上で解析用ソフトウェアによるリアルタイム処理を行った。あらかじめソフトウェア上で設定した閾値を超えた場合のみトリガーをかけ流星エコーとして保存できる仕組みであり今回初めて採用した。内部位相差を考慮した流星出現方向の分析では、5ch 流星電波干渉計の5基のアンテナの干渉処理[1]により、流星出現方向の算出に必要な基線長0.5 λと2.5 λ(λは観測波長) の東西・南北の各位相差を得た。

光学観測では、既存の白黒高感度CCDカメラ(WAT-100N)に加え、新たに設置したカラー4Kカメラ(Sony α6300)に動体自動検出ソフトウェアUFOCaptureV2および同HD2をそれぞれ組み合わせて運用した。対象物の位置、速度、軌跡の直線性などの情報を得られるUFOAnalyzerV2を用いて、カメラ録画データの情報について分析した。インフラサウンド観測では、大規模な自然現象などにより生じる20 Hz以下の超低周波音を観測できるセンサ群を用いて、大火球などの特異な流星の観測を行った。音波の到達時間や振幅などから、流星の規模や運動エネルギーの推定が行える。

なお、本研究では内部位相差を既知とするべく、流星総合観測データについて同時観測可能性を優先的に探った。2018年8月~2019年1月の半年間において、2つの流星群に対して流星総合観測データを得た。また、2019年しぶんぎ座流星群にて総合流星観測データの解析により内部位相差候補数例を得たが、確定には至らなかった。

本研究の成果として、干渉計処理により流星出現方向の正確な算出に必要な内部位相差の候補値を得た。候補値を絞り切れなかった要因として、観測データ数の不足などがあげられる。今後は解析工程に不備がないか見直した上で、本システムを運用し観測データを増やして内部位相差を確定し、データの正確性と信頼性を確保しなければならない。リアルタイム解析という新たな試みを5ch 流星電波干渉計に適用し、共同開発した新受信機システムの妥当性を確認するとともに、今後の研究に必要な内部位相差の候補値を得た。正確に得られ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

たデータの一部はWeb上やメーリングリストで他の観測者と共有し、微力ながら流星観測の分野の発展に貢献した。

参考文献

[1] 水本聡, “多地点電波観測による流星飛跡情報の算出と流星総合観測システムの構築”, 平成28年度 高知工科大学 特別研究報告, 2017.

キーワード：流星、流星電波観測、干渉計
Keywords: Meteor, Ham-band radio meteor observation, Interferometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar flare effects of the D-region ionosphere using daytime tweek atmospherics

*山野辺 晃大[1]、大矢 浩代[2]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2]、塩川 和夫[3]
*Kodai Yamanobe[1], Hiroyo Ohya[2], Hiroyuki Nakata[2], Toshiaki Takano[2], Kazuo Shiokawa[3]

1. 千葉大学 大学院融合理工学府 基幹工学専攻 電気電子工学コース、2. 千葉大学大学院工学研究院、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University , 2. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

It has been known that intensity and phase of very low frequency (VLF, 3-30 kHz)/low frequency (LF, 30-300 kHz) transmitter signals significantly change due to intense ionization by solar flares [e.g., Mitra, 1974; Thomson et al., 2005]. Santolik and Kolmasova [2017] showed daytime tweek atmospherics (1.5-10.0 kHz) did not become observal for two hours just after a solar flare of M2.2 class, which suggests large absorption due to the solar flare. However, there are little studies for tweeks during solar flares. In this study, we investigate solar flare effects of the D-region ionosphere using tweek atmospherics. We analyzed the daytime tweek atmospherics observed at Kagoshima (31.48N, 130.72E) and Moshiri (44.37N, 142.27E), Japan, during January-July, 2013. The sampling frequency is 20 kHz, and the VLF data were recorded for each two minuteat 20-22 and 50-52 minutes every hour. For two M1.4-class flares, the daytime tweeks were received about 30-40 minutes after the solar flares. For a M5.6-class flare, the daytime tweeks were not observed for about 4 hours after the solar flare. The tweek reflection height had a weak negative correlation (-0.38) with X-ray flux observed by the GOES-13/15 satellites, suggesting that electron density in the D-region ionosphere increased with increasing the X-ray flux.In the presentation, we will discuss the D-region ionization and propagation mechanism of the tweeks during solar flares in more detail.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

コンビーナ:大塚 雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、津川 卓也(情報通信研究機構)、川村 誠治(国立研究開発法人 情報通信研究機構)、座長:大塚 雄一、江尻 省(国立極地研究所)

本セッションでは、対流圏から熱圏にいたる地球大気中における種々の物理・化学過程、および大気上端の領域である電離圏・中間圏・熱圏における中性大気と電離大気の相互作用やエネルギー収支、力学、化学過程を議論する。磁気圏あるいは各大気層との上下結合に関する話題も広く歓迎する。これらの領域において生じる各種の現象に関して、衛星・ロケット観測や地上の電波・光学観測等に基づく研究成果と、数値シミュレーションや理論研究成果、及び新しい観測装置の開発に関する研究などについて総合的な議論を深める。

10:45 ~ 11:00

[PEM16-07] ALOS2 ScanSAR InSARによるSporadic-Eイベントの検出へ向けて

*古屋 正人[1]、前田 隼[2]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.北海道大学附属図書館)

11:00 ~ 11:15

[PEM16-08] 高分解能Ca^+ライダーによって観測されたスポラディックE層の微細構造

*江尻 省[1,2]、中村 卓司[1,2]、津田 卓雄[3]、西山 尚典[1,2]、阿保 真[4]、高橋 透[1]、津野 克彦[5]、川原 琢也[6]、小川 貴代[5]、和田 智之[5] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.電気通信大学、4.首都大学東京、5.理化学研究所光量子工学研究センター、6.信州大学工学部)

11:15 ~ 11:30

[PEM16-09] GPS受信機網データを用いた成層圏突然昇温の中規模伝搬性電離圏擾乱への影響の研究

*大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、Abadi Prayitno[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.インドネシア航空宇宙庁、3.情報通信研究機構)

11:30 ~ 11:45

[PEM16-10] 地上磁場観測に見られる津波起因電離層電流の効果：2011年東北地方太平洋沖地震の場合について

*南 拓人[1]、鴨川 仁[2]、小河 勉[1]、上嶋 誠[1]、茂木 透[3]、市原 寛[4] (1.東京大学地震研究所、2.東京学芸大学教育学部物理学科、3.北海道大学大学院工学研究科、4.名古屋大学大学院環境学研究科)

11:45 ~ 12:00

[PEM16-11] 桜島噴火の規模とGPS-TEC変動との相関

*庄子 聖人[1]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、大矢 浩代[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.情報通信研究機構)

12:00 ~ 12:15

[PEM16-12] 地デジ放送波を用いた水蒸気量推定手法の研究開発 -マイクロ波放射計との同時観測-

*花土 弘[1]、川村 誠治[1]、岩井 宏徳[1]、佐藤 晋介[1]、中川 勝広[1]、田尻 拓也[2]、折笠 成宏[2]、小司 禎教[2]、荒木 健太郎[2]、瀬古 弘[2] (1.国立研究開発法人　情報通信研究機構、2.気象庁気象研究所)

ALOS2 ScanSAR InSARによるSporadic-Eイベントの検出へ向けて
Toward a detection of sporadic-E episodes by ALOS2 ScaSAR InSAR

*古屋 正人[1]、前田 隼[2]、日置 幸介[1]
*Masato Furuya[1], Jun Maeda[2], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 北海道大学附属図書館
1. Department of Earth and Planetary Sciences Hokkaido University, 2. Hokkaido University Library

Maeda et al. (2016) and Furuya et al. (2017) reported their detections of sporadic-E (Es) episodes in Japan, using L-band interferometric synthetic aperture radar (InSAR). The SAR data images are acquired by Advanced Land Observation Satellite (ALOS) 1/2 launched by JAXA in 2006 and 2014, respectively. The high spatial resolution of InSAR data allow us to examine the detailed structure of Es episode, which will complement the high temporal resolution of GNSS TEC data. The previous two studies are based on stripmap-mode SAR images, which have higher spatial resolution but are limitted in terms of the observation swath-width (Maeda et al., 2016; Furuya et al., 2017). Although the stripmap-mode is the most standard SAR imaging mode, ScanSAR mode is also nearly operational nowadays, and can image the Earth with much wider swath-width by as much as 350 km; the standard stripmap-mode of SM1 for ALOS2 covers only 50 km. Although the ScanSAR mode is a bit worse in terms of the spatial resolution along radar range direction than the stripmap mode image, ScanSAR InSAR image can dramatically improve the observation coverage, and thus help detect both small-scale and large-scale structure of Es. We first check the data availability of ScanSAR images in Japan at any specific areas, and then check if any significant anomalies in either TEC or ROTI are observed via the database provided by NICT. We will report our preliminary results of ScanSAR InSAR imaging of Es in Japan.

キーワード：電離層、スポラディックE、干渉合成開口レーダー、だいち2号
Keywords: ionosphere, Sporadic-E, InSAR, ALOS2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高分解能Ca^+ライダーによって観測されたスポラディックE層の微細構造
Vertical fine structure and time evolution of plasma irregularities in the E_s layer, observed by a high resolution Ca^+ lidar

*江尻 省[1,2]、中村 卓司[1,2]、津田 卓雄[3]、西山 尚典[1,2]、阿保 真[4]、高橋 透[1]、津野 克彦[5]、川原 琢也[6]、小川 貴代[5]、和田 智之[5]
*Mitsumu K. Ejiri[1,2], Takuji Nakamura[1,2], Takuo T. Tsuda[3], Takanori Nishiyama[1,2], Makoto Abo[4], Toru Takahashi[1], Katsuhiko Tsuno[5], Takuya Kawahara[6], Takayo Ogawa[5], Satoshi Wada[5]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 電気通信大学、4. 首都大学東京、5. 理化学研究所光量子工学研究センター、6. 信州大学工学部
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI (Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced Studies), 3. The University of Electro-Communications, 4. Tokyo Metropolitan University, 5. RIKEN, RAP, 6. Shinshu University Faculty of Engineering

The vertical fine structures and the time evolution of plasma irregularities in the sporadic E (E_s) layer were observed via calcium ion (Ca^+) density measurements using a resonance scattering lidar with a high time-height resolution (5 s and 15 m) at Tachikawa (35.7˚N, 139.4˚E) on December 24, 2014. The observation successfully provided clearer fine structures of plasma irregularities, such as quasi-sinusoidal variation, localized clumps, “cats-eye” structures, and twist structures, in the sporadic Ca^+ (Ca^+_s) layers at around 100 km altitude. These fine structures suggested that the Kelvin-Helmholtz (K-H) instabilities occurred in the neutral atmosphere whose density changed temporarily or spatially. The maximum Ca^+ density in the Ca^+_s layer was two orders of magnitude smaller than the maximum electron density estimated from the critical frequency (f_oE_s) observed by the ionosonde at Kokubunji (35.7˚N, 139.5˚E) simultaneously. The correlation showed a strong positive correlation with a coefficient of 0.91. These results suggest that Ca^+ contributes forming the E_s layer as well as major metallic ions Fe^+ and Mg^+ in the lower thermosphere. Moreover, the formation of a new Ca^+_s layer at 110 km and the upward motions of the Ca^+_s layers at 100 km and 110 km were observed just after the sunrise time at the conjugation point and before the local sunrise. Although the presence or absence of a causal relationship with the sunrise time was not clear, a possible explanation for the formation and the upward motions of the Ca^+_s layers was the occurrence of strong eastward winds at around 100 km, rather than the enhancement of the eastward electric field.

キーワード：共鳴散乱ライダー、カルシウムイオン密度、スポラディックE層、微細構造、中間圏・下部熱圏領域
Keywords: resonance scattering lidar, calcium ion density, sporadic E layer, fine structure, The mesosphere and lower thermosphere region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GPS受信機網データを用いた成層圏突然昇温の中規模伝搬性電離圏擾乱への影響の研究

Study of Effects of Stratospheric Sudden Warming on Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances Using Total Electron Content Data Obtained from World-Wide GPS Receiver Networks

*大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、Abadi Prayitno[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3]
*Yuichi Otsuka[1], Atsuki Shinbori[1], Prayitno Abadi[2], Takuya Tsugawa[3], Michi Nishioka[3]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. インドネシア航空宇宙庁、3. 情報通信研究機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. LAPAN, 3. National Institute of Information and Communications Technology

Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTIDs) are wavy structures of the ionospheric plasma density with horizontal scale-size of hundreds of kilometers. In order to investigate effects of Stratosphere sudden warming (SSW) on MSTIDs, we have analyzed total electron content (TEC) data obtained from GPS receivers at different four longitudinal sectors (east Asia, Europe, and western and eastern America) before and after SSW that occurred on January 2009 and 2013. To obtain perturbation component of TEC, which could be caused by MSTID, we have subtracted 1-hour running average from the original TEC time series for each pair of satellites and receivers, and converted the slant to vertical TEC. We have defined MSTID activity as dI/I, where dI is the standard deviation of the perturbation component within 1 hour, and I is 1-hour average absolute vertical TEC. In this study, we applied the same method to the GPS-TEC data at mid-latitudes before and after major Stratospheric Sudden Warming (SSW) events that occurred on January 2009 and 2013. We have found that MSTID activity during daytime is high before SSW events and low after SSW events. On the other hand, the nighttime MSTID activity does not show such a difference between before and after SSW events. These results suggest difference of mechanisms generating MSTIDs between daytime and nighttime. The daytime MSTIDs could be caused by gravity waves propagating upward from below into the thermosphere. Recent simulations suggest that these gravity waves are secondary waves generated from dissipation of the primary waves in the MLT region. Miyoshi et al. (JGR, 2015) have reported that the generation of secondary gravity waves is more active when the strato-mesospheric jet is strong, and that the generation of secondary waves is inactive when the strato-mesospheric jet is attenuated or becomes westward. Consequently, low MSTID activity after January 24 could be caused by weaker generation of secondary gravity wave during weaker or westward strato-mesospheric jet. On the other hand, gravity waves propagating from below does not contribute to generation of MSTIDs during nighttime.

キーワード：GPS、伝搬性電離圏擾乱、成層圏突然昇温
Keywords: GPS, TID, Stratospheric Sudden Warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地上磁場観測に見られる津波起因電離層電流の効果：2011年東北地方太平洋沖地震の場合について

Tsunami-generated ionospheric currents inferred from geomagnetic observations at ground level: Case for the 2011 Tohoku Earthquake

*南 拓人[1]、鴨川 仁[2]、小河 勉[1]、上嶋 誠[1]、茂木 透[3]、市原 寛[4]
*Takuto Minami[1], Masashi Kamogawa[2], Tsutomu Ogawa[1], Makoto Uyeshima[1], Toru Mogi[3], Hiroshi Ichihara[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 東京学芸大学教育学部物理学科、3. 北海道大学大学院工学研究科、4. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 3. Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

It is known that large earthquakes cause atmospheric gravity/acoustic waves reaching the ionosphere and drive ionospheric dynamo currents at the altitude (e.g. Iyemori et al. 2005). Related phenomena were detected by observations of total electron content (TEC) (e.g. Tsugawa et al. 2011) and reported by numerical simulations (e.g. Kherani et al. 2013). However, the form of electric currents due to the coseismic ionospheric dynamo has never been revealed from the perspective of geomagnetic observations at ground level.

We investigated 1-min sampling magnetic data at nineteen on-land stations on the Japan Arc and at one ocean-bottom magnetometer ~200 km off the Tohoku, to reveal the form of coseismic electric currents in the ionosphere during the 2011 Tohoku earthquake (Mw 9.0). First, we subtracted the effects of non-seismic components of ionospheric and magnetospheric origins from the geomagnetic data, using magnetic transfer functions between the stations of interest along the Japan Arc and a reference site in China, Changchun. Second, we subtracted the oceanic dynamo effects due to the tsunami by a time-domain finite element simulation in the same manner as Minami et al. (2017). By rotating the coordinate system at each station to that consisting of radial and transverse axes in terms of the tsunami centre, we recognized a clear concentric propagation of a trough in the radial magnetic component with a phase velocity of ~ 1 km/sec and a trough amplitude of ~ 7 nT. This propagation happens in all the directions and the propagation velocity is almost the same as that of the slow coseismic ionospheric disturbances (CID) observed by TEC observations (e.g. Kakinami et al., 2013). The radial propagation of a trough in the radial component indicates presence of anti-clockwise electric currents in the ionosphere.

In the presentation, we report our analysis of the geomagnetic data at ground level and the inferred characteristics of the coseismic electric currents in the ionosphere. We also plan to show some results of spectral analyses of the propagation features involved in the geomagnetic data.

キーワード：津波、ダイナモ、磁場観測、2011年東北地震
Keywords: tsunami, dynamo, magnetic observations, The 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

桜島噴火の規模とGPS-TEC変動との相関
Relationship between the magnitude of Sakurajima eruptions and the disturbance of GPS-TEC

*庄子 聖人[1]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、大矢 浩代[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2]
*Kiyoto Shoji[1], Hiroyuki Nakata[1], Toshiaki Takano[1], Hiroyo Ohya[1], Takuya Tsugawa[2], Michi Nishioka[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 情報通信研究機構
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

地震や台風、火山噴火などの下層の現象に伴い、大気波動が生じ、これによって電離圏擾乱が引き起こされることが知られている。火山噴火に伴い、大気波動が生じることは知られているが，火山噴火に伴う電離圏擾乱の観測事例はそれほど多くない。そこで本研究では、火山噴火に伴う電離圏の変動について、全電子数(Total Electron Content(以下TEC))を用いて解析を行った。

本研究では、国土地理院のGNSS連続観測システム(GNSS Earth Observation Network : GEONET)より導出されたTECデータを使用した。また、電離圏貫通点は300kmと仮定した。解析に用いたデータは、GEONETの受信点1200点、衛星仰角30度以上の30秒値である。解析対象は桜島で発生した火山噴火4事例(2009年10月3日7時45分(UT)、2012年9月19日1時7分(UT)、2012年12月9日20時25分(UT)、2014年2月12日20時21分(UT))である。噴火の規模は東郡元における空振計データにより評価した。

それぞれの事例においてTEC変動を抽出したところ、空振計の圧力変動が大きいほど、TEC変動が大きい事例が多かった。エネルギーが火口からの距離応じて減衰していくため電離圏の変動が火口からの距離と逆相関関係を取ると考えられる。そのため、TEC変動と火口から貫通点までの距離との相関を求めた。その結果、4事例中1事例で距離との逆相関関係はみられたが、3事例は相関関係がはっきりしなかった。これは磁場の影響と、変動の波面と衛星ー受信機の視線方向が直角でない2つの影響によるものであると考えられる。これらの影響を取り除くために音波レイトレーシングのデータを算出し補正行った。

補正したデータに対し、補正前のデータと同様にTEC変動と火口から貫通点までの距離との相関を求めたところ、4事例中3事例で補正前と比べTEC変動と火口からの距離との間に強い逆相関関係が確認された。

しかし、補正したデータにおいて全体の傾向と比べ高い値を示したデータがいくつかみられた。これらのデータはTEC変動に対する磁場の影響を取り除くための補正が他のデータと比べ大きくかかっている傾向がみられたため、補正が効きすぎているのではないかと考えられる。

以上の結果より、火山噴火の規模とTEC変動の間には定量的な関係があると考えられるが、多くの場合は磁場と視線方向の影響を補正する必要があることが明らかとなった。

キーワード：電離圏、火山噴火、全電子数
Keywords: ionosphere, volcanic eruptions, Total Electron Content

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地デジ放送波を用いた水蒸気量推定手法の研究開発 -マイクロ波放射計との同時観測-

Water vapor estimation using digital terrestriall broadcasting waves - Simultaneous observation with microwave radiometer -

*花土 弘[1]、川村 誠治[1]、岩井 宏徳[1]、佐藤 晋介[1]、中川 勝広[1]、田尻 拓也[2]、折笠 成宏[2]、小司 禎教[2]、荒木 健太郎[2]、瀬古 弘[2]
*Hiroshi HANADO[1], Seiji Kawamura[1], Hironori Iwai[1], Shinsuke Satoh[1], Katsuhiro Nakagawa[1], Takuya Tajiri[2], Narihiro Orikasa[2], Yoshinori Shoji[2], Kentaro Araki[2], Hiromu Seko[2]

1. 国立研究開発法人　情報通信研究機構、2. 気象庁気象研究所
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Meteorological Research Institute

はじめに NICTでは、水蒸気を広範囲で効率的に観測できる手法の開発を行っている。水蒸気は、気象現象の予測において、風速・温度と並んで重要な量であるが、気体状態の水でレーダでは観測できず、広範囲で観測可能となる方法が限られている。現在、気象数値モデルで水蒸気データとして利用されているGPS/GNSS可降水量観測は、衛星からのLバンドの電波の遅延量を利用しているが、地デジ放送波(UHF帯)で同様の測定が可能であることを実証した[1]。その手法は地デジ放送波に含まれている基準信号から遅延プロファイルを復号し、送信局から直接伝わる波（直達波）と周囲の反射体から反射され伝わる波（反射波）を時間的に分離、それらの位相差を使うことで、放送局・受信点での基準信号の位相雑音の影響をキャンセルし、UHF帯の電波の伝搬遅延をピコ秒レベルの精度で測定する。 マイクロ放射計との同時観測について 2017年2月に気象研究所屋上にマイクロ波放射計と地デジ放送波受信装置を設置し、長期観測を継続中である。マイクロ波放射計は測定点の上空の鉛直方向に積算された水蒸気量の観測が可能な測器である。それに対し、地デジ放送波による水蒸気量推定では、地表付近の高度の水蒸気量を水平方向に積算された形での水蒸気量の観測であり、観測体積が異なるため、両者を組み合わせることで相補的な水蒸気量推定の可能性が期待される。時間分解能の点では、マイクロ波放射計ではアンテナビームを複数方向に向けて、それらの熱雑音の受信電力データから推定することから、それほど高くないが、地デジ受信での推定では、1秒間に約50程度のサンプルが測定されており、かなり高い時間分解能を有している点が異なる。本発表では約１年半に渡るマイクロ波放射計と地デジ放送波により観測された水蒸気量の変動を比較し、両者の測定装置としての特性の違いに着目して解析結果を紹介する。

キーワード：水蒸気、地デジ、伝搬遅延
Keywords: water vapor, digital terrestrial broadcasting wave, propagation delay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

コンビーナ:坪内 健(電気通信大学)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、岩井 一正(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)、座長:成行 泰裕、岩井 一正

太陽活動に起因して、太陽圏で生起する様々なプラズマおよび高エネルギー粒子現象や、地球環境への影響についての理解を深めるため、太陽面現象、太陽風、惑星間空間プラズマ・磁場構造、宇宙線、太陽活動と地球環境の関連等についての研究発表を行う。

13:45 ~ 14:00

[PEM18-01] 太陽風磁気ロープ構造解析の問題点：フォースフリーモデル対GS法

*丸橋 克英[1]、久保 勇樹[1]、西村 信彦[2]、徳丸 宗利[2]、Nada Al-Haddad[3] (1.情報通信研究機構、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.アメリカカソリック大学)

14:00 ~ 14:15

[PEM18-02] Validation of estimated interplanetary flux rope axial direction using internal plasma motions: benchmark test

*西村 信彦[1]、徳丸 宗利[1]、丸橋 克英[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.情報通信研究機構)

14:15 ~ 14:30

[PEM18-03] 惑星間空間シンチレーション観測の天空投影図中のCMEの位置に対する視線積分の効果

*徳丸 宗利[1]、藤木 謙一[1]、岩井 一正[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[PEM18-04] 複数衛星解析による地球bow shockにおけるホイッスラーモード波動の波束の空間構造の推定

*梅垣 千賀[1]、天野 孝伸[1]、北村 成寿[1] (1.東京大学)

14:45 ~ 15:00

[PEM18-05] 統計的衝撃波ドリフト加速理論の観測的検証

*天野 孝伸[1]、加藤 拓馬[1]、北村 成寿[1]、岡 光夫[2]、松本 洋介[3]、星野 真弘[1] (1.東京大学 理学系研究科、2.Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley、3.千葉大学 理学研究科)

15:00 ~ 15:15

[PEM18-06] 太陽圏境界領域の動径方向構造

*松清 修一[1]、Gary Zank[2]、鷲見 治一[3]、羽田 亨[1] (1.九州大学大学院総合理工学研究院、2.The Center for Space Plasma and Aeronomic Research, University of Alabama in Huntsville、3.九州大学宇宙天気科学・教育センター)

太陽風磁気ロープ構造解析の問題点：フォースフリーモデル対GS法
Problems in determining structures of interplanetary magnetic flux ropes

*丸橋 克英[1]、久保 勇樹[1]、西村 信彦[2]、徳丸 宗利[2]、Nada Al-Haddad[3]
*Katsuhide Marubashi[1], Yuki Kubo[1], Nobuhiko Nishimura[2], Munetoshi Tokumaru[2], Nada Al-Haddad[3]

1. 情報通信研究機構、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. アメリカカソリック大学
1. National Institute of Information and Communications Technology , 2. ISEE, Nagoya University, 3. IACS, Catholic University of America

太陽風磁気ロープ（IFR）はコロナガス噴出（CME）にともなって太陽コロナから惑星間空間に放出され、特徴的な構造をもっている。その磁場構造はCME発生機構を考えるうえで重要な手がかりを与える研究課題である。また、IFRは強い南向き磁場をもち、Dstが-100 nTを超えるような磁気嵐の駆動源としても広く関心がもたれている。いずれの面からもIFRの3次元形状と内部磁場構造を決めることが研究の第一歩である。太陽風磁場の観測からこの問題にとりくむには、IFRのモデルを仮定して観測と比較する手法が必要になる。これまでの研究で広く使われている代表的な方法として次の２つがあげられる。（１）IFRにforce-freeの磁場構造をあてはめる解析と（２）Grad-Shafranov（GS）方程式から磁場構造を構築する解析である。Al-Haddad et al. (Solar Phys. 2018) は13例のIFRについて検討し、２つの方法から得られるIFRの形状・内部構造には完全な一致が見られないことを示した。そこでは、「イベント毎に各モデルの適合性が異なるのであろう。」という不確かな結論が述べられている。

本研究はAl-Haddad et al.の研究を一歩進めようとする試みである。まず、２つの方法について制限条件を考えると、現在のGS法では磁場構造の２次元性とこの完全な対称性を仮定する。この条件から２次元構造（基本的には円筒型）の軸を決定し、GS方程式を数値的に解くことによりIFRの内部磁場構造を求めることができる。これに対してforce-freeモデルでは、内部構造を仮定し、これを横切ることにより観測されるはずの磁場変化がIFR磁場の観測を再現するように軸を決定する。もしIFRの磁場構造がforce-free型であるならば、２つの方法で得られた磁場構造は一致するはずである。実際はGS法ではプラズマ圧を考慮に入れているので、磁場構造は厳密にはforce-freeからずれる。このずれの程度をイベント毎に算定すれば、モデルの適合性検討の材料になるはずである。このような考えに基づいて、２つの方法によるIFRの軸がどれだけ異なるかを調べ始めたが、実状はそんなに簡単ではない。今のところ、太陽風磁場変化からIFRとして選ぶ時間間隔の不確かさが一番の問題である。発表では、いろいろな時間間隔について解析結果を比較する。特にGS法では対称性の条件から、IFRの時間間隔を不自然に選ばなければならない場合があることを指摘したい。

キーワード：太陽風磁気ロープ、フォースフリーモデル、グラッド・シャフラノフ方程式
Keywords: interplanetary flux rope, force-free model, Grad-Shafranov equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Validation of estimated interplanetary flux rope axial direction using internal plasma motions: benchmark test

*西村 信彦[1]、徳丸 宗利[1]、丸橋 克英[2]
*Nobuhiko Nishimura[1], Munetoshi Tokumaru[1], Katsuhide Marubashi[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 情報通信研究機構
1. Institute for Space Earth Environmental Research, 2. National Institute of Information and Communications Technology

Interplanetary flux rope (IFR) is a structure with helical magnetic field lines wrapping around a central axis to form a flux rope structure. Accurate estimation of this structure is important for improving the space weather forecasting and understanding the evolution of IFR. Local structures of IFRs have been investigated by many model fittings and reconstruction method. However, the outputs of these model fittings and reconstruction method are often different. The chirality and magnetic flux of corresponding flux rope at the Sun are often compared with those of IFR to check the validity of estimation of IFR properties, but it is questionable whether this consistency check guarantees the validity of IFR axis direction which is one of the important properties of IFR. In this study, we propose a method that validates IFR axial direction based on plasma motion. It is known that the radius of IFRs often expand or sometimes contract during the passage of IFR through a spacecraft and if the expansion or contraction exist, the direction of plasma motion in IFR may be perpendicular to IFR axis in the frame comoving with the IFR. This suggests that plasma velocity in IFR reflects the axial direction of IFR. We test the method for a well-investigated IFR event on May 21-22, 2007. The magnetic field structure of this event has already been investigated by Liu et al. (2008) using multi-spacecraft measurements at STEREO-B, ACE, Wind, and STEREO-A and other researches (e.g. Kilpua et al. 2009) which report similar axial directions to that of Liu et al. (2008). Herein, We consider that the axial direction determined by them is correct since Liu et al. (2008) found that output from reconstruction at STEREO-B agrees fairly well with the observations at ACE and Wind. We fit the cylindrical and toroidal IFR models (Marubashi et al. 2007) to this event and then apply our validation method proposed in this study to the outputs from the fittings. We checked whether the outputs with the correct axial direction are judged to be valid and vice versa. We find that the fitting result with correct axial direction is judged valid. However, our validation method also judged some fitting results with wrong axial direction to be valid. We need to improve our validation method to make it work well.

キーワード：惑星間空間フラックスロープ、惑星間空間、宇宙天気
Keywords: interplanetary flux rope, interplanetary space, space weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星間空間シンチレーション観測の天空投影図中のCMEの位置に対する視線積分の効果

Effect of line-of-sight integration on locations of coronal mass ejection in the sky projection map of interplanetary scintillation observations

*徳丸 宗利[1]、藤木 謙一[1]、岩井 一正[1]
*Munetoshi Tokumaru[1], Ken'ichi Fujiki[1], Kazumasa Iwai[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

The g-value derived from interplanetary scintillation (IPS) observations abruptly enhances when a high density (i.e. shocked) plasma associated with a coronal mass ejection (CME) intersects the line-of-sight (LOS). The plane-of-sky location of the line-of-sight, which shows the g-value enhancement, provide information of the radial distance of the CME-driven shock, and enables determination of the shock transit speed in the solar wind between the Sun and the Earth. It should be noted here that IPS measurements include an effect of the LOS integration, and the plane-of-sky location of g-value enhancements is affected significantly by this effect for some cases. The most significant bias is expected for an Earth-directed event. In this study, we investigated the dependence of the LOS integration effect on the radial distance, the angular width, and the non-uniform expansion for an Earth-directed CME. We made calculations of the sky projection map of g-value using the CME model (Tokumaru et al., 2003). As the result, we found that the plane-of-sky location of g-value enhancements tends to underestimate the actual distance of CME, and that this tendency is distinct in the region near the Sun, being less as the CME moves further from the Sun. This means that apparent acceleration is observed for an Earth directed CME propagating with a constant speed. The degree of this tendency is significant for a case with a small angular extent of CME and also for a case with the non-uniform expansion. Such apparent acceleration of CME near the Sun has seldom reported from IPS measurements for Earth-directed CMEs. This fact may suggest that the CME detected by IPS has a sufficiently large angular width, and hence that the acceleration effect is counterbalanced or overwhelmed by intrinsic deceleration of CME during propagation.

キーワード：惑星間空間シンチレーション、太陽風、コロナ質量噴出、宇宙天気
Keywords: interplanetary scintillation, solar wind, coronal mass ejection, space weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

複数衛星解析による地球bow shockにおけるホイッスラーモード波動の波束の空間構造の推定

Estimation of spatial structure of whistler mode wave packets in Earth’s bow shock by multiple spacecraft analysis

*梅垣 千賀[1]、天野 孝伸[1]、北村 成寿[1]
*Chika Umegaki[1], Takanobu Amano[1], Naritoshi Kitamura[1]

1. 東京大学
1. The university of tokyo

宇宙空間に普遍的に存在する非熱的な荷電粒子の生成メカニズムについては、未だ明らかになっていない部分が多い．そのメカニズムの有力な候補の1つとして衝撃波近傍で発生するフェルミ加速が挙げられる．フェルミ加速では非熱的粒子を衝撃波近傍に閉じ込める必要があり、そのためには波動粒子相互作用によるピッチ角散乱が重要となる．電子の場合、ピッチ角散乱に大きな役割を果たすと考えられている波動にホイッスラーモード波動がある．ホイッスラーモード波動は背景磁場に対し右円偏波する電磁波動であり、電子と向かい合って相互作用し、サイクロトロン共鳴を起こすことで電子の散乱に寄与していると考えられている．実際に、衝撃波の近傍で磁場に対し平行伝播するコヒーレントなホイッスラーモード波動は多く見つかっており(Hull et al., 2012)、ホイッスラーモード波動と電子が相互作用する様子も観測されている(Oka et al., 2017)．しかし、衝撃波における電子加速の観測例は少なく、実際の衝撃波近傍における電子の散乱効率とホイッスラーモード波動の関係性は明らかではない．特に衝撃波遷移層で観測されるコヒーレントなホイッスラーモード波動については標準的な準線形理論の適用可能性は議論されていない．ホイッスラーモード波動はコヒーレントな波束を伴って観測されることが分かっており、その波束の時空間スケールの同定が散乱効率の決定のためには不可欠である．

本研究では衝撃波遷移層で観測されるホイッスラーモード波動の波束の空間スケールを推定することを目的とする．例えば波束の磁場に対し垂直な方向の空間スケールを見積もることができれば、共鳴散乱される電子のジャイロ半径はそれより十分小さくなければならないため、散乱される電子のエネルギーに制限をつけることが可能となる．このためには複数衛星による同時観測が必要である．本研究では高周波(~ 100 Hz)の電磁的波動についてNASAのMMS(Magnetospheric MultiScale)衛星を用いた複数衛星観測による解析を行った．

本研究では特に2015年10月7日11時44分 (イベント1)、および2016年12月6日10時29分 (イベント2)のバウショック観測データを解析した結果を報告する．衛星間距離はイベント1の期間で20 km、イベント2の期間で7 kmであり、両者の比較によって波束の時空間スケールの推定が可能である．最初にホイッスラーモード波動の存在を確認するために、磁場のパワースペクトルが増大する周波数帯として、イベント1では100-250 Hz(fce>1 kHz)、イベント2では50-150 Hz(fce=300 Hz)の波動にバンドパスフィルタをかけた．ここで短い時間スケール(50-100 ms)で散発的に現れるホイッスラーモード波動の波束が確認された．これらの波束についてMVA(Minimum Variance Analysis)を用いて波の伝播方向を定めた．ただしポインティングベクトルを考慮することにより伝播方向を一意に決定した．また、電場と磁場の大きさの比からファラデーの法則を用いて波長を計算した．これより、各期間で観測されたホイッスラーモード波動の波長は10 km程度であり、イベント1の期間は衛星間距離が波の波長より大きく、イベント2の期間は衛星間距離が波長よりも小さいことが分かった．同様の解析を各衛星で行った結果、イベント1では衛星間で波束の対応がほぼとれなかった．一方でイベント2では波束の対応がとれる場合ととれない場合があることが確認できた．このことから、ホイッスラーモード波動の波束の空間スケールは数km程度であると推察できる．本発表では、各衛星で観測された波束の比較から、波束の磁場に対し垂直および平行な方向の空間スケールを見積もった結果を報告する．

キーワード：ホイッスラー波、MMS衛星

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: whistler wave, MMS spacecraft

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

統計的衝撃波ドリフト加速理論の観測的検証
Experimental Test for Stochastic Shock Drift Acceleration Theory

*天野 孝伸[1]、加藤 拓馬[1]、北村 成寿[1]、岡 光夫[2]、松本 洋介[3]、星野 真弘[1]
*Takanobu Amano[1], Takuma Katou[1], Naritoshi Kitamura[1], Mitsuo Oka[2], Yosuke Matsumoto[3], Masahiro Hoshino[1]

1. 東京大学 理学系研究科、2. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley、3. 千葉大学 理学研究科
1. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, 2. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, 3. Department of Physics, Chiba University

High-energy charged particles are ubiquitous in space. They have energies orders of magnitude higher than the thermal energy and often exhibit a power-law distribution in a wide energy range. The collisionless shock is one of the leading mechanisms that may produce such high-energy non-thermal particles. Indeed, radio, X-ray, and gamma-ray observations strongly suggest that shock waves associated with supernova remnants, pulsar winds, relativistic jets in active galactic nuclei and gamma-ray burst are accelerating relativistic electrons. On the other hand, in-situ observations in the heliosphere (at planetary bow shocks, or interplanetary shocks driven by coronal mass ejections) have shown that the acceleration of electrons is, in general, weak or even absent in many of the shock crossings.

We have recently proposed a theory for electron acceleration at shocks that may resolve the observational controversy. The theory referred to as stochastic shock drift acceleration (SSDA) assumes stochastic pitch-angle scattering during electrons are interacting with a collisionless shock. The energy gain comes from the gradient-B drift (due to the magnetic field compression in the shock transition layer) in the direction anti-parallel to the convection electric field and is not associated with the assumed scattering. The scattering is, however, essential to confine the accelerated electrons in the shock transition layer for a long time, because, otherwise they would quickly escape from the system. In other words, the theory assumes that the electron transport obeys the diffusion-convection equation with an energy gain term determined only by the magnetic field gradient. It successfully explains the formation of a power-law energy spectrum, with a maximum energy cut-off determined by the rate of pitch-angle scattering. We here present the result of an experimental test using NASA's MMS (Magnetospheric MultiScale) spacecraft observation of an Earth's bow shock crossing event on December 9, 2016.

In particular, we have checked the following points that are predicted by the theory: (1) exponential increase in energetic particle intensity toward downstream within the shock transition layer, (2) nearly isotropic pitch-angle distribution. We find that both are reasonably satisfied in a thin layer (~7 sec. or ~350 km assuming a shock propagation speed of ~50 km/s) within the shock transition region. The result is then used to estimate the rate of pitch-angle scattering as a function of energy. We find that the pitch-angle scattering rate increases as increasing the particle energy from just above the thermal energy up to a few keV, beyond which it saturates to a nearly constant value. We find that the observed maximum energy cut-off (~30 keV) in the electron energy spectrum is consistent with that predicted by the theory based on the observed pitch-angle scattering rate. All of these results strongly indicate that the observed non-thermal electrons are accelerated by the SSDA.

キーワード：衝撃波、粒子加速、非熱的粒子
Keywords: shock, particle acceleration, non-thermal particle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽圏境界領域の動径方向構造
Radial structure of heliospheric boundary region

*松清 修一[1]、Gary Zank[2]、鷲見 治一[3]、羽田 亨[1]
*Shuichi Matsukiyo[1], Gary P. Zank[2], Haruichi Washimi[3], Tohru Hada[1]

1. 九州大学大学院総合理工学研究院、2. The Center for Space Plasma and Aeronomic Research, University of Alabama in Huntsville、3. 九州大学宇宙天気科学・教育センター
1. Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University, 2. The Center for Space Plasma and Aeronomic Research, University of Alabama in Huntsville, 3. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University

The kinetic structure of the heliospheric boundaries is investigated using one-dimensional full PIC (Particle-In-Cell) simulations. Both the termination shock and the heliopause are simultaneously reproduced in the simulation. The spatial scale of the heliopause increases as the angle between the heliopause normal and local magnetic field (referred to as the normal angle, hereafter) becomes increasingly oblique. The VLISM region, out side the heliopause, contains compressible flucturations in both magnetic field and plasma density. The fluctuations are originated from the inner heliosheath, the region between the termination shock and the heliopause, pass the heliopause, and propagate away from it. The total pressure, including the plasma pressure and magnetic pressure, at the heliopause is not constant when the normal angle is oblique in contrast to predictions based on MHD theory. In the oblique case, the solar wind plasma and interstellar plasma are able to inter-penetrate by moving along the local magnetic field. Since their bulk velocities along the magnetic field differ from each other, the distributions overlap in phase space so that the effective local plasma pressure parallel to the magnetic field is enhanced. This results in an increase that resembles a hump in the density and parallel pressure of the local plasma, which is not seen in magnetic field.

キーワード：太陽圏境界、フル粒子シミュレーション
Keywords: heliospheric boundaries, full particle-in-cell simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

コンビーナ:坪内 健(電気通信大学)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、岩井 一正(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

太陽活動に起因して、太陽圏で生起する様々なプラズマおよび高エネルギー粒子現象や、地球環境への影響についての理解を深めるため、太陽面現象、太陽風、惑星間空間プラズマ・磁場構造、宇宙線、太陽活動と地球環境の関連等についての研究発表を行う。

[PEM18-P01] チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺における彗星起源イオンの加速過程に対する電場の寄与について

*山岸 和樹[1]、加藤 雄人[1]、木村 智樹[1]、熊本 篤志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[PEM18-P02] 月ウェイク境界における太陽風エネルギーの電磁エネルギーへの変換について

*中川 朋子[1]、綱川 秀夫[2]、斎藤 義文[3] (1.東北工業大学工学部情報通信工学科、2.東京工業大学理学院地球惑星科学系、3.宇宙科学研究所)

[PEM18-P03] 準垂直衝撃波における電子加速の１次元PICシミュレーション

*大塚 史子[1]、松清 修一[2]、岡 光夫[3] (1.久留米高専、2.九大総理工、3.UCバークレー)

[PEM18-P04] 4期にわたる「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布光学観測

*山崎 敦[1]、村上 豪[1]、吉岡 和夫[2]、木村 智樹[3]、土屋 史紀[4]、鍵谷 将人[4]、坂野井 健[4]、寺田 直樹[5]、笠羽 康正[4]、吉川 一朗[6]、ひさき（SPRINT-A） プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.東北大学、4.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科、6.東京大学)

[PEM18-P05] Structural variations in the pickup ion density associated with magnetic reconnection at the heliopause

*坪内 健[1] (1.電気通信大学)

チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺における彗星起源イオンの加速過程に対する電場の寄与について

Study of the contribution of electric field to the acceleration of cometary ions around comet 67P/Churyumov-Gerasimenko

*山岸 和樹[1]、加藤 雄人[1]、木村 智樹[1]、熊本 篤志[1]
*Kazuki Yamagishi[1], Yuto Katoh[1], Tomoki Kimura[1], Atsushi Kumamoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

彗星は水を主成分とする、数キロから数十キロメートルほどの小さな天体である。彗星表層から昇華により放出される水分子の一部は、電子衝突電離や光電離を経てイオンとして宇宙空間に拡散していく。彗星周辺におけるイオンの運動にかかわる物理を理解することは、天体から宇宙空間への分子供給過程やその規模の考察に繋がり、彗星による他天体への物質輸送や、小天体における大気流出過程の理解にも繋がると考えられる。

ESA（欧州宇宙機関）が2004年に打ち上げた探査機ロゼッタは、2014年8月から2016年9月までの約2年間に渡り、チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺でのその場観測を実施した。ロゼッタの観測結果に基づいた過去の研究では、彗星起源のイオンが彗星核から離れるに従って動径方向に加速されていることが示された（Behar et al., 2018）。彗星周辺ではambipolar電場、motional電場、Hall電場の3成分の電場が存在しうるとされ、Behar et al. (2018)では彗星核近傍における彗星起源イオンの加速には、電子の圧力勾配に起因するambipolar電場が特に寄与していることが示唆された。彗星周辺の電場による拡散や加速は彗星起源イオンの運動を理解するために重要な過程であるが、定量的な検討が課題として残されている。本研究は彗星起源イオンの加速に対する電場の寄与を定量的に評価することを目的とする。彗星周辺の電場を推定し、彗星起源イオンの加速過程と空間分布を見積もって、ロゼッタの観測結果と比較し考察する。

本研究ではまず、彗星核から1000 kmまでの領域における電場の大きさを評価した。電場としてはambipolar電場のみを考慮し、彗星核周辺における電子の圧力分布から電場の空間分布を求めた。電子の圧力分布については、彗星ガスの放出率と電離率を観測結果に基づいて決定して数密度の分布を与え、電子温度を5 eVと仮定して求めた。次に、電場中での彗星起源イオンの速度発展をテスト粒子解析により計算した。その結果、初速度0.7 km/sの彗星起源イオンは核から1000 kmの地点までに22.6 km/sまで加速されることが示された。一方で、ロゼッタの観測結果より、彗星核から600〜1000 kmの位置において彗星を起源とするH_2O^+イオンは40〜80 km/sにまで加速されていることが明らかとなっており、ambipolar電場による加速のみでは実際の速度発展を説明するには不十分である可能性が示唆された。本研究ではさらに、motional電場を考慮した場合のイオンの速度発展について考察し、彗星周辺におけるイオンの運動と加速における電場の寄与について議論する。

キーワード：彗星、電場、イオン加速、太陽風小天体相互作用
Keywords: comet, electric field, ion acceleration, interaction of solar wind with small objects

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月ウェイク境界における太陽風エネルギーの電磁エネルギーへの変換について
Energy conversion process at the lunar wake boundary

*中川 朋子[1]、綱川 秀夫[2]、斎藤 義文[3]
*Tomoko Nakagawa[1], Hideo Tsunakawa[2], Yoshifumi Saito[3]

1. 東北工業大学工学部情報通信工学科、2. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、3. 宇宙科学研究所
1. Information and Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology , 3. JAXA,ISAS

太陽風にさらされた月面が太陽風粒子を吸収することにより、月の下流側にはウェイクと呼ばれる低密度領域ができる。ウェイク境界では、太陽風磁場を横切る方向にはおよそ400kmの厚さの密度勾配層ができ、距離40kmでプラズマ密度が約半分になることがかぐや衛星の観測によって示されている。この境界層で電子の圧力もおよそ２桁落ちる。この圧力勾配によってプロトンがウェイク中心に向かって加速される形となり、渦度が生じる。この渦と回転方向の揃った0.01-0.3Hzの磁場変動も観測されている。磁場が太陽風の流れに垂直な時（たとえば北向き磁場）圧力勾配による速度成分（Vy)により、VxB電場が生じ、渦の動径方向に粒子を加速・減速して渦の中心に電荷を生じるため、それを解消するような沿磁力線電流が生じている。沿磁力線電流は電子によって担われており、北向き磁場中では朝側で磁力線に沿ってウェイク中心から離れる電流（北半球で北向き、南半球で南向き）、夕方側ではウェイク中心に向かう電流（北半球で南向き、南半球で北向き）となっている。

この電流のエネルギー源は元々太陽風の運動エネルギーであるが、太陽風を流体として考えた場合、流体がされる仕事はウェイク境界の渦の動径方向の速度v_perpと渦の動径方向の電流Ｊによる力JxBの内積（負）であり、これが電磁エネルギーに変換され、さらに沿磁力線電流に変換されることになる。渦の動径方向の電流Ｊは、ウェイク境界におけるイオンと電子の侵入の違いによって生じている。

キーワード：ウェイク、太陽風、渦
Keywords: lunar wake, solar wind, vortex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

準垂直衝撃波における電子加速の 1 次元PICシミュレーション
Electron acceleration at quasi-perpendicular collisionless shock: One-dimensional PIC simulation

*大塚 史子[1]、松清 修一[2]、岡 光夫[3]
*Fumiko Otsuka[1], Shuichi Matsukiyo[2], Mitsuo Oka[3]

1. 久留米高専、2. 九大総理工、3. UCバークレー
1. NIT, Kurume College, 2. ESST, Kyushu Univ., 3. UC Berkeley

無衝突衝撃波では粒子が効率よく加速されることが知られている。特に、地球バウショックでは、非熱的電子が人工衛星によって直接観測されている。しかし、その加速機構の詳細は明らかになっていない。2015年に打ち上げられたMagnetospheric Multiscale (MMS)衛星では、電子スケールの波動や高精度の粒子分布関数の観測が可能となり、電子加速機構を解明する好機である。本研究では、MMS衛星観測データと直接比較することを念頭に、準垂直衝撃波の1次元PICシミュレーションを行い、電子加速過程を議論する。

準垂直衝撃波では、太陽風電子の一部が磁気ミラーの効果によって、衝撃波面で反射され、衝撃波上流へ逆走する。この反射電子が種となり、高エネルギー電子が生成される可能性がある。すでに、MMS衛星観測では、太陽風成分より高いエネルギー帯の電子フラックスが増大するイベントを確認しており、電子加速の兆候を示している。この電子バーストを再現するために、マッハ数=7、上流ベータ値(プラズマ圧と磁気圧の比)=0.3-3, 衝撃波角（法線方向に対する磁場のなす角度=70-80度とした計算を数通り実行する。また本研究では、可能な限り現実に近い質量比=625を用いる。反射電子のエネルギー分布やピッチ角分布、上流波動のスペクトル分布を評価し、それらの時間・空間発展や関連性を議論する。また、被加速電子の軌道を逆追跡し、加速に至る過程の詳細に明らかにする。

キーワード：電子加速、準垂直衝撃波、PICシミュレーション
Keywords: electron acceleration, quasi-perpendicular shock, PIC simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4期にわたる「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布光学観測
4-season's optical observation of neutral helium distribution in interplanetary space by Hisaki

*山崎 敦[1]、村上 豪[1]、吉岡 和夫[2]、木村 智樹[3]、土屋 史紀[4]、鍵谷 将人[4]、坂野井 健[4]、寺田 直樹[5]、笠羽 康正[4]、吉川 一朗[6]、ひさき（SPRINT-A） プロジェクトチーム
*Atsushi Yamazaki[1], Go Murakami[1], Kazuo Yoshioka[2], Tomoki Kimura[3], Fuminori Tsuchiya[4], Masato Kagitani[4], Takeshi Sakanoi[4], Naoki Terada[5], Yasumasa Kasaba[4], Ichiro Yoshikawa[6], Hisaki (SPRINT-A) Project team

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 東北大学、4. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、5. 東北大学大学院理学研究科、6. 東京大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science , 2. The University of Tokyo, Graduate School of Frontier Sciences, 3. Tohoku University, 4. Tohoku University, Planetary Plasma and Atmospheric Research Center , 5. Tohoku University, Graduate School of Sciense, 6. The University of Tokyo

「ひさき (SPRINT-A)」衛星の主目的は長期間にわろる継続した惑星観測であるが、
オプション観測して惑星間空間に分布するヘリウム原子からの共鳴散乱光観測を実施している。
星間ガスが、太陽圏との相対速度により星間風となり、ヘリオポーズを超えて惑星間空間に侵入している。
星間ガスの主成分は水素ガスとヘリウムガスであり、
イオン化エネルギーの高いヘリウム原子はイオン化することなく太陽近傍にまで侵入することができる。
侵入軌道は太陽重力と太陽光放射圧によって決まるが、ヘリウム原子の軌道は放射圧にはほとんど依存しないケプラー運動となり、
太陽の星間風の風下側に密度の濃い領域を形成する。これをヘリウムコーンと呼ぶ。
ヘリウムコーンのヘリウム分布は、星間風の速さと方向、星間空間ヘリウム原子の密度と温度によって決定づけられる。
1970年代から実施されている歴史の長い研究であるが、
惑星間空間に滞在しながら星間ガスのパラメータ推定が可能であり、貴重な観測方法である。
「ひさき」衛星はヘリウムコーンを通過する11月から12月に合わせて惑星間空間ヘリウム原子の共鳴散乱光観測を実施した。
今回は2015～2018年の4期に渡り観測した結果から、星間ガスのパラメータ推定の結果を報告する。

キーワード：極端紫外分光観測、星間風・星間ガス、惑星間空間中性ヘリウム、ひさき衛星
Keywords: EUV spectral observation, Interstellar wind and gas, Interplanetary neutral helium, HISAKI stellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural variations in the pickup ion density associated with magnetic reconnection at the heliopause

*坪内 健[1]
*Ken Tsubouchi[1]

1. 電気通信大学
1. University of Electro-Communications

Pickup ions (PUIs) can be the probe for the physical processes occurring around the heliopause in the form of energetic neutral atoms (ENAs) after their charge-exchange with interstellar neutral particles. In this study, we focus on the nonstationarity of the heliopause, where the directional change in the magnetic field is approaching. This situation triggers the magnetic reconnection at the heliopause, resulting in the mixing of particles between the heliosphere and interstellar space. We have performed two-dimensional hybrid simulations to follow the PUI kinetics. It is confirmed that PUI in the outer heliosheath are gathered into the reconnection site accompanied with the coalescence of magnetic islands. We calculate the column density integrated across the heliopause, which will be associated with the ENA observations by IBEX. The properties of its spatial and temporal variations are compared with those from the case of Kelvin-Helmholtz instabilities along the heliopause. It will be useful for the identification of the heliopause environment by extracting these properties from the observational data.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

コンビーナ:坪内 健(電気通信大学)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、岩井 一正(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

太陽活動に起因して、太陽圏で生起する様々なプラズマおよび高エネルギー粒子現象や、地球環境への影響についての理解を深めるため、太陽面現象、太陽風、惑星間空間プラズマ・磁場構造、宇宙線、太陽活動と地球環境の関連等についての研究発表を行う。

[PEM18-P01] チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺における彗星起源イオンの加速過程に対する電場の寄与について

*山岸 和樹[1]、加藤 雄人[1]、木村 智樹[1]、熊本 篤志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[PEM18-P02] 月ウェイク境界における太陽風エネルギーの電磁エネルギーへの変換について

*中川 朋子[1]、綱川 秀夫[2]、斎藤 義文[3] (1.東北工業大学工学部情報通信工学科、2.東京工業大学理学院地球惑星科学系、3.宇宙科学研究所)

[PEM18-P03] 準垂直衝撃波における電子加速の１次元PICシミュレーション

*大塚 史子[1]、松清 修一[2]、岡 光夫[3] (1.久留米高専、2.九大総理工、3.UCバークレー)

[PEM18-P04] 4期にわたる「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布光学観測

*山崎 敦[1]、村上 豪[1]、吉岡 和夫[2]、木村 智樹[3]、土屋 史紀[4]、鍵谷 将人[4]、坂野井 健[4]、寺田 直樹[5]、笠羽 康正[4]、吉川 一朗[6]、ひさき（SPRINT-A） プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.東北大学、4.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院理学研究科、6.東京大学)

[PEM18-P05] Structural variations in the pickup ion density associated with magnetic reconnection at the heliopause

*坪内 健[1] (1.電気通信大学)

チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺における彗星起源イオンの加速過程に対する電場の寄与について

Study of the contribution of electric field to the acceleration of cometary ions around comet 67P/Churyumov-Gerasimenko

*山岸 和樹[1]、加藤 雄人[1]、木村 智樹[1]、熊本 篤志[1]
*Kazuki Yamagishi[1], Yuto Katoh[1], Tomoki Kimura[1], Atsushi Kumamoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

彗星は水を主成分とする、数キロから数十キロメートルほどの小さな天体である。彗星表層から昇華により放出される水分子の一部は、電子衝突電離や光電離を経てイオンとして宇宙空間に拡散していく。彗星周辺におけるイオンの運動にかかわる物理を理解することは、天体から宇宙空間への分子供給過程やその規模の考察に繋がり、彗星による他天体への物質輸送や、小天体における大気流出過程の理解にも繋がると考えられる。

ESA（欧州宇宙機関）が2004年に打ち上げた探査機ロゼッタは、2014年8月から2016年9月までの約2年間に渡り、チュリュモフ・ゲラシメンコ彗星周辺でのその場観測を実施した。ロゼッタの観測結果に基づいた過去の研究では、彗星起源のイオンが彗星核から離れるに従って動径方向に加速されていることが示された（Behar et al., 2018）。彗星周辺ではambipolar電場、motional電場、Hall電場の3成分の電場が存在しうるとされ、Behar et al. (2018)では彗星核近傍における彗星起源イオンの加速には、電子の圧力勾配に起因するambipolar電場が特に寄与していることが示唆された。彗星周辺の電場による拡散や加速は彗星起源イオンの運動を理解するために重要な過程であるが、定量的な検討が課題として残されている。本研究は彗星起源イオンの加速に対する電場の寄与を定量的に評価することを目的とする。彗星周辺の電場を推定し、彗星起源イオンの加速過程と空間分布を見積もって、ロゼッタの観測結果と比較し考察する。

本研究ではまず、彗星核から1000 kmまでの領域における電場の大きさを評価した。電場としてはambipolar電場のみを考慮し、彗星核周辺における電子の圧力分布から電場の空間分布を求めた。電子の圧力分布については、彗星ガスの放出率と電離率を観測結果に基づいて決定して数密度の分布を与え、電子温度を5 eVと仮定して求めた。次に、電場中での彗星起源イオンの速度発展をテスト粒子解析により計算した。その結果、初速度0.7 km/sの彗星起源イオンは核から1000 kmの地点までに22.6 km/sまで加速されることが示された。一方で、ロゼッタの観測結果より、彗星核から600〜1000 kmの位置において彗星を起源とするH_2O^+イオンは40〜80 km/sにまで加速されていることが明らかとなっており、ambipolar電場による加速のみでは実際の速度発展を説明するには不十分である可能性が示唆された。本研究ではさらに、motional電場を考慮した場合のイオンの速度発展について考察し、彗星周辺におけるイオンの運動と加速における電場の寄与について議論する。

キーワード：彗星、電場、イオン加速、太陽風小天体相互作用
Keywords: comet, electric field, ion acceleration, interaction of solar wind with small objects

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月ウェイク境界における太陽風エネルギーの電磁エネルギーへの変換について
Energy conversion process at the lunar wake boundary

*中川 朋子[1]、綱川 秀夫[2]、斎藤 義文[3]
*Tomoko Nakagawa[1], Hideo Tsunakawa[2], Yoshifumi Saito[3]

1. 東北工業大学工学部情報通信工学科、2. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、3. 宇宙科学研究所
1. Information and Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology , 3. JAXA,ISAS

太陽風にさらされた月面が太陽風粒子を吸収することにより、月の下流側にはウェイクと呼ばれる低密度領域ができる。ウェイク境界では、太陽風磁場を横切る方向にはおよそ400kmの厚さの密度勾配層ができ、距離40kmでプラズマ密度が約半分になることがかぐや衛星の観測によって示されている。この境界層で電子の圧力もおよそ２桁落ちる。この圧力勾配によってプロトンがウェイク中心に向かって加速される形となり、渦度が生じる。この渦と回転方向の揃った0.01-0.3Hzの磁場変動も観測されている。磁場が太陽風の流れに垂直な時（たとえば北向き磁場）圧力勾配による速度成分（Vy)により、VxB電場が生じ、渦の動径方向に粒子を加速・減速して渦の中心に電荷を生じるため、それを解消するような沿磁力線電流が生じている。沿磁力線電流は電子によって担われており、北向き磁場中では朝側で磁力線に沿ってウェイク中心から離れる電流（北半球で北向き、南半球で南向き）、夕方側ではウェイク中心に向かう電流（北半球で南向き、南半球で北向き）となっている。

この電流のエネルギー源は元々太陽風の運動エネルギーであるが、太陽風を流体として考えた場合、流体がされる仕事はウェイク境界の渦の動径方向の速度v_perpと渦の動径方向の電流Ｊによる力JxBの内積（負）であり、これが電磁エネルギーに変換され、さらに沿磁力線電流に変換されることになる。渦の動径方向の電流Ｊは、ウェイク境界におけるイオンと電子の侵入の違いによって生じている。

キーワード：ウェイク、太陽風、渦
Keywords: lunar wake, solar wind, vortex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

準垂直衝撃波における電子加速の 1 次元PICシミュレーション
Electron acceleration at quasi-perpendicular collisionless shock: One-dimensional PIC simulation

*大塚 史子[1]、松清 修一[2]、岡 光夫[3]
*Fumiko Otsuka[1], Shuichi Matsukiyo[2], Mitsuo Oka[3]

1. 久留米高専、2. 九大総理工、3. UCバークレー
1. NIT, Kurume College, 2. ESST, Kyushu Univ., 3. UC Berkeley

無衝突衝撃波では粒子が効率よく加速されることが知られている。特に、地球バウショックでは、非熱的電子が人工衛星によって直接観測されている。しかし、その加速機構の詳細は明らかになっていない。2015年に打ち上げられたMagnetospheric Multiscale (MMS)衛星では、電子スケールの波動や高精度の粒子分布関数の観測が可能となり、電子加速機構を解明する好機である。本研究では、MMS衛星観測データと直接比較することを念頭に、準垂直衝撃波の1次元PICシミュレーションを行い、電子加速過程を議論する。

準垂直衝撃波では、太陽風電子の一部が磁気ミラーの効果によって、衝撃波面で反射され、衝撃波上流へ逆走する。この反射電子が種となり、高エネルギー電子が生成される可能性がある。すでに、MMS衛星観測では、太陽風成分より高いエネルギー帯の電子フラックスが増大するイベントを確認しており、電子加速の兆候を示している。この電子バーストを再現するために、マッハ数=7、上流ベータ値(プラズマ圧と磁気圧の比)=0.3-3, 衝撃波角（法線方向に対する磁場のなす角度=70-80度とした計算を数通り実行する。また本研究では、可能な限り現実に近い質量比=625を用いる。反射電子のエネルギー分布やピッチ角分布、上流波動のスペクトル分布を評価し、それらの時間・空間発展や関連性を議論する。また、被加速電子の軌道を逆追跡し、加速に至る過程の詳細に明らかにする。

キーワード：電子加速、準垂直衝撃波、PICシミュレーション
Keywords: electron acceleration, quasi-perpendicular shock, PIC simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4期にわたる「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布光学観測
4-season's optical observation of neutral helium distribution in interplanetary space by Hisaki

*山崎 敦[1]、村上 豪[1]、吉岡 和夫[2]、木村 智樹[3]、土屋 史紀[4]、鍵谷 将人[4]、坂野井 健[4]、寺田 直樹[5]、笠羽 康正[4]、吉川 一朗[6]、ひさき（SPRINT-A） プロジェクトチーム
*Atsushi Yamazaki[1], Go Murakami[1], Kazuo Yoshioka[2], Tomoki Kimura[3], Fuminori Tsuchiya[4], Masato Kagitani[4], Takeshi Sakanoi[4], Naoki Terada[5], Yasumasa Kasaba[4], Ichiro Yoshikawa[6], Hisaki (SPRINT-A) Project team

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 東北大学、4. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、5. 東北大学大学院理学研究科、6. 東京大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science , 2. The University of Tokyo, Graduate School of Frontier Sciences, 3. Tohoku University, 4. Tohoku University, Planetary Plasma and Atmospheric Research Center , 5. Tohoku University, Graduate School of Sciense, 6. The University of Tokyo

「ひさき (SPRINT-A)」衛星の主目的は長期間にわろる継続した惑星観測であるが、
オプション観測して惑星間空間に分布するヘリウム原子からの共鳴散乱光観測を実施している。
星間ガスが、太陽圏との相対速度により星間風となり、ヘリオポーズを超えて惑星間空間に侵入している。
星間ガスの主成分は水素ガスとヘリウムガスであり、
イオン化エネルギーの高いヘリウム原子はイオン化することなく太陽近傍にまで侵入することができる。
侵入軌道は太陽重力と太陽光放射圧によって決まるが、ヘリウム原子の軌道は放射圧にはほとんど依存しないケプラー運動となり、
太陽の星間風の風下側に密度の濃い領域を形成する。これをヘリウムコーンと呼ぶ。
ヘリウムコーンのヘリウム分布は、星間風の速さと方向、星間空間ヘリウム原子の密度と温度によって決定づけられる。
1970年代から実施されている歴史の長い研究であるが、
惑星間空間に滞在しながら星間ガスのパラメータ推定が可能であり、貴重な観測方法である。
「ひさき」衛星はヘリウムコーンを通過する11月から12月に合わせて惑星間空間ヘリウム原子の共鳴散乱光観測を実施した。
今回は2015～2018年の4期に渡り観測した結果から、星間ガスのパラメータ推定の結果を報告する。

キーワード：極端紫外分光観測、星間風・星間ガス、惑星間空間中性ヘリウム、ひさき衛星
Keywords: EUV spectral observation, Interstellar wind and gas, Interplanetary neutral helium, HISAKI stellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural variations in the pickup ion density associated with magnetic reconnection at the heliopause

*坪内 健[1]
*Ken Tsubouchi[1]

1. 電気通信大学
1. University of Electro-Communications

Pickup ions (PUIs) can be the probe for the physical processes occurring around the heliopause in the form of energetic neutral atoms (ENAs) after their charge-exchange with interstellar neutral particles. In this study, we focus on the nonstationarity of the heliopause, where the directional change in the magnetic field is approaching. This situation triggers the magnetic reconnection at the heliopause, resulting in the mixing of particles between the heliosphere and interstellar space. We have performed two-dimensional hybrid simulations to follow the PUI kinetics. It is confirmed that PUI in the outer heliosheath are gathered into the reconnection site accompanied with the coalescence of magnetic islands. We calculate the column density integrated across the heliopause, which will be associated with the ENA observations by IBEX. The properties of its spatial and temporal variations are compared with those from the case of Kelvin-Helmholtz instabilities along the heliopause. It will be useful for the identification of the heliopause environment by extracting these properties from the observational data.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)、座長:武藤 恭之

アタカマミリ波サブミリ波干渉計（アルマ）は2011年に科学観測を始め、2014年からは長基線観測も開始された。アルマは、その高い感度と撮像能力によって、星・惑星形成の現場や太陽系小天体の観測において、本質的に新しい情報を我々にもたらしている。例えば、惑星の形成現場である原始惑星系円盤の観測では、リング状構造が多くの天体に存在していることや、太陽系の惑星の存在位置に対応する、数天文単位スケールでの構造が見つかってきている。また、太陽系天体の観測においては、小惑星ジュノーの表面輝度の非一様が60kmイメージピクセルサイズでマッピングされて回転する様子が捉えられたり、エウロパのプリュームに伴う衛星表面の加熱の有無の調査などがされている。サイクル4からは、太陽観測機能もコミュニティに公開され、例えば、プラズモイドの物理状態を定量的に調べられるようになるなど、太陽研究においても新しい展開を迎えている。本セッションでは、昨年度に引き続き、アルマがもたらした惑星科学の様々な分野の研究成果を概観し、観測と密接に関係する理論的・実験的研究の成果も含め、これからの展開を包括的に議論する。

9:00 ~ 9:15

[PCG24-01] ALMA観測による太陽大気構造の理解

★招待講演

*川手 朋子[1]、岡本 丈典[2]、岩井 一正[3]、増田 智[3]、下条 圭美[2] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.国立天文台、3.名古屋大学)

9:15 ~ 9:30

[PCG24-02] **Multi-thermal structures in a spicule observed with ALMA, IRIS, and AIA/SDO**

*下条 圭美[1]、川手 朋子[2]、岡本 丈典[1]、横山 央明[3] (1.国立天文台、2.宇宙科学研究所、3. 東京大学)

9:30 ~ 9:45

[PCG24-03] ALMA望遠鏡を利用した2018年火星全球ダストストームの観測

青木 翔平[2]、*佐川 英夫[1]、Kazi Rigl[3]、Geronimo L. Villanueva[4]、Bill Dent[5]、前澤 裕之[6]、Severine Robert[2]、中川 広務[7]、Frank Daerden[2]、黒田 剛史[8]、Marco Giuranna[10]、西合 一矢[9]、Michael J. Mumma[4]、笠羽 康正[7]、Ann Carine Vandaele[2] (1.京都産業大学、2.ベルギー宇宙航空研究所、3.イタリア国立電波天文学研究所、4.ゴダード宇宙飛行センター、5.欧州南天天文台アルマ チリ、6.大阪府立大学、7.東北大学、8.情報通信研究機構 統合ビッグデータ研究センター、9.国立天文台チリ観測所、10.イタリア国立宇宙物理学惑星学研究所)

9:45 ~ 10:00

[PCG24-04] 巨大氷惑星のサブミリ波による大気組成制約と熱進化への影響

★招待講演

*黒崎 健二[1]、生駒 大洋[2] (1.名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻、2.東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

10:00 ~ 10:30

[PCG24-05] アルマによる惑星系形成研究

★招待講演

*深川 美里[1] (1.国立天文台)

ALMA観測による太陽大気構造の理解
Understanding solar atmosphere by ALMA observations

*川手 朋子[1]、岡本 丈典[2]、岩井 一正[3]、増田 智[3]、下条 圭美[2]
*Tomoko Kawate[1], Takenori J Okamoto[2], Kazumasa Iwai[3], Satoshi Masuda[3], Masumi Shimojo[2]

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 国立天文台、3. 名古屋大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Nagoya University

ALMA はサイクル4からband3およびband6による太陽観測を開始した。band3,6で観測する100GHzや240GHzの電磁波は、太陽表面では主に彩層におけるfree-free放射であり、輝度と電子温度がプランク関数で直接関連付けられると考えられる。これまでの彩層観測では紫外線から近赤外線の吸収線を用いることが一般的であり、これらの吸収線は非局所熱力学平衡下にあるため温度放射領域の温度の診断が困難であった。したがって、ALMAで太陽大気構造の新たな物理診断が可能となった。

一方、ミリ波の輝度と電子温度を直接比較できるものの、太陽大気中のどの領域の放射であるかは理解されてはいない。モデル大気や観測データを用いた彩層輝線とミリ波放射の比較は、ALMAの太陽観測開始前後から行われてきた。しかし太陽大気の温度構造は多様であり、単純比較によるミリ波放射形成高度の推定は難しい。したがって、ALMAを用いて太陽大気温度構造を理解するためには、多波長観測による構造比較と同時に、大気構造ごとにALMA・彩層輝線双方の放射過程の理解が必要となる。

われわれは、ALMAサイクル4で観測されたプラージュ領域を詳細解析した。他の観測との比較としてHinode/SPを用いた光球磁場、IRISによる彩層・遷移層撮像分光、SDO/AIAによる彩層およびコロナ撮像を用いた。その結果、ALMAデータ中で時間変動している構造は彩層の音速に対応する速度を持っており、彩層における現象として理解できるものの、ミリ波と彩層輝線の間で観測される構造は必ずしも対応していなかった。本講演ではこれまで議論されてきたミリ波の形成高度を参照しながら、本研究における観測結果および太陽大気モデルにおける連続光放射領域の計算結果を踏まえて、ALMAで観測する太陽が何を表しているかを議論する。

キーワード：太陽、放射過程、彩層
Keywords: Sun, radiative processes, chromosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi-thermal structures in a spicule observed with ALMA, IRIS, and AIA/SDO

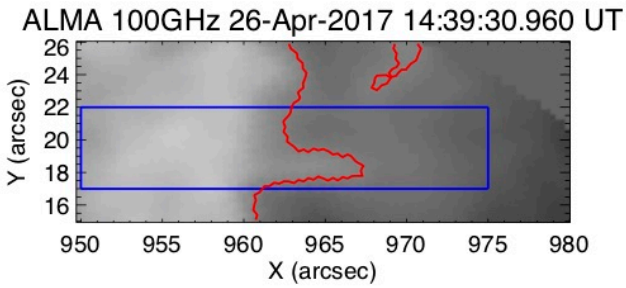
*下条 圭美[1]、川手 朋子[2]、岡本 丈典[1]、横山 央明[3]
*Masumi Shimojo[1], Tomoko Kawate[2], Takenori Okamoto[1], Takaaki Yokoyama[3]

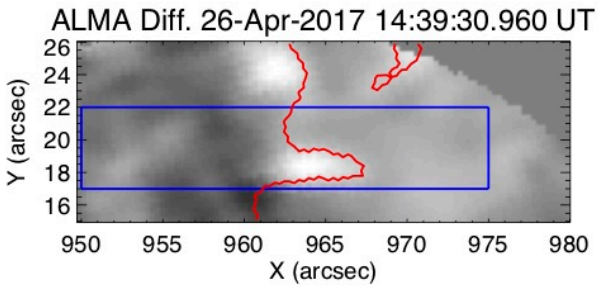
1. 国立天文台、2. 宇宙科学研究所、3. 東京大学
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. Institute of Space and Astronautical Science , 3. University of Tokyo

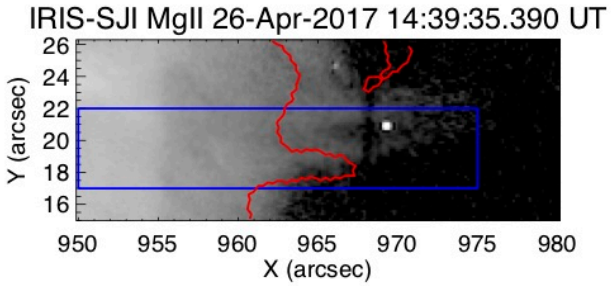
A spicule is a key phenomenon for understanding the solar atmosphere. We succeeded in observing a large spicule with ALMA, IRIS, and AIA/SDO simultaneously, and report the details of the spicule in the paper. While an eruption of a blob-like structure shown in the 100 GHz images started just before appearing a spicule in the He II and Mg II images, a spicule seen in 100 GHz image itself began about one minute after beginning the spicule in the He II and Mg II images. The spicule in the 100 GHz images can be seen as an absorbing structure in the Fe XII images. The maximum height and width of the Mg II/He II spicule are larger than those of the 100 GHz/Fe XII spicule. The 100 GHz/Fe XII spicule is included in the Mg II/He II spicule and is located at the southern edge of the Mg II/He II spicule. The rising velocities of the spicule in the Mg II and He II image, and the erupted blob in the 100 GHz images are ~70 km/s. On the other hand, the rising velocity of the spicule in the 100 GHz and Fe XII images is ~40 km/s. Considering of the differences of the structures shown in the Mg II/He II and 100 GHz/Fe XII images, and the typical formation temperature of each band, the 100 GHz and Fe XII images show a cold and dense component of the spicule. The conclusion is consistent with the recently radiative MHD simulations, and we can explain why the 100 GHz spicule is delayed, shorter, and slower than the Mg II/He II spicule. The solar limb observations with ALMA are very few. Hence, it would be not accidentally that the blob-like eruptions are associated with both two large spicules observed with ALMA. The fact might suggest that large spicules included a cold and dense component is produced by magnetic reconnection that is induced by a plasmoid eruption, like a corona jet.

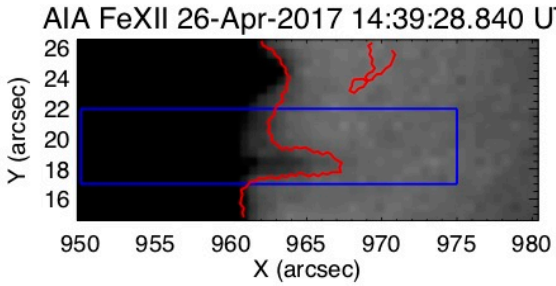
キーワード：太陽、彩層、ミリ波、ジェット、アルマ
Keywords: Sun, Chromosphere, Millimeter wave, Jet, ALMA

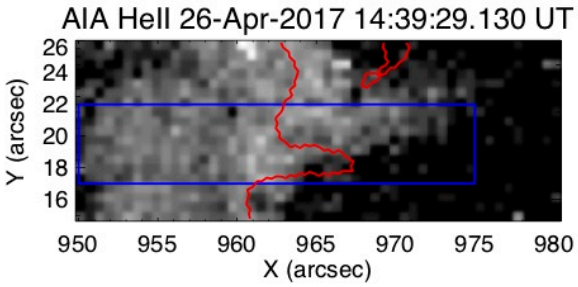
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

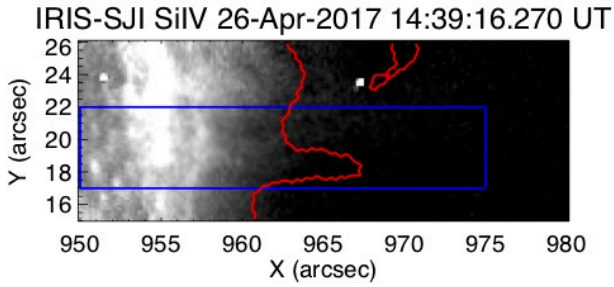












©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALMA望遠鏡を利用した2018年火星全球ダストストームの観測
Observing the 2018 global dust storm on Mars with ALMA

青木 翔平[2]、*佐川 英夫[1]、Kazi Rigl[3]、Geronimo L. Villanueva[4]、Bill Dent[5]、前澤 裕之[6]、Severine Robert[2]、中川 広務[7]、Frank Daerden[2]、黒田 剛史[8]、Marco Giuranna[10]、西合 一矢[9]、Michael J. Mumma[4]、笠羽 康正[7]、Ann Carine Vandaele[2]
Shohei Aoki[2], *Hideo Sagawa[1], Kazi Rigl[3], Geronimo L. Villanueva[4], Bill Dent[5], Hiroyuki Maezawa[6], Severine Robert[2], Hiromu Nakagawa[7], Frank Daerden[2], Takeshi Kuroda[8], Marco Giuranna[10], Kazuya Saigo[9], Michael J. Mumma[4], Yasumasa Kasaba[7], Ann Carine Vandaele[2]

1. 京都産業大学、2. ベルギー宇宙航空研究所、3. イタリア国立電波天文学研究所、4. ゴダード宇宙飛行センター、5. 欧州南天天文台アルマ チリ、6. 大阪府立大学、7. 東北大学、8. 情報通信研究機構 統合ビッグデータ研究センター、9. 国立天文台チリ観測所、10. イタリア国立宇宙物理学惑星学研究所
1. Kyoto Sangyo University, 2. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy, 3. Italian ALMA Regional Centre, INAF-Istituto di Radioastronomia, 4. NASA Goddard Space Flight Center, USA, 5. ESO ALMA, Chile, 6. Osaka Prefecture University, 7. Tohoku University, 8. NICT Big Data Integration Research Center, 9. NAOJ Chile Observatory, 10. Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Italy

One of the most striking features in Martian atmosphere is a very large (planet-encircling) storm, "global dust storm". The storm lifts the dust particles from the surface into the air, where the dust particles block sunlight from reaching the surface. This brings a decrease of the surface temperature. In contrast, the thickened dust layer absorbs the radiation, and directly leads to heating the atmosphere. Such a drastic change in the thermal structure in the atmosphere induces significant modulation in the dynamics as well as in the composition.

Starting from the middle of June 2018, a global dust storm has occurred on Mars for the first time in the past 11 years. Taking this unique opportunity, we observed Mars with ALMA on 30 June 2018 and 16 July 2018 that correspond to active periods of the global dust storm.

Observing with submillimeter wavelength has a good advantage compared to other optical and infrared wavelengths, since the dust opacity becomes transparent at the submillimeter wave and the emission from deep inside the global dust storm can be detected. We used Band 5 (183 GHz) and 6 (220 and 230 GHz) on 30 June, and only Band 6 on 16 July. Band 6 measurements allow us to investigate maps of temperature vertical profiles and wind fields from the CO lines. Band 5 measurements enable us to investigate maps of water vapor vertical profiles. The preliminary results from these ALMA observations will be discussed in the presentation.

キーワード：火星ダストストーム、ALMA、地上観測
Keywords: Global dust storm, ALMA, Ground-based observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

巨大氷惑星のサブミリ波による大気組成制約と熱進化への影響
Atmospheric observation of submillimeter wave and the thermal evolution of ice giants

*黒崎 健二[1]、生駒 大洋[2]
*Kenji Kurosaki[1], Masahiro Ikoma[2]

1. 名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻、2. 東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻
1. Department of Physics, Nagoya University , 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

太陽系内には天王星と海王星の二つの巨大氷惑星が存在する．ボイジャー2号によって天王星は1986年に，海王星は1989年に探査が行われ，大気の放射強度や重力モーメントなど内部構造や大気構造を推定する上で重要なデータを獲得した．現在では地上望遠鏡を用いて大気の観測が行われ，サブミリ波領域での大気吸収特性も調べられている．サブミリ波による大気吸収スペクトルの観測によると，天王星では目立った吸収線が見られない一方で，海王星にはHCNやCOの吸収線が存在し，天王星と海王星の大気組成が互いに異なっていることがわかっている．大気上端におけるCO量が観測により示されれば，惑星の持つO/Hの制約が可能になり，これは天王星や海王星の重元素量を大気観測を通して制約することにつながる．また，このような大気構造の違いによって惑星の熱進化に対しても影響を及ぼし，二つの惑星の内部構造や熱進化・起源の違いを理解する上で重要になると考考えられる．

本講演では，太陽系巨大氷惑星に対象を絞り，これら二つの天体に対して行われたサブミリ波領域で過去にどのような観測と大気モデルが提唱されていたかを議論する．また，大気組成の違いが与える熱進化への影響や天王星と海王星の違いの原因についても議論する．

キーワード：巨大氷惑星、大気
Keywords: Ice giant, Atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルマによる惑星系形成研究
Planetary-system formation revealed with ALMA

*深川 美里[1]
*Misato Fukagawa[1]

1. 国立天文台
1. National Astronomical Observatory of Japan

I review the current understanding of planetary-system formation that has primarily been obtained from observations of protoplanetary disks, the birthplaces of planets, with the radio astronomical telescope, Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). High angular resolution is one of the most important observing capabilities to address planetary-system formation, given the spatial scale of the planetary systems including the Solar system (30 au to Neptune), and considering the distance to the nearest star forming regions (>100 pc) where we can observe young planet-forming disks. The resolution of ~5 au at least would be necessary to obtain the spatial distribution of disk material (various gas species, dust grains) which are ingredients of planets. ALMA is the interferometer consisting of multiple antennas, providing us the resolution of about 5 au recently. ALMA has provided at least 43 12-m antennas for recent observations, providing also high sensitivity and good image quality.

The ALMA observations have so far shown that (1) rings are common for protoplanetary disk and (2) the diversity in disk structure is still seen including spiral arms and strong non-axisymmetry. Rings and other disk structures often interpreted as the sign of planet-forming activity and these observations have stimulated theoretical study on how planetesimals (km-sized bodies) form and how planet formation proceeds in an entire region of the disk. The detection of various rare molecules including organic ones is another highlight. The emission from such molecules is quite faint and the detections were owing to the ALMA's high sensitivity. Other ALMA results include finding the possible new tool to probe grain growth using polarization, and detections of tenuous gas that may be produced by collisions of cometary or planetary bodies in more evolved debris disks. Those results also give us an insight on the fruitful future in comparative study with the distribution of various material in the Solar system.

キーワード：系外惑星、惑星形成、アルマ、天文学
Keywords: Exoplanets, Planet formation, ALMA, Astronomy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)、座長:百瀬 宗武(茨城大学)

アタカマミリ波サブミリ波干渉計（アルマ）は2011年に科学観測を始め、2014年からは長基線観測も開始された。アルマは、その高い感度と撮像能力によって、星・惑星形成の現場や太陽系小天体の観測において、本質的に新しい情報を我々にもたらしている。例えば、惑星の形成現場である原始惑星系円盤の観測では、リング状構造が多くの天体に存在していることや、太陽系の惑星の存在位置に対応する、数天文単位スケールでの構造が見つかってきている。また、太陽系天体の観測においては、小惑星ジュノーの表面輝度の非一様が60kmイメージピクセルサイズでマッピングされて回転する様子が捉えられたり、エウロパのプリュームに伴う衛星表面の加熱の有無の調査などがされている。サイクル4からは、太陽観測機能もコミュニティに公開され、例えば、プラズモイドの物理状態を定量的に調べられるようになるなど、太陽研究においても新しい展開を迎えている。本セッションでは、昨年度に引き続き、アルマがもたらした惑星科学の様々な分野の研究成果を概観し、観測と密接に関係する理論的・実験的研究の成果も含め、これからの展開を包括的に議論する。

10:45 ~ 11:00

[PCG24-06] Probing dust aggregate structure in protoplanetary disks by millimeter-wave polarization

*田崎 亮[1]、田中 秀和[1]、武藤 恭之[2]、片岡 章雅[3]、奥住 聡[4] (1.東北大学、2.工学院大学、3.国立天文台、4.東京工業大学)

11:00 ~ 11:15

[PCG24-07] デブリ円盤のガス観測から、円盤散逸へ制約を与える理論的研究

*小林 浩[1]、岩崎 一成[2,4]、樋口 あや[3] (1.名古屋大学理学研究科、2.国立天文台、3.理研、4.大阪大学)

11:15 ~ 11:30

[PCG24-08] ダスト連続波分布とSEDが示唆する原始星V1094 Sco の原始惑星系円盤の構造

*高橋 実道[1,2]、武藤 恭之[1]、塚越 崇[2]、橋本 淳[2] (1.工学院大学、2.国立天文台)

11:30 ~ 11:45

[PCG24-09] The Synthetic ALMA Multiband Analysis of the Dust Properties of the TW Hya Protoplanetary Disk

*Seongjoong Kim[1]、Hideko Nomura[1]、Takashi Tsukagoshi[2]、Ryohei Kawabe[2,3,4]、Takayuki Muto[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology、2.National Astronomical Observatory of Japan、3.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)、4.Department of Astronomy, School of Science, University of Tokyo、5.Division of Liberal Arts, Kogakuin University)

11:45 ~ 12:00

[PCG24-10] うみへび座TW星周囲のギャップを持つ原始惑星系円盤でのダスト進化

*松浦 孝之[1]、奥住 聡[1] (1.東京工業大学)

12:00 ~ 12:15

[PCG24-11] TW Hyaの原始惑星系円盤に付随する局所的なサブミリ波超過の検出

*塚越 崇[1]、武藤 恭之[2]、野村 英子[3]、川邊 良平[1,4,5]、金川 和弘[9]、奥住 聡[3]、井田 茂[10]、Walsh Catherine[6]、Millar Tom[7]、高橋 実道[2,1]、橋本 淳[8]、鵜山 大智[5]、田村 元秀[5,8] (1.国立天文台電波研究部、2.工学院大学教育推進機構、3.東京工業大学地球惑星科学系、4.総合研究大学院大学、5.東京大学理学系研究科、6.School of Physics and Astronomy, University of Leeds、7.Astrophysics Research Centre, Queen's University Belfast、8.自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、9.東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター、10.東京工業大学地球生命研究所)

Probing dust aggregate structure in protoplanetary disks by millimeter-wave polarization

*田崎 亮[1]、田中 秀和[1]、武藤 恭之[2]、片岡 章雅[3]、奥住 聡[4]
*Ryo Tazaki[1], Hidekazu Tanaka[1], Takayuki Muto[2], Akimasa Kataoka[3], Satoshi Okuzumi[4]

1. 東北大学、2. 工学院大学、3. 国立天文台、4. 東京工業大学
1. Tohoku University, 2. Kogakuin University, 3. NAOJ, 4. Tokyo Institute of Technology

Dust coagulation in protoplanetary disks is the first step of planetesimal formation and a pathway from dust aggregates to planetesimals remains unclear. Both laboratory and numerical studies have so far shown that the structure of a dust aggregate plays important roles in planetesimal formation. However, the aggregate structure has been poorly constrained by disk observations. Recently, ALMA opens a new window to observe (sub-)millimeter-wave polarization of disks, which is expected to provide additional constraints on dust aggregate properties. In this study, we perform 3D radiative transfer simulations in order to study how the structure of dust aggregates affects millimeter-wave polarization from disks. As a result, it is found that relatively compact particles are favorable to explain observed millimeter-wave scattering polarization of disks, whereas highly porous and fractal particles fail to explain the observations.

キーワード：原始惑星系円盤、ミリ波偏波、ダスト
Keywords: Protoplanetary disks, Millimeter-wave polarization, Dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

デブリ円盤のガス観測から、円盤散逸へ制約を与える理論的研究
A CONSTRAINT ON THE AMOUNT OF HYDROGEN FROM THE CO CHEMISTRY IN DEBRIS DISKS

*小林 浩[1]、岩崎 一成[2,4]、樋口 あや[3]
*Hiroshi Kobayashi[1], Kazunari Iwasaki[2,4], Aya Higuchi[3]

1. 名古屋大学理学研究科、2. 国立天文台、3. 理研、4. 大阪大学
1. Department of Physics, Nagoya University, 2. NAOJ, 3. RIKEN, 4. Osaka University

原始惑星整形円盤の大部分の質量を担う水素分子ガスは惑星形成に多大な影響を及ぼすが、その散逸過程を直接天文観測によって明らかにすることは非常に難しい。近年、原始惑星系円盤が進化して形成されると考えられているデブリ円盤でもCOガスが観測されてきている。光学的に薄くなっているデブリ円盤ではCOはUV照射により、非常に短時間でで解離してしまう。そのため、観測されるようなCOが存在するには、COが大量に生成している必要がある。デブリ円盤の固体から、このように固体総量よりも大量なガスを取り出すことは困難である。そのため、我々は化学反応を考慮した1次元輻射輸送計算を行い、解離したCからのCOの再生成を調べた。その結果、CとCOのそれぞれのガスの柱密度比は、COの再生成反応を律速する水素分子数密度に比例することを発見した。近年の観測で年齢が4千万年程度のA型星49 Cetiの周りのデブリ円盤でCガスの柱密度がASTE望遠鏡で計測されている。この観測と我々の理論に基づくと、このデブリ円盤では2 x 10{-8} cm^{-3}の水素ガスの存在が示唆される。これは原始惑星系円盤からデブリ円盤の散逸過程を示している可能性がある。さらに、最近のHiguchi et al.によるALMAでのこのデブリ円盤の観測でさらにC/CO比の空間分布が得られてきている。我々の理論に基づき、この空間分布を解釈するとガス円盤が中心星から離れた遠方から晴れてきていることを示唆している。

キーワード：原始惑星系円盤ガス散逸、デブリ円盤のガス、惑星形成
Keywords: Gas depletion in protoplanetar disks, Gaseous debris disks, planet formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダスト連続波分布とSEDが示唆する原始星V1094 Sco の原始惑星系円盤の構造

Structure of the protoplanetary disk around V1094 Sco obtained from dust continuum emission and SED

*高橋 実道[1,2]、武藤 恭之[1]、塚越 崇[2]、橋本 淳[2]
*Sanemichi Takahashi[1,2], Takayuki Muto[1], Takashi Tsukagoshi[2], Jun Hashimoto[2]

1. 工学院大学、2. 国立天文台
1. Kogakuin University, 2. NAOJ

原始惑星系円盤の面密度分布や温度分布は、惑星形成環境を理解する上で重要となる。近年、ALMA望遠鏡などで円盤の高分解能観測が行われ、リング構造などの詳細構造が多数発見されている。そのため、円盤の面密度分布や温度分布などの物理状態の理解がますます重要になっている。ここでは、Tタウリ型星V1094Scoの周囲の原始惑星系円盤の注目する。これは、近年リング構造が観測され、注目されている円盤である。本研究では、V1094Scoの周囲の原始惑星系円盤について、輻射輸送計算とALMA Band 8 のダスト連続波の観測およびSEDの比較から、円盤の構造を調べた。その結果、ダスト連続波分布を再現するためには、円盤は半径 ～100 au 以内で光学的に厚く、半径 ～100 au 以上では光学的に薄くなるような２領域からなることがわかった。また、（１）円盤内縁付近（～0.1 au）で円盤が厚くなり、その後ろに中心星からの輻射に対する影を作り、（２）ダスト連続波で明るい領域（<100 au）で小さなダスト(<1um)の量が減少している、という２点が満たされている場合に観測と輻射輸送計算のSEDがよく一致することが分かった。

キーワード：原始惑星系円盤
Keywords: protoplanetary disks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Synthetic ALMA Multiband Analysis of the Dust Properties of the TW Hya Protoplanetary Disk

*Seongjoong Kim[1], Hideko Nomura[1], Takashi Tsukagoshi[2], Ryohei Kawabe[2,3,4], Takayuki Muto[5]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 4. Department of Astronomy, School of Science, University of Tokyo, 5. Division of Liberal Arts, Kogakuin University

Analyzing multiband observations of dust continuum emission is one of the useful tools to constrain dust properties which help us to understand the physical properties of the disks. We perform the synthetic ALMA multiband analysis to find the best ALMA band set for constraining the dust properties of the TW Hya protoplanetary disk. We find that the Band [10,6,3] set is the best set among the possible combinations of ALMA Band [3,4,5,6,7,8,9,10]. We also find two conditions for the good ALMA band sets providing narrow constraint ranges on dust properties; (1) Band 9 or 10 is included in the band set and (2) Enough frequency intervals between the bands. These are related with the conditions which give good constraints on dust properties: the combination of optically thick and thin bands are required, and large β (β is the power-law index of dust opacity, $\kappa_\nu \propto \nu^\beta$) and low dust temperature are preferable. To examine our synthetic analysis results, we apply the multiband analysis to ALMA archival data of the TW Hya disk at Band 4, 6, 7, and 9. Band [9,6,4] set provides the dust properties close to the model profile, while Band [7,6,4] set gives the dust properties deviating from the model at all radii with too broad constraint range to specify the accurate values of dust temperature, optical depth, and β. Since these features are expected by the synthetic multiband analysis, we confirm that the synthetic multiband analysis is well consistent with the results derived from real data.

Keywords: methods: observational, protoplanetary disks, stars: individual (TW Hydrae)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

うみへび座TW星周囲のギャップを持つ原始惑星系円盤でのダスト進化
Dust evolution in the protoplanetary disk around TW Hya

*松浦 孝之[1]、奥住 聡[1]
*Takayuki Matsuura[1], Satoshi Okuzumi[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

原始惑星系円盤は惑星形成の場である．惑星形成を議論する際に，原始惑星系円盤の構造や進化を理解することは重要である．特に円盤におけるダストの進化を理解するうえで理想的な天体の1つが，うみへび座TW星(TW Hya)である．TW Hyaは原始惑星系円盤を持つ若い星であり，この円盤は様々な波長で観測が行われてきた．特に，電波望遠鏡ALMAによる最新の高分解能観測によって，TW Hya周囲の円盤は22 au，37 auにダストのギャップを持つことなどが明らかになった．

ギャップ形成のメカニズムは様々なものが提唱されているが，その中の１つに惑星と円盤の重力相互作用によるものがある．近年，惑星の存在する円盤におけるガスおよびダストの進化シミュレーションが盛んに行われている．その結果，そのような円盤でのダストの分布は，円盤ガスの物理的性質や惑星の質量だけでなく，ダストの合体成長物(アグリゲイト)のサイズにも大きく依存することが明らかになっている．そして，アグリゲイトのサイズは，円盤のガスの乱流強度やアグリゲイトの強度に依存する．

そこで本研究では，ダスト成長理論とTW Hya円盤のALMA観測との比較を通じて，この円盤に存在する惑星やダストの物理的性質を探ることを目的とする．具体的には，22 au, 37 auに惑星をもつガス円盤を仮定し，そこでのダストの面密度および代表サイズの動径分布の進化をダストの成長・破壊・落下・拡散を考慮して計算した．惑星質量とダストの衝突破壊速度(大規模な破壊が起こり始める衝突速度)をパラメータとし，ALMAによって得られているTW Hyaのミリ波輝度温度およびスペクトル指数の動径分布が再現されるようなパラメータ範囲を模索した．

その結果，惑星質量を4ー10地球質量，ダスト衝突破壊速度を0.5 m s^{-1}と仮定した場合に観測の結果がある程度再現された．ダスト衝突破壊速度をベストフィット値からより大きく仮定すると，ギャップより内側のダストが枯渇し，ギャップ外縁にダストが過剰に多く集積する．惑星質量をより大きく仮定すると，ギャップ外縁にダストがより多く集積し，ギャップのコントラストが過剰に大きくなる．

本研究で得られたダスト衝突破壊速度は，従来の円盤ダストの成長理論から期待されていた値よりも小さく，アグリゲイトを構成している氷微粒子の粒径が10 μm以上の大きなサイズである可能性(Wada et al., 2013)や，構成微粒子の表面がCO_2氷で覆われている可能性(Musiolik et al., 2016)を示唆している．また，惑星のもととなる微惑星は，少なくともTW Hyaのギャップが見られる領域においては，ダストの直接合体成長とは異なる過程で形成された可能性を示唆している．

キーワード：原始惑星系円盤、うみへび座TW星
Keywords: protoplanetary disk, TW Hya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

TW Hyaの原始惑星系円盤に付随する局所的なサブミリ波超過の検出
Discovery of a localized excess in the millimeter emission of the protoplanetary disk around TW Hya

*塚越 崇[1]、武藤 恭之[2]、野村 英子[3]、川邊 良平[1,4,5]、金川 和弘[9]、奥住 聡[3]、井田 茂[10]、Walsh Catherine[6]、Millar Tom[7]、高橋 実道[2,1]、橋本 淳[8]、鵜山 大智[5]、田村 元秀[5,8]
*Takashi Tsukagoshi[1], Takayuki Muto[2], Hideko Nomura[3], Ryohei Kawabe[1,4,5], Kazuhiro Kanagawa[9], Satoshi Okuzumi[3], Shigeru Ida[10], Catherine Walsh[6], Tom J Millar[7], Sanemichi Takahashi[2,1], Jun Hashimoto[8], Taichi Uyama[5], Motohide Tamura[5,8]

1. 国立天文台電波研究部、2. 工学院大学教育推進機構、3. 東京工業大学地球惑星科学系、4. 総合研究大学院大学、5. 東京大学理学系研究科、6. School of Physics and Astronomy, University of Leeds、7. Astrophysics Research Centre, Queen's University Belfast、8. 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、9. 東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター、10. 東京工業大学地球生命研究所
1. Division of Radio Astronomy, National Astronomical Observatory of Japan, 2. Division of Liberal Arts, Kogakuin University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 4. The Graduate University for Adnvanced Studies, 5. School of Science, University of Tokyo, 6. School of Physics and Astronomy, University of Leeds, 7. Astrophysics Research Centre, Queen's University Belfast, 8. Astrobiology Center, National Institutes of Natural Sciences, 9. Research Center for the Early Universe, University of Tokyo, 10. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Planets are formed from dust and gas in circumstellar disks around young stars.
Observations of dust and gas in circumstellar disks can provide fundamental information on planet formation processes, and high-resolution (sub-)millimeter imaging is now revealing the dust substructure likely generated by forming planets in disks.
Here we report the detection of an excess in dust continuum emission at 233 GHz (1.3 mm in wavelength) in the circumstellar disk around TW Hya, the closest such system to Earth, revealed through high-sensitivity observations with the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA).

We have carried out 3 au resolution continuum observations at 233 GHz (Band6) toward the protoplanetary disk (PPD) around TW Hya using ALMA in 2016 and 2017.
The sensitivity has been improved by a factor of 3 than that of our previous cycle 3 observations.
The overall structure is axisymmetric, and there are apparent gaps at 25 and 41 au as previously reported.
The most remarkable new finding is a few au scale excess emission at the south-west part of the PPD.
The excess emission is located at 52 au from the disk center and is 1.5 times brighter than the surrounding PPD.
The extracted emission after subtracting the axisymmetric PPD emission has a size of 4.4x1.0 au and a total flux density of 250 micro-Jy, corresponding to a dust mass of 0.03 earth masses.
Since the excess emission can also be marginally identified in the Band 7 image at almost the same position, the blob is unlikely a background source.
The excess emission can be explained by a massive CPD around a Neptune mass forming-planet or a dust clump accumulated in a small elongated vortex.

キーワード：惑星系形成、原始惑星系円盤、アルマ
Keywords: Planet formation, Protoplanetary disk, ALMA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)

アタカマミリ波サブミリ波干渉計（アルマ）は2011年に科学観測を始め、2014年からは長基線観測も開始された。アルマは、その高い感度と撮像能力によって、星・惑星形成の現場や太陽系小天体の観測において、本質的に新しい情報を我々にもたらしている。例えば、惑星の形成現場である原始惑星系円盤の観測では、リング状構造が多くの天体に存在していることや、太陽系の惑星の存在位置に対応する、数天文単位スケールでの構造が見つかってきている。また、太陽系天体の観測においては、小惑星ジュノーの表面輝度の非一様が60kmイメージピクセルサイズでマッピングされて回転する様子が捉えられたり、エウロパのプリュームに伴う衛星表面の加熱の有無の調査などがされている。サイクル4からは、太陽観測機能もコミュニティに公開され、例えば、プラズモイドの物理状態を定量的に調べられるようになるなど、太陽研究においても新しい展開を迎えている。本セッションでは、昨年度に引き続き、アルマがもたらした惑星科学の様々な分野の研究成果を概観し、観測と密接に関係する理論的・実験的研究の成果も含め、これからの展開を包括的に議論する。

[PCG24-P01] タイタン大気における窒素同位体分別：ALMAアーカイブデータの解析

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

[PCG24-P02] Investigating the gas-to-dust ratio in the protoplanetary disk of HD 142527

*Soon Kang-Lou[1]、百瀬 宗武[1]、武藤 恭之[2]、塚越 崇[3]、片岡 章雅[3]、花輪 知幸[4]、深川 美里[3]、西合 一矢[3]、芝井 広[5] (1.茨城大学、2.工学院大学、3.国立天文台、4.千葉大学、5.大阪大学)

[PCG24-P03] スパースモデリングによる原始惑星系円盤 HD142527の超解像イメージング

*山口 正行[1,2]、秋山 和徳[3,2]、片岡 章雅[2,6]、塚越 崇[2]、武藤 恭之[4]、池田 思朗[5]、深川 美里[2]、本間 希樹[2,6]、川邊 良平[2,1,6] (1.東京大学、2.国立天文台、3.マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所、4.工学院大学、5.統計数理研究所、6.総合研究大学大学院)

[PCG24-P04] ALMA高空間分解観測で探るTタウリ型星RY Tauに付随する円盤の詳細構造

*小西 美穂子[1,2]、橋本 淳[1,2]、Hauyu Liu[3]、Ruobing Dong[4]、武藤 恭之[5] (1.自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター、2.国立天文台、3.中央研究院天文及天文物理研究所、4.ビクトリア大学、5.工学院大学)

[PCG24-P05] Possible inclined inner protoplanetary disk

*橋本 淳[1]、小西 美穂子[1]、鵜山 太智[2]、Ginski Christian[3]、Samland Matthias[4] (1.自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、2.東京大学、3.アムステルダム大学、4.マックス・プランク研究所)

[PCG24-P06] Search for the Inner Disk Structures in "Transitional" Disks

*武藤 恭之[1]、橋本 淳[2]、塚越 崇[3]、小西 美穂子[3]、工藤 智幸[3] (1.工学院大学　教育推進機構、2.アストロバイオロジーセンター、3.国立天文台)

タイタン大気における窒素同位体分別：ALMAアーカイブデータの解析
Nitrogen isotopic fractionation on Titan atmosphere: An analysis of ALMA archive data

*佐川 英夫[1]、飯野 孝浩[2]、塚越 崇[3]
*Hideo Sagawa[1], Takahiro Iino[2], Takashi Tsukagoshi[3]

1. 京都産業大学、2. 東京農工大学、3. 国立天文台
1. Kyoto Sangyo University, 2. Tokyo University of Agriculture and Technology, 3. National Astronomical Observatory of Japan

窒素分子を主成分とするタイタン大気にはシアン化水素HCNやアセトニトリルCH_3CN，シアノアセチレンHC_3Nといった多様な窒素化合物群が含まれており，複雑な大気化学過程の存在が示されている．これら窒素化合物群における窒素同位体比$^{14}N/^{15}N$の計測も実施されており，窒素分子およびシアン化水素において，それぞれ 167±0.6 (Niemann et al. 2010) および 60 - 70 (e.g. Marten et al. 2002; Gurwell, 2004) が報告されている．これら同位体比は太陽および地球における同位体比である440および272からは大きく離れており，またタイタン大気内でも2 - 3倍という分別を示していることからも，タイタン大気内における特徴的な同位体分別過程の存在を示唆している．

タイタンはALMAのキャリブレーション用の天体として利用されていた経緯があり，900件以上のタイタンデータがALMAアーカイブに収録されている．それらの中には，限られた件数ではあるが，周波数分解能および空間分解能が十分に高く，タイタン大気中の微量成分のスペクトルが観測されたデータを見つけることが出来る．我々はそうしたALMAアーカイブからアセトニトリルの^{15}N置換体の輝線が検出されているデータを選出し，過去には観測例が無い同分子における$^{14}N/^{15}N$の導出を試みた．観測日は2015年4月29日であり，J = 19 - 18遷移に付随する380 GHz周辺の複数のK遷移を検出した．同位体比を定量する際には当然ながら^{14}Nを含むアセトニトリルの存在量も必要となるが，好都合なことに同日に観測された同観測プロジェクトに331 GHz周辺のJ = 18 - 17遷移のスペクトルが検出されており，アセトニトリルの高度分布はそれらのデータを用いて大気中の放射伝達計算を反転解析することで導出した．

アセトニトリルにおける$^{14}N/^{15}N$値は~50（速報値）であり，窒素分子よりシアン化水素分子に近い値を示した．また，ALMAの観測した分子輝線強度から導出されたシアノアセチレン中の$^{14}N/^{15}N$値 (67±14, Cordiner et al. 2018) とも調和的である．一方で，化学反応ネットワークシミュレーションで予想されている値 (70 - 200, Dobrijevic and Loison 2018) とは一致しなかった．今後はより詳細な$^{14}N/^{15}N$値の導出を試みるとともに，同位体分別過程の制約を目指す．

キーワード：タイタン大気、ALMA、同位体比
Keywords: Titan atmosphere, ALMA, isotopic fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigating the gas-to-dust ratio in the protoplanetary disk of HD 142527

*Soon Kang-Lou[1]、百瀬 宗武[1]、武藤 恭之[2]、塚越 崇[3]、片岡 章雅[3]、花輪 知幸[4]、深川 美里[3]、西合 一矢[3]、芝井 広[5]
*Soon Kang-Lou[1], Munetake Momose[1], Takayuki Muto[2], Takashi Tsukagoshi[3], Akimasa Kataoka[3], Tomoyuki Hanawa[4], Misato Fukagawa[3], Kazuya Saigo[3], Hiroshi Shibai[5]

1. 茨城大学、2. 工学院大学、3. 国立天文台、4. 千葉大学、5. 大阪大学
1. Ibaraki University, 2. Kogakuin University, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. Chiba University, 5. Osaka University

We present the ALMA observations of the 98.5 GHz dust continuum and the ^{13}CO J = 1 −0 and C^{18}O J = 1 −0 line emission towards the protoplanetary disk of HD 142527. The 98.5 GHz continuum shows a strong azimuthal-asymmetric distribution similar to the previously reported 336 GHz continuum, and its peak emission at the dust concentrated northern region is optically thin at approximately 8 K. In every position angle, the peak brightness temperature of C^{18}O J = 1 −0 emission (≦ 25 K) is lower than that of the optically thick ^{13}CO J = 3 −2 (≈ 36 K), indicating that the C^{18}O is optically thin. We derive the gas and dust surface densities, Σ_g and Σ_d, of the disk of HD 142527 by using the ALMA Band 3 and Band 7 observations. In the analyses we assume the local thermodynamic equilibrium and the disk temperature to be the same as the peak brightness temperature of ^{13}CO J = 3 −2 with continuum emission. We successfully derived the gas-to-dust ratio G/D, defined as Σ_g/Σ_d, distribution across the disk. The ratio varies azimuthally, where it is ~3 and ~20 in the disk northern and southern regions, respectively. We also found that Σ_g varies approximately as $\propto \Sigma_d^{0.5}$, or equivalently G/D $\propto \Sigma_d^{-0.5}$. In addition, our results show that the peak Σ_d is located ahead of the peak Σ_g; if the latter correspond to a vortex of high gas pressure, the results indicate that the dust are trapped ahead of the vortex, which is predicted by theoretical studies.

キーワード：HD 142527、原始惑星系円盤、ガス・ダスト比
Keywords: HD 142527, protoplanetary disk, gas-to-dust ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スパースモデリングによる原始惑星系円盤 HD142527の超解像イメージング

Super-resolution Imaging of the Protoplanetary Disk HD 142527 Using Sparse Modeling

*山口 正行[1,2]、秋山 和徳[3,2]、片岡 章雅[2,6]、塚越 崇[2]、武藤 恭之[4]、池田 思朗[5]、深川 美里[2]、本間 希樹[2,6]、川邊 良平[2,1,6]
*Masayuki Yamaguchi[1,2], Kazunori Akiyama[3,2], Akimasa Kataoka[2,6], Takashi Tsukagoshi[2], Takayuki Muto[4], Shiro Ikeda[5], Misato Fukagawa[2], Mareki Honma[2,6], Ryohei Kawabe[2,1,6]

1. 東京大学、2. 国立天文台、3. マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所、4. 工学院大学、5. 統計数理研究所、6. 総合研究大学大学院
1. The University of Tokyo, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Massachusetts Institute of Technology, Haystack Observatory, 4. Kogakuin University, 5. The Institute of Statistical Mathematics, 6. Graduate University for Advanced Studies

Recent Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) observations have provided new insights for planet formation process and simultaneously highlighted fundamental importance to pursue higher angular resolutions of observations to address opened questions. With the emphasis on improving the fidelity even at a super-resolution regime, many imaging techniques have been intensively developed in the last several years, which may provide substantial improvements in interferometric observations of protoplanetary disks. The CLEAN technique has been widely used, but recently, a new technique using the sparse modeling approach is suggested. This technique directly solves a set of undetermined equations and has been shown to behave better than the CLEAN technique based on mock observations with VLBI (Very Long Baseline Interferometry). However, it has never been applied to ALMA-like connected interferometers nor real observational data. In this work, for the first time, the sparse modeling technique is applied to observational data sets taken by ALMA. We evaluate the performance of the technique by comparing the resulting images with those derived by the CLEAN technique. We use two sets of ALMA archival data at Band 7 (~350GHz) for the protoplanetary disk around HD 142527. One is taken in the intermediate-baseline array configuration, and the other is in the longer-baseline array configuration. The image resolutions reconstructed from these data sets are different by a factor of ~ 3. With the two data sets independently taken by different array configurations, we show that SpM indeed achieves a higher fidelity than a multi-scale CLEAN technique, and provides consistent images from two data sets even beyond significant differences in angular resolutions by a factor ~ 3-4. Two SpM images consistently resolve radially and azimuthally asymmetric dust-grain emission of the outer disk, including a non-circular ridge shape well characterized by a simple logarithmic spiral. Resolved asymmetric structure of the outer disk provided by two SpM images may suggest complex gas kinematics near the inner-edge of the outer disk. Our results demonstrate that ongoing intensive developments of new imaging techniques will be ubiquitously beneficial to current and next-generation radio interferometers.

キーワード：アルマ望遠鏡、電波干渉計、画像再構成技術、原始惑星系円盤、惑星形成
Keywords: Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), Radio Interferometer, Image Processing Techniques, Protoplanetary Disk, Planet Formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALMA高空間分解観測で探るTタウリ型星RY Tauに付随する円盤の詳細構造

Detail Structures of Dust Disk around T-Tauri star RY Tau in ALMA High-Spatial Resolution Imaging

*小西 美穂子[1,2]、橋本 淳[1,2]、Hauyu Liu[3]、Ruobing Dong[4]、武藤 恭之[5]
*Mihoko Konishi[1,2], Jun Hashimoto[1,2], Hauyu Liu[3], Ruobing Dong[4], Takayuki Muto[5]

1. 自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター、2. 国立天文台、3. 中央研究院天文及天文物理研究所、4. ビクトリア大学、5. 工学院大学
1. Astrobiology Center, National Institute of Natural Science, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Institute of Astronomy and Astrophysics, Academia Sinica, 4. University of Victoria, 5. Kogakuin University

RY Tauは、質量が約2太陽質量・年齢が800万年程度の古典的Tタウリ型星である（e.g., Calvet et al. 2004）。赤外超過から原始惑星系円盤を持つことが知られており（e.g., Furlan et al. 2009）、またジェット構造が検出されている活発な天体である（e.g., St-Onge & Bastien 2008）。過去にCombined Array for Research in Millimeter-wave Astronomy (CARMA) 望遠鏡によってミリメートルサイズのダスト連続波で半径約0.1秒の穴構造が分解された（Isella et al. 2010）が、すばる望遠鏡を用いた近赤外線観測では0.4秒角以遠のダスト散乱光成分には円盤構造が検出されなかった（Takami et al. 2013）。我々がALMA望遠鏡のアーカイブデータのビジビリティを調べたところ、さらに詳細な円盤構造を持つ可能性があることがわかった。そのため、RY Tauに付随する円盤の高空間分解の観測を行った。

観測はプロジェクト2017.1.01460.S（PI: 橋本淳）のもとで2017年10月に行われた。観測帯域はBand 6（~230 GHz, ~1.3 mm）、総積分時間は5.14分である。ダスト連続波とともに3つの一酸化炭素同位体（^{12}CO, ^{13}CO, C^{18}O）も観測した。ALMAから提供されたコードでキャリブレーションを行い、CLEANアルゴリズムで像再生をおこなったところ、ビームサイズが0.087秒×0.036秒（方位角30.7度）の画像を得ることができた。結果、円盤のダスト放射光（傾斜角65.9度、方位角22.4度）をとらえることができ、既知の半径0.1秒程度の穴構造があることを確認した。さらに、半径0.35秒角程度のところに溝構造があること、内側のリング円盤に明るさの非対称が見られることを発見した。この溝構造の詳細な性質を調べるために、方位角方向に平均したビジビリティプロファイルを用いて、最適な円盤モデル（1つの穴構造と1つの溝構造をもつ）の推定を行った。マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いて最適解を求めたところ、この溝構造は細くて深いこと（幅が1.2天文単位、深さは周囲の明るさの0.41倍）がわかった。RY Tauに付随する円盤は大きな傾斜角（約66度）をもつにもかかわらず、細くて深い溝構造が分解されている。これは、円盤のスケールハイトが小さいこと（約0.27天文単位以下）を示唆している。この系では、乱流が小さいなどのメカニズムによってダストが沈殿しているのかもしれない。

なお、RY Tauの距離はGaiaのデータリリース1（178パーセク）と2（440パーセク）で大きく異なっている。本観測および過去のALMA観測で検出された^{12}COガスの速度分布から、178パーセクの可能性が高いことを導いた。本予稿では178パーセクを用いて距離の換算を行っている。

キーワード：原始惑星系円盤、円盤構造、ダスト連続波
Keywords: Protoplanetary Disk, Disk Structures, Dust Continuum

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Possible inclined inner protoplanetary disk

*橋本 淳[1]、小西 美穂子[1]、鵜山 太智[2]、Ginski Christian[3]、Samland Matthias[4]
*Jun Hashimoto[1], Mihoko Konishi[1], Taichi Uyama[2], Christian Ginski[3], Matthias Samland[4]

1. 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、2. 東京大学、3. アムステルダム大学、4. マックス・プランク研究所
1. AstroBiology Center, National Institutes of Natural Sciences, 2. University of Tokyo, 3. University of Amsterdam, 4. Max Planck Institute for Astronomy

A young embedded planet in the protoplanetary disk is expected to interact with a parent disk. When the planet is inclined and massive enough (> 1 Jupiter mass), the disk-planet interaction theory predicts the disk inside the planetary orbit breaks from the outer disk. Such a misaligned inner disk can both warp gas velocity structures observed by ALMA and cast the shadows in the outer disk in the near-infrared image. By analyzing the position of the shadows in the outer disk, one can estimate the inclination of the inner disk relative to the outer disk. Furthermore such systems with shadows should be promising targets for searching young inclined planets in the disks, and would help understanding of planetary orbital evolution.

As a part of our survey in archival data obtained with VLT/SPHERE which is the high contrast instrument in near-infrared, we reduced LkHa 330. LkHa 330 is a T Tauri star with a mass of 2.2 solar mass and known to possess gap and spiral structures. By reducing VLT/SPHERE archival data at H band (1.6 micron), we found shadow structures at PA of 85 and 280 degree in the outer disk at 38 AU in radius. We also found a possible bright blob at PA of 160 degree with a separation of 23 AU from the central star. In the poster, we discuss the inclination of the inner disk by comparing our Monte Carlo radiative transfer calculations for the inclined disks and mention future ALMA proposal plan.

キーワード：原始惑星系円盤
Keywords: protoplanetary disk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Search for the Inner Disk Structures in "Transitional" Disks

*武藤 恭之[1]、橋本 淳[2]、塚越 崇[3]、小西 美穂子[3]、工藤 智幸[3]
*Takayuki Muto[1], Jun Hashimoto[2], Takashi Tsukagoshi[3], Mihoko Konishi[3], Tomoyuki Kudo[3]

1. 工学院大学　教育推進機構、2. アストロバイオロジーセンター、3. 国立天文台
1. Division of Liberal Arts, Kogakuin University, 2. Astrobiology Center, 3. NAOJ

We present the ALMA archival search efforts for the discovery search for the inner disk structures in transitional disks. Transitional disks are the class of protoplanetary disks that have inner cavity. Recent discovery of the inner (a few AU scale) ring structures in the DM Tau disk (Kudo et al. 2018, ApJL, 868, L5) indicates that even if there is no detection of near infrared (NIR) excess in SED, the disk may still harbor an inner disk within a known large cavity structures. Such inner disk structures are important in understanding (extrasolar) planet formation since a few AU corresponds to the scale of the orbits of the planets within our Solar System.

A few AU region from the central star can be only probed by high resolution observations with ALMA. Such region is too cold to account for NIR excess while modest resolution (~0.2asec) radio observations can still not resolve the region at the typical distance (~140 pc) of protoplanetary disks.

We have conducted ALMA archival search for the potential transitional disk targets that may harbor inner disks. We present the methods of our search and possible candidates that deserve follow-up ALMA high resolution observations.

キーワード：原始惑星系円盤、電波観測
Keywords: Protoplanetary Disk, Radio Astronomy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

コンビーナ:武藤 恭之(工学院大学　教育推進機構)、百瀬 宗武(茨城大学理学部)、佐川 英夫(京都産業大学理学部)、下条 圭美(国立天文台)

アタカマミリ波サブミリ波干渉計（アルマ）は2011年に科学観測を始め、2014年からは長基線観測も開始された。アルマは、その高い感度と撮像能力によって、星・惑星形成の現場や太陽系小天体の観測において、本質的に新しい情報を我々にもたらしている。例えば、惑星の形成現場である原始惑星系円盤の観測では、リング状構造が多くの天体に存在していることや、太陽系の惑星の存在位置に対応する、数天文単位スケールでの構造が見つかってきている。また、太陽系天体の観測においては、小惑星ジュノーの表面輝度の非一様が60kmイメージピクセルサイズでマッピングされて回転する様子が捉えられたり、エウロパのプリュームに伴う衛星表面の加熱の有無の調査などがされている。サイクル4からは、太陽観測機能もコミュニティに公開され、例えば、プラズモイドの物理状態を定量的に調べられるようになるなど、太陽研究においても新しい展開を迎えている。本セッションでは、昨年度に引き続き、アルマがもたらした惑星科学の様々な分野の研究成果を概観し、観測と密接に関係する理論的・実験的研究の成果も含め、これからの展開を包括的に議論する。

[PCG24-P01] タイタン大気における窒素同位体分別：ALMAアーカイブデータの解析

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

[PCG24-P02] Investigating the gas-to-dust ratio in the protoplanetary disk of HD 142527

*Soon Kang-Lou[1]、百瀬 宗武[1]、武藤 恭之[2]、塚越 崇[3]、片岡 章雅[3]、花輪 知幸[4]、深川 美里[3]、西合 一矢[3]、芝井 広[5] (1.茨城大学、2.工学院大学、3.国立天文台、4.千葉大学、5.大阪大学)

[PCG24-P03] スパースモデリングによる原始惑星系円盤 HD142527の超解像イメージング

*山口 正行[1,2]、秋山 和徳[3,2]、片岡 章雅[2,6]、塚越 崇[2]、武藤 恭之[4]、池田 思朗[5]、深川 美里[2]、本間 希樹[2,6]、川邊 良平[2,1,6] (1.東京大学、2.国立天文台、3.マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所、4.工学院大学、5.統計数理研究所、6.総合研究大学大学院)

[PCG24-P04] ALMA高空間分解観測で探るTタウリ型星RY Tauに付随する円盤の詳細構造

*小西 美穂子[1,2]、橋本 淳[1,2]、Hauyu Liu[3]、Ruobing Dong[4]、武藤 恭之[5] (1.自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター、2.国立天文台、3.中央研究院天文及天文物理研究所、4.ビクトリア大学、5.工学院大学)

[PCG24-P05] Possible inclined inner protoplanetary disk

*橋本 淳[1]、小西 美穂子[1]、鵜山 太智[2]、Ginski Christian[3]、Samland Matthias[4] (1.自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、2.東京大学、3.アムステルダム大学、4.マックス・プランク研究所)

[PCG24-P06] Search for the Inner Disk Structures in "Transitional" Disks

*武藤 恭之[1]、橋本 淳[2]、塚越 崇[3]、小西 美穂子[3]、工藤 智幸[3] (1.工学院大学　教育推進機構、2.アストロバイオロジーセンター、3.国立天文台)

タイタン大気における窒素同位体分別：ALMAアーカイブデータの解析
Nitrogen isotopic fractionation on Titan atmosphere: An analysis of ALMA archive data

*佐川 英夫[1]、飯野 孝浩[2]、塚越 崇[3]
*Hideo Sagawa[1], Takahiro Iino[2], Takashi Tsukagoshi[3]

1. 京都産業大学、2. 東京農工大学、3. 国立天文台
1. Kyoto Sangyo University, 2. Tokyo University of Agriculture and Technology, 3. National Astronomical Observatory of Japan

窒素分子を主成分とするタイタン大気にはシアン化水素HCNやアセトニトリルCH_3CN，シアノアセチレンHC_3Nといった多様な窒素化合物群が含まれており，複雑な大気化学過程の存在が示されている．これら窒素化合物群における窒素同位体比$^{14}N/^{15}N$の計測も実施されており，窒素分子およびシアン化水素において，それぞれ 167±0.6 (Niemann et al. 2010) および 60 - 70 (e.g. Marten et al. 2002; Gurwell, 2004) が報告されている．これら同位体比は太陽および地球における同位体比である440および272からは大きく離れており，またタイタン大気内でも2 - 3倍という分別を示していることからも，タイタン大気内における特徴的な同位体分別過程の存在を示唆している．

タイタンはALMAのキャリブレーション用の天体として利用されていた経緯があり，900件以上のタイタンデータがALMAアーカイブに収録されている．それらの中には，限られた件数ではあるが，周波数分解能および空間分解能が十分に高く，タイタン大気中の微量成分のスペクトルが観測されたデータを見つけることが出来る．我々はそうしたALMAアーカイブからアセトニトリルの^{15}N置換体の輝線が検出されているデータを選出し，過去には観測例が無い同分子における$^{14}N/^{15}N$の導出を試みた．観測日は2015年4月29日であり，J = 19 - 18遷移に付随する380 GHz周辺の複数のK遷移を検出した．同位体比を定量する際には当然ながら^{14}Nを含むアセトニトリルの存在量も必要となるが，好都合なことに同日に観測された同観測プロジェクトに331 GHz周辺のJ = 18 - 17遷移のスペクトルが検出されており，アセトニトリルの高度分布はそれらのデータを用いて大気中の放射伝達計算を反転解析することで導出した．

アセトニトリルにおける$^{14}N/^{15}N$値は~50（速報値）であり，窒素分子よりシアン化水素分子に近い値を示した．また，ALMAの観測した分子輝線強度から導出されたシアノアセチレン中の$^{14}N/^{15}N$値 (67±14, Cordiner et al. 2018) とも調和的である．一方で，化学反応ネットワークシミュレーションで予想されている値 (70 - 200, Dobrijevic and Loison 2018) とは一致しなかった．今後はより詳細な$^{14}N/^{15}N$値の導出を試みるとともに，同位体分別過程の制約を目指す．

キーワード：タイタン大気、ALMA、同位体比
Keywords: Titan atmosphere, ALMA, isotopic fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigating the gas-to-dust ratio in the protoplanetary disk of HD 142527

*Soon Kang-Lou[1]、百瀬 宗武[1]、武藤 恭之[2]、塚越 崇[3]、片岡 章雅[3]、花輪 知幸[4]、深川 美里[3]、西合 一矢[3]、芝井 広[5]
*Soon Kang-Lou[1], Munetake Momose[1], Takayuki Muto[2], Takashi Tsukagoshi[3], Akimasa Kataoka[3], Tomoyuki Hanawa[4], Misato Fukagawa[3], Kazuya Saigo[3], Hiroshi Shibai[5]

1. 茨城大学、2. 工学院大学、3. 国立天文台、4. 千葉大学、5. 大阪大学
1. Ibaraki University, 2. Kogakuin University, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. Chiba University, 5. Osaka University

We present the ALMA observations of the 98.5 GHz dust continuum and the ^{13}CO J = 1 −0 and C^{18}O J = 1 −0 line emission towards the protoplanetary disk of HD 142527. The 98.5 GHz continuum shows a strong azimuthal-asymmetric distribution similar to the previously reported 336 GHz continuum, and its peak emission at the dust concentrated northern region is optically thin at approximately 8 K. In every position angle, the peak brightness temperature of C^{18}O J = 1 −0 emission (≦ 25 K) is lower than that of the optically thick ^{13}CO J = 3 −2 (≈ 36 K), indicating that the C^{18}O is optically thin. We derive the gas and dust surface densities, Σ_g and Σ_d, of the disk of HD 142527 by using the ALMA Band 3 and Band 7 observations. In the analyses we assume the local thermodynamic equilibrium and the disk temperature to be the same as the peak brightness temperature of ^{13}CO J = 3 −2 with continuum emission. We successfully derived the gas-to-dust ratio G/D, defined as Σ_g/Σ_d, distribution across the disk. The ratio varies azimuthally, where it is ~3 and ~20 in the disk northern and southern regions, respectively. We also found that Σ_g varies approximately as $\propto \Sigma_d^{0.5}$, or equivalently G/D $\propto \Sigma_d^{-0.5}$. In addition, our results show that the peak Σ_d is located ahead of the peak Σ_g; if the latter correspond to a vortex of high gas pressure, the results indicate that the dust are trapped ahead of the vortex, which is predicted by theoretical studies.

キーワード：HD 142527、原始惑星系円盤、ガス・ダスト比
Keywords: HD 142527, protoplanetary disk, gas-to-dust ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スパースモデリングによる原始惑星系円盤 HD142527の超解像イメージング

Super-resolution Imaging of the Protoplanetary Disk HD 142527 Using Sparse Modeling

*山口 正行[1,2]、秋山 和徳[3,2]、片岡 章雅[2,6]、塚越 崇[2]、武藤 恭之[4]、池田 思朗[5]、深川 美里[2]、本間 希樹[2,6]、川邊 良平[2,1,6]
*Masayuki Yamaguchi[1,2], Kazunori Akiyama[3,2], Akimasa Kataoka[2,6], Takashi Tsukagoshi[2], Takayuki Muto[4], Shiro Ikeda[5], Misato Fukagawa[2], Mareki Honma[2,6], Ryohei Kawabe[2,1,6]

1. 東京大学、2. 国立天文台、3. マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所、4. 工学院大学、5. 統計数理研究所、6. 総合研究大学大学院
1. The University of Tokyo, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Massachusetts Institute of Technology, Haystack Observatory, 4. Kogakuin University, 5. The Institute of Statistical Mathematics, 6. Graduate University for Advanced Studies

Recent Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) observations have provided new insights for planet formation process and simultaneously highlighted fundamental importance to pursue higher angular resolutions of observations to address opened questions. With the emphasis on improving the fidelity even at a super-resolution regime, many imaging techniques have been intensively developed in the last several years, which may provide substantial improvements in interferometric observations of protoplanetary disks. The CLEAN technique has been widely used, but recently, a new technique using the sparse modeling approach is suggested. This technique directly solves a set of undetermined equations and has been shown to behave better than the CLEAN technique based on mock observations with VLBI (Very Long Baseline Interferometry). However, it has never been applied to ALMA-like connected interferometers nor real observational data. In this work, for the first time, the sparse modeling technique is applied to observational data sets taken by ALMA. We evaluate the performance of the technique by comparing the resulting images with those derived by the CLEAN technique. We use two sets of ALMA archival data at Band 7 (~350GHz) for the protoplanetary disk around HD 142527. One is taken in the intermediate-baseline array configuration, and the other is in the longer-baseline array configuration. The image resolutions reconstructed from these data sets are different by a factor of ~ 3. With the two data sets independently taken by different array configurations, we show that SpM indeed achieves a higher fidelity than a multi-scale CLEAN technique, and provides consistent images from two data sets even beyond significant differences in angular resolutions by a factor ~ 3-4. Two SpM images consistently resolve radially and azimuthally asymmetric dust-grain emission of the outer disk, including a non-circular ridge shape well characterized by a simple logarithmic spiral. Resolved asymmetric structure of the outer disk provided by two SpM images may suggest complex gas kinematics near the inner-edge of the outer disk. Our results demonstrate that ongoing intensive developments of new imaging techniques will be ubiquitously beneficial to current and next-generation radio interferometers.

キーワード：アルマ望遠鏡、電波干渉計、画像再構成技術、原始惑星系円盤、惑星形成
Keywords: Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), Radio Interferometer, Image Processing Techniques, Protoplanetary Disk, Planet Formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALMA高空間分解観測で探るTタウリ型星RY Tauに付随する円盤の詳細構造

Detail Structures of Dust Disk around T-Tauri star RY Tau in ALMA High-Spatial Resolution Imaging

*小西 美穂子[1,2]、橋本 淳[1,2]、Hauyu Liu[3]、Ruobing Dong[4]、武藤 恭之[5]
*Mihoko Konishi[1,2], Jun Hashimoto[1,2], Hauyu Liu[3], Ruobing Dong[4], Takayuki Muto[5]

1. 自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター、2. 国立天文台、3. 中央研究院天文及天文物理研究所、4. ビクトリア大学、5. 工学院大学
1. Astrobiology Center, National Institute of Natural Science, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Institute of Astronomy and Astrophysics, Academia Sinica, 4. University of Victoria, 5. Kogakuin University

RY Tauは、質量が約2太陽質量・年齢が800万年程度の古典的Tタウリ型星である（e.g., Calvet et al. 2004）。赤外超過から原始惑星系円盤を持つことが知られており（e.g., Furlan et al. 2009）、またジェット構造が検出されている活発な天体である（e.g., St-Onge & Bastien 2008）。過去にCombined Array for Research in Millimeter-wave Astronomy (CARMA) 望遠鏡によってミリメートルサイズのダスト連続波で半径約0.1秒の穴構造が分解された（Isella et al. 2010）が、すばる望遠鏡を用いた近赤外線観測では0.4秒角以遠のダスト散乱光成分には円盤構造が検出されなかった（Takami et al. 2013）。我々がALMA望遠鏡のアーカイブデータのビジビリティを調べたところ、さらに詳細な円盤構造を持つ可能性があることがわかった。そのため、RY Tauに付随する円盤の高空間分解の観測を行った。

観測はプロジェクト2017.1.01460.S（PI: 橋本淳）のもとで2017年10月に行われた。観測帯域はBand 6（~230 GHz, ~1.3 mm）、総積分時間は5.14分である。ダスト連続波とともに3つの一酸化炭素同位体（^{12}CO, ^{13}CO, C^{18}O）も観測した。ALMAから提供されたコードでキャリブレーションを行い、CLEANアルゴリズムで像再生をおこなったところ、ビームサイズが0.087秒×0.036秒（方位角30.7度）の画像を得ることができた。結果、円盤のダスト放射光（傾斜角65.9度、方位角22.4度）をとらえることができ、既知の半径0.1秒程度の穴構造があることを確認した。さらに、半径0.35秒角程度のところに溝構造があること、内側のリング円盤に明るさの非対称が見られることを発見した。この溝構造の詳細な性質を調べるために、方位角方向に平均したビジビリティプロファイルを用いて、最適な円盤モデル（1つの穴構造と1つの溝構造をもつ）の推定を行った。マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いて最適解を求めたところ、この溝構造は細くて深いこと（幅が1.2天文単位、深さは周囲の明るさの0.41倍）がわかった。RY Tauに付随する円盤は大きな傾斜角（約66度）をもつにもかかわらず、細くて深い溝構造が分解されている。これは、円盤のスケールハイトが小さいこと（約0.27天文単位以下）を示唆している。この系では、乱流が小さいなどのメカニズムによってダストが沈殿しているのかもしれない。

なお、RY Tauの距離はGaiaのデータリリース1（178パーセク）と2（440パーセク）で大きく異なっている。本観測および過去のALMA観測で検出された^{12}COガスの速度分布から、178パーセクの可能性が高いことを導いた。本予稿では178パーセクを用いて距離の換算を行っている。

キーワード：原始惑星系円盤、円盤構造、ダスト連続波
Keywords: Protoplanetary Disk, Disk Structures, Dust Continuum

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Possible inclined inner protoplanetary disk

*橋本 淳[1]、小西 美穂子[1]、鵜山 太智[2]、Ginski Christian[3]、Samland Matthias[4]
*Jun Hashimoto[1], Mihoko Konishi[1], Taichi Uyama[2], Christian Ginski[3], Matthias Samland[4]

1. 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、2. 東京大学、3. アムステルダム大学、4. マックス・プランク研究所
1. AstroBiology Center, National Institutes of Natural Sciences, 2. University of Tokyo, 3. University of Amsterdam, 4. Max Planck Institute for Astronomy

A young embedded planet in the protoplanetary disk is expected to interact with a parent disk. When the planet is inclined and massive enough (> 1 Jupiter mass), the disk-planet interaction theory predicts the disk inside the planetary orbit breaks from the outer disk. Such a misaligned inner disk can both warp gas velocity structures observed by ALMA and cast the shadows in the outer disk in the near-infrared image. By analyzing the position of the shadows in the outer disk, one can estimate the inclination of the inner disk relative to the outer disk. Furthermore such systems with shadows should be promising targets for searching young inclined planets in the disks, and would help understanding of planetary orbital evolution.

As a part of our survey in archival data obtained with VLT/SPHERE which is the high contrast instrument in near-infrared, we reduced LkHa 330. LkHa 330 is a T Tauri star with a mass of 2.2 solar mass and known to possess gap and spiral structures. By reducing VLT/SPHERE archival data at H band (1.6 micron), we found shadow structures at PA of 85 and 280 degree in the outer disk at 38 AU in radius. We also found a possible bright blob at PA of 160 degree with a separation of 23 AU from the central star. In the poster, we discuss the inclination of the inner disk by comparing our Monte Carlo radiative transfer calculations for the inclined disks and mention future ALMA proposal plan.

キーワード：原始惑星系円盤
Keywords: protoplanetary disk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Search for the Inner Disk Structures in "Transitional" Disks

*武藤 恭之[1]、橋本 淳[2]、塚越 崇[3]、小西 美穂子[3]、工藤 智幸[3]
*Takayuki Muto[1], Jun Hashimoto[2], Takashi Tsukagoshi[3], Mihoko Konishi[3], Tomoyuki Kudo[3]

1. 工学院大学　教育推進機構、2. アストロバイオロジーセンター、3. 国立天文台
1. Division of Liberal Arts, Kogakuin University, 2. Astrobiology Center, 3. NAOJ

We present the ALMA archival search efforts for the discovery search for the inner disk structures in transitional disks. Transitional disks are the class of protoplanetary disks that have inner cavity. Recent discovery of the inner (a few AU scale) ring structures in the DM Tau disk (Kudo et al. 2018, ApJL, 868, L5) indicates that even if there is no detection of near infrared (NIR) excess in SED, the disk may still harbor an inner disk within a known large cavity structures. Such inner disk structures are important in understanding (extrasolar) planet formation since a few AU corresponds to the scale of the orbits of the planets within our Solar System.

A few AU region from the central star can be only probed by high resolution observations with ALMA. Such region is too cold to account for NIR excess while modest resolution (~0.2asec) radio observations can still not resolve the region at the typical distance (~140 pc) of protoplanetary disks.

We have conducted ALMA archival search for the potential transitional disk targets that may harbor inner disks. We present the methods of our search and possible candidates that deserve follow-up ALMA high resolution observations.

キーワード：原始惑星系円盤、電波観測
Keywords: Protoplanetary Disk, Radio Astronomy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 104 1F

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)、座長:瀬古 弘(気象研究所)、小玉 知央 (国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

気象学を含む様々な分野において、「京」コンピュータや地球シミュレータ等の高性能スーパーコンピュータを用いて、最先端のシミュレーション研究が行われている。高性能スーパーコンピュータにより、解像度やアンサンブル数等において従来より桁で上回る計算や、これまでにない高頻度高密度な観測ビッグデータを用いたデータ同化が可能になり、気象学の新たな展開が生まれつつある。また、「京」の後継機であるポスト「京」スーパーコンピュータを稼働させるべく開発が進められており、これに向けた研究もスタートしている。「スパコンによる大気科学」では、2019年大会において、気象・気候・環境科学の最先端のシミュレーション研究をテーマとし、「京」や他のスーパーコンピュータを用いた最新の成果や新たなシミュレーション研究の展開に関する発表を募集する。

9:00 ~ 9:15

[AAS01-01] Data Assimilation Studies using Big Observation Data in the Projects of Post K and BDA

*瀬古 弘[1]、國井 勝[2]、澤田 洋平[1]、岡本 幸三[1]、横田 祥[1]、伊藤 耕介[3]、下地 和希[2] (1.気象研究所、2.気象庁、3.琉球大学)

9:15 ~ 9:30

[AAS01-02] **High-resolution Numerical Weather Simulation with a Large Domain for Extreme Heavy Rainfall Events**

*大泉 伝[1,2]、斉藤 和雄[4,3]、le duc[1]、伊藤 純至[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.気象研究所、3.東京大学大気海洋研究所、4.気象業務支援センター)

9:30 ~ 9:45

[AAS01-03] Quasi-liner convective systemによって生じた竜巻の数値シミュレーション

★招待講演

*栃本 英伍[1]、新野 宏[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

9:45 ~ 10:00

[AAS01-04] Improving the observation operator for Phased Array Weather Radar in the SCALE-LETKF system

*雨宮 新[1]、本田 匠[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所　計算科学研究センター)

10:00 ~ 10:15

[AAS01-05] Data assimilation and forecast experiments for the record-breaking rainfall event in Japan in July 2018 with NICAM-LETKF at 112-km and 28-km resolution

*寺崎 康児[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[AAS01-06] Model Parameter Estimation with Data Assimilation Using NICAM-LETKF

★Invited Papers

*小槻 峻司[1]、佐藤 陽祐[2]、寺崎 康児[1]、八代 尚[1]、富田 浩文[1]、佐藤 正樹[3]、三好 建正[1] (1.国立研究開発法人理化学研究所　計算科学研究センター、2.名古屋大学大学院　工学研究科、3.東京大学　大気海洋研究所)

Data Assimilation Studies using Big Observation Data in the Projects of Post K and BDA

*瀬古 弘[1]、國井 勝[2]、澤田 洋平[1]、岡本 幸三[1]、横田 祥[1]、伊藤 耕介[3]、下地 和希[2]
*Hiromu Seko[1], Masaru Kunii[2], Yohei Sawada[1], Kozo Okamoto[1], Sho Yokota[1], Kosuke Ito[3], Kazuki Shimoji[2]

1. 気象研究所、2. 気象庁、3. 琉球大学
1. Meteorological Research Institute, 2. Japan Meteorological Agency, 3. University of the Ryukyus

In the projects of 'Advancement of meteorological and global environmental predictions utilizing observational Big Data' of 'The post K computer development plan of the FLAGSHIP2020 Project' and 'Innovating "Big Data Assimilation" Technology for Revolutionizing Very-short-range Severe Weather Prediction', the data assimilation techniques including the coupling with the ocean model have been developed to improve the prediction accuracy of heavy rainfalls, typhoons and tornadoes, and to obtain the longer leading time (the time from the prediction to the occurrences of severe phenomena). The most of these studies were conducted by using the super computer 'K' and Big Observation Data. In this presentation, the impacts of rapid scan'atmospheric motion vector' and sea surface temperature of Himawari-8 on the Typhoon intensity and track predictions and on the rainfall predictions of heavy rainfalls, the assimilation results of all-sky radiance data in the convection scale prediction, and the reproduction of rainfall system that caused tornadoes by the data of Polarization radar and dense surface observation network will be presented.

キーワード：データ同化、観測ビッグデータ
Keywords: Data Assimilation, Big Observation Data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-resolution Numerical Weather Simulation with a Large Domain for Extreme Heavy Rainfall Events

*大泉 伝[1,2]、斉藤 和雄[4,3]、le duc[1]、伊藤 純至[3]
*Tsutao OIZUMI[1,2], Kazuo Saito[4,3], le duc[1], Junshi Ito[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 気象研究所、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 気象業務支援センター
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Meteorological Research Institute, 3. The Atmosphere and Ocean Research Institute, 4. Japan Meteorological Business Support Center

In Japan, heavy rainfall occasionally causes disasters such as debris flows. For example, debris flows induced severe societal damages in Izu Oshima Island on 15-16 October 2013 and in Hiroshima City on 19-20 August 2014, western Japan on July 5th –8th 2018. To mitigate these disasters damage and evacuate residents in a timely fashion, an accurate numerical weather prediction (NWP) system is important.
In this study, we conducted an ultra-high resolution NWP simulations (grid spacing is 5 km to 150 m) with a large and small domain area to above heavy rainfall events. Several important model factors (grid spacing, PBL scheme model domain size) influencing heavy rainfall forecasting in NWP models were investigated. The model was an optimized version of the Japan Meteorological Agency Non-Hydrostatic Model for the supercomputer “K”.
The result showed the 2-km grid spacing models showed better precipitation performance than 5-km resolution models. And the 500-m resolution models showed better precipitation performance than 2-km grid spacing models. The 2-km and 500-m grid spacing models with the large model domain show better performance than those with the small domain. Overall, the results indicated that using a high-resolution model (500-m grid spacing) with the large model domain area provides an advantage for simulating heavy rain events.

キーワード：集中豪雨、高解像度実験、気象庁非静力学モデル
Keywords: heavy rainfall, high resolution simulation, JMA-NHM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quasi-liner convective systemによって生じた竜巻の数値シミュレーション
A Numerical Case Study on a Tornado that Formed in a Quasi Linear Convective System

*栃本 英伍[1]、新野 宏[1]
*Eigo Tochimoto[1], Hiroshi Niino[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Tornadoes are mainly classified into three groups based on different types of convective systems: supercells, quasi-linear convective systems (QLCSs), and non-supercells. In the United States, it is estimated that 18% of all tornadoes are spawned by QLCSs. In Japan, although tornadoes associated QLCSs also occur and cause severe damages, the detailed features and formation mechanism of tornadoes have not been well under stood. Thus, we performed a high-resolution numerical simulation to reproduce and examine the formation process of a tornado that formed in a quasi linear convective system at Chiyoda-town, Ibaraki prefecture, Japan on 8 December 1992.

A quadruple-nested simulation using Japanese Meteorological Agency non-hydrostatic model was performed. A simulation with horizontal scale of 2km successfully reproduced the QLCS, which propagated eastward quickly and reached around Chiyoda-town at 0830 JST. A cold pool and its associated downdrafts existed behind the convection region with strong updrafts (>10m/s). A simulation with the finest horizontal scale of 50m successfully reproduced the tornado in the QLCS. The vertical vorticity and horizontal velocity exceeded 0.7 $s^{-1}$and 47m/s, respectively. At around 500m height, a low-level mesocyclone, which was accompanied by strong updrafts (>20m/s), formed and developed around the location of tornadogenesis. Near the surface, at 1 or 2 minutes before the tornadogenesis, strong rear-inflow jet (RIJ) accompanied by relatively cold air developed, and then tornado formed in the north of the RIJ. Thus, it is suggested that the RIJ play some roles in the formation and development of the tornado.

キーワード：竜巻、対流
Keywords: Tornado, Convection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improving the observation operator for Phased Array Weather Radar in the SCALE-LETKF system

*雨宮 新[1]、本田 匠[1]、三好 建正[1]
*Arata Amemiya[1], Takumi Honda[1], Takemasa Miyoshi[1]

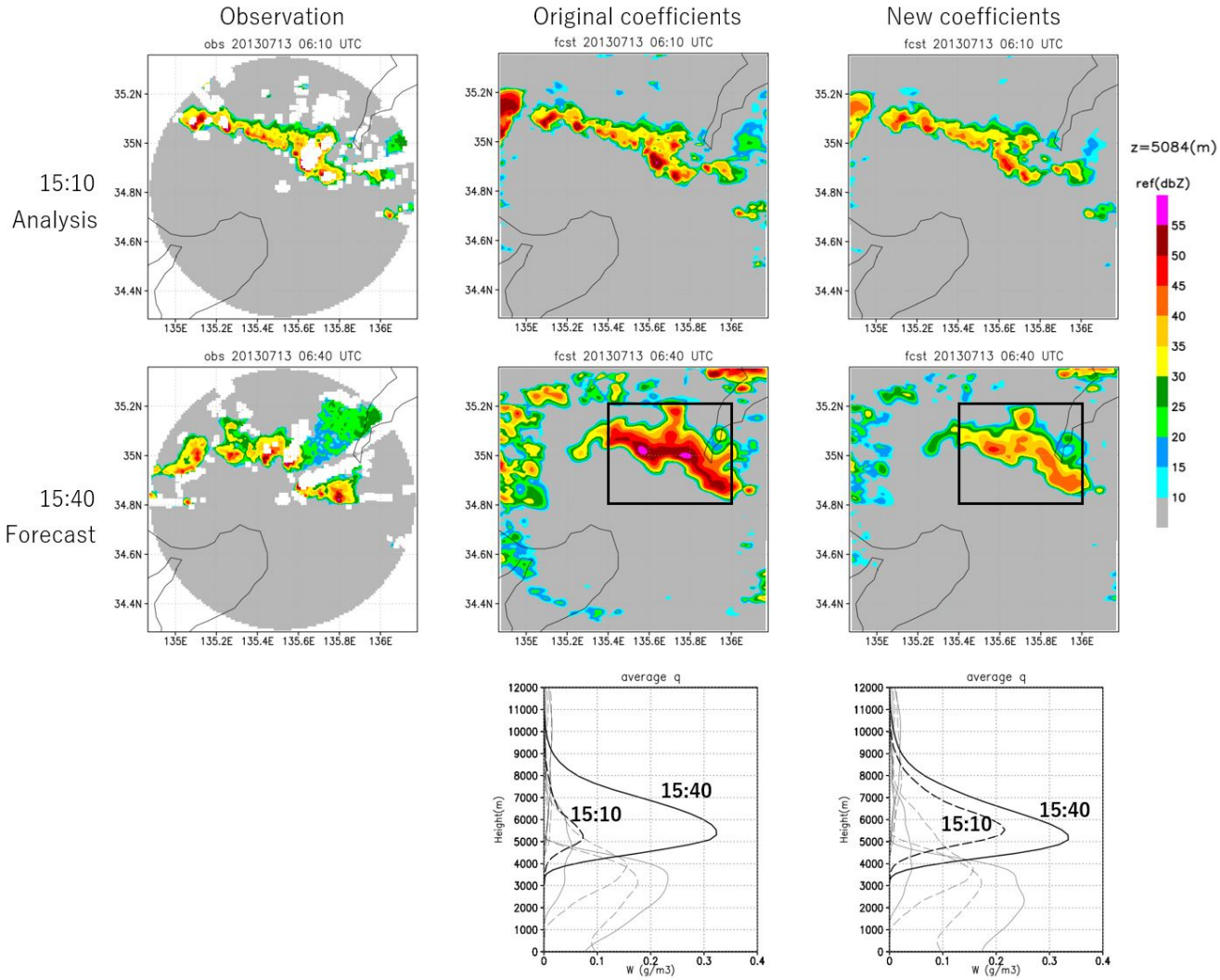
1. 理化学研究所　計算科学研究センター
1. RIKEN Center for Computational Science

The observation operator of Phased Array Weather Radar (PAWR; Ushio et al. 2014; Yoshikawa et al. 2013) in the SCALE-LETKF data assimilation system (Lien et al., 2017) is revisited, and the impact of improving the observation operator on the analysis is examined.
Previous studies (Miyoshi et al., 2016, *IEEE*; Miyoshi et al., 2016, *BAMS*) have shown that the three-dimensional fine-scale structure of radar signals observed by PAWR can be successfully assimilated to produce a high-resolution analysis using a regional model SCALE-RM and the local ensemble transformed Kalman filter (LETKF). Forecasts using a high-resolution regional model from the analysis field has a potential to provide reliable precipitation forecasts for longer period of time than a simple nowcasting technique based on an advection scheme, since the explicit physical processes would allow us to capture the development of new convective cells. However, even with an analysis field incorporating such detailed observational data, accurate forecasting of localized convection systems is generally a challenging issue. In the previous studies mentioned above, there was a known problem that the area of strong radar echo calculated from the forecast field starts to expand unrealistically even within several minutes. Along with systematic model biases and imbalance, the observation operator could be the cause of this misrepresentation. Therefore, the observation operator of PAWR is revisited in this study.
The observation operator calculates equivalent radar reflectivity factor (Z_e [mm6/m3]) from hydrometeor mass density of each particle categories (W [g/m^2]). The cloud microphysics scheme in SCALE-RM (Tomita et al., 2008) is a 1-moment 6-caterogy scheme. They include 3 categories for precipitation particles, namely, rain, snow, and graupel. The relation between Z_e and each of W is obtained by an offline numerical calculation of Mie scattering and approximated in the form of an exponential function.
$Z_e = \alpha_r \exp(\beta_r) + \alpha_s \exp(\beta s) + \alpha_g \exp(\beta_g)$
Previous studies used values from a literature (Xue et al., 2009) for the coefficients. However, the coefficients used for graupel (α_g and β_g) has been originally calculated using assumptions about the particle size distribution different from those in SCALE-RM. In particular, a multiplicative factor of the particle size distribution of graupel in SCALE-RM is much smaller in their calculation ($N_0 = 3 \times 10^4$ m^{-4}) than that in SCALE-RM ($N_0 = 4 \times 10^6$ m^{-4}). This leads to an underestimation in sensitivity of graupel mass to observed radar reflectivity factor.
The new coefficients for graupel are chosen to be consistent with the SCALE-RM cloud microphysics scheme using the Joint-Simulator developed by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). The results are $\alpha_g = 5.54 \times 10^3$, $\beta_g = 1.70$, where the original values from the literature are $\alpha_g = 8.18 \times 10^4$, $\beta_g = 1.50$.
The case study of PAWR assimilation on the localized short-duration heavy rain event on July 13, 2013 is performed again using the new coefficients and compared to previous results (Miyoshi et al., 2016, *IEEE*; Miyoshi et al., 2016, *BAMS*).
The results are shown in Fig. 1. With the new set of coefficients in PAWR observation operator, the evolution for the 30-minute forecast period is closer to the observation than that with the original coefficients. The rapidly-growing unrealistic spread of a large reflectivity area are significantly suppressed. The difference is also clear in the vertical profiles of area-averaged graupel mass. The rapid increase of graupel in the middle troposphere in the conventional forecast experiment implies the recovery from the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

imbalance by inconsistency between the observation operator and cloud microphysics scheme. The new coefficients lead to improve hte imbalance and provide physically more consistent analysis fields. To further improve PAWR assimilation, this modification to the observation operator allows us to focus on other factors such as a model error treatment as the next step.

キーワード：データ同化、気象予報、降水レーダー
Keywords: Data Assimilation, Weather forecasting, Precipitation radar



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data assimilation and forecast experiments for the record-breaking rainfall event in Japan in July 2018 with NICAM-LETKF at 112-km and 28-km resolution

*寺崎 康児[1]、三好 建正[1]
*Koji Terasaki[1], Takemasa Miyoshi[1]

1. 理化学研究所計算科学研究センター
1. RIKEN Center for Computational Science

In July 2018, an active Baiu front caused record-breaking rainfalls and disasters in broad areas in western Japan. This study performs data assimilation and forecast experiments using the NICAM-LETKF system (Terasaki et al. 2015, Terasaki et al. 2017) at 112-km and 28-km resolution with 32 ensemble members. The computational efficiency is essential to run the high-resolution data assimilation cycle. Yashiro et al. (2016) developed a new NICAM-LETKF system to reduce the computational cost of the LETKF part by considering a throughput-aware framework. Data assimilation experiments are performed with conventional observations and advanced microwave sounding unit-A (AMSU-A) satellite radiances for one month starting at 0000 UTC 10 June 2018. Next, forecast experiments are initialized every day at 0000 UTC on 1-5 July 2018. The results show that the 28-km resolution experiment outperforms the 112-km resolution experiment for the location and intensity of the heavy rainfall, although the precipitation amount is significantly underestimated compared with the observation. The locations of the Pacific and Okhotsk highs determine the location of the Baiu front. The 112-km resolution may be too coarse to resolve these phenomena sufficiently.
More than a half of the computational time of the LETKF was occupied by file I/O in the previous NICAM-LETKF system. The new NICAM-LETKF system successfully accelerated by reducing the I/O time to be about 20% of the computational time of the LETKF.

キーワード：データ同化、数値予報、NICAM-LETKF、集中豪雨
Keywords: Data assimilation, Numerical weather prediction, NICAM-LETKF, Heavy rainfall

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Model Parameter Estimation with Data Assimilation Using NICAM-LETKF

*小槻 峻司[1]、佐藤 陽祐[2]、寺崎 康児[1]、八代 尚[1]、富田 浩文[1]、佐藤 正樹[3]、三好 建正[1]
*Shunji Kotsuki[1], Yousuke Sato[2], Koji Terasaki[1], Hasashi Yashiro[1], Hirofumi Tomita[1], Masaki Satoh[3], Takemasa Miyoshi[1]

1. 国立研究開発法人　理化学研究所　計算科学研究センター、2. 名古屋大学大学院　工学研究科、3. 東京大学　大気海洋研究所
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

This study aims to improve forecasts of numerical weather prediction (NWP) models by optimizing model parameters with data assimilation. Kotsuki et al. (2018a, JGR) succeeded in improving global precipitation forecasts at 112-km-resolution NICAM (Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model) by estimating a parameter called B1 of Berry (1967)’s large-scale condensation scheme using satellite-observed precipitation data and the Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF).

Extending the previous study, this study explores to improve the forecasts further using other satellite observations. This study estimates the parameter B1 as a global-constant parameter with cloud liquid water (CLW) data observed by GCOM-W/AMSR2. The parameter estimation successfully reduces excessive bias in CLW although precipitation forecasts are degraded. In addition, this study extends to estimate spatial distributions of the B1 parameter. The spatially-varying B1 parameter shows the best agreement to the spatial pattern of observed LWP. This presentation will include the most recent progress up to the time of the meeting.

キーワード：モデルパラメータ推定、大規模凝結、アンサンブルカルマンフィルタ、雲水量、放射収支、NICAM-LETKF
Keywords: Model Parameter Estimation, Large Scale Condensation, Ensemble Kalman Filter, Liquid Water Path, Radiation Budget, NICAM-LETKF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 104 1F

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)、座長:滝川 雅之(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、三好 建正(理化学研究所計算科学研究機構)

気象学を含む様々な分野において、「京」コンピュータや地球シミュレータ等の高性能スーパーコンピュータを用いて、最先端のシミュレーション研究が行われている。高性能スーパーコンピュータにより、解像度やアンサンブル数等において従来より桁で上回る計算や、これまでにない高頻度高密度な観測ビッグデータを用いたデータ同化が可能になり、気象学の新たな展開が生まれつつある。また、「京」の後継機であるポスト「京」スーパーコンピュータを稼働させるべく開発が進められており、これに向けた研究もスタートしている。「スパコンによる大気科学」では、2019年大会において、気象・気候・環境科学の最先端のシミュレーション研究をテーマとし、「京」や他のスーパーコンピュータを用いた最新の成果や新たなシミュレーション研究の展開に関する発表を募集する。

10:45 ~ 11:00

[AAS01-07] 3D debris flow simulations by using smoothed particle hydrodynamics (SPH) method

*上田 翔士[1]、細野 七月[2]、山敷 庸亮[1] (1.京都大学、2.JAMSTEC)

11:00 ~ 11:15

[AAS01-08] **Regional atmospheric data assimilation coupled with an ocean mixed layer model: a case of typhoon Soudelor (2015)**

*高玉 孝平[1]、本田 匠[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所)

11:15 ~ 11:30

[AAS01-09] Effective Radiative Forcing and Climate Response to Short-Lived Climate Pollutants Under Different Scenarios

Hua Zhang[1]、*Bing Xie[1]、Zhili Wang[1] (1.China Meteorological Administration)

11:30 ~ 11:45

[AAS01-10] **The NICAM–SPRINTARS simulation of the long-range transport of black carbon using the K computer**

★Invited Papers

*山下 陽介[1]、滝川 雅之[1]、五藤 大輔[2]、八代 尚[3]、佐藤 正樹[4,1]、金谷 有剛[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1] (1.海洋研究開発機構、2.国立環境研究所、3.理研計算科学、4.東京大学大気海洋研究所)

11:45 ~ 12:00

[AAS01-11] High-resolution, ensemble simulations of intense tropical cyclones and their stochasticity during the El Niños of 1997 and 2015

*山田 洋平[1]、小玉 知央[1]、佐藤 正樹[1,2]、中野 満寿男[1]、那須野 智江[1]、杉 正人[3] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象庁気象研究所)

12:00 ~ 12:15

[AAS01-12] **NICAM results of the project DYAMOND for global storm-resolving model intercomparison**

★Invited Papers

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

3D debris flow simulations by using smoothed particle hydrodynamics (SPH) method

*上田 翔士[1]、細野 七月[2]、山敷 庸亮[1]
*Shoji Ueta[1], Natsuki Hosono[2], Yosuke Alexandre Yamashiki[1]

1. 京都大学、2. JAMSTEC
1. Kyoto University, 2. JAMSTEC

Yamashiki et al. (2012) and Yamashiki et al. (2013) perform laboratory experiments that represent a debris flow. We use smoothed particle hydrodynamics (SPH), Lagrangian numerical hydrodynamics method, and reproduce the experiments by 2D simulations. We find that water does not erode rock by using same size particles between water and rock, but that water can erode rock by using smaller size water particles than rock particle. We could extend this 2D simulation to 3D one and reproduce more realistic results.
Also, debris flows include not only rock and water but also mud. We developed a 3D SPH code that includes the solid-liquid mutual interaction with fully SPH manner to deal with multiphase flow well. We compare the results of the code with the results of a land slide experiment and some simulations in Igarashi et al. (2012) and find that we can get the results similar to those of experiments. We also try to perform more realistic debris flow simulationsin Hiroshima in 2014’s cases.

キーワード：土石流、SPH
Keywords: debris flow, smoothed particle hydrodynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Regional atmospheric data assimilation coupled with an ocean mixed layer model: a case of typhoon Soudelor (2015)

*高玉 孝平[1]、本田 匠[1]、三好 建正[1]
*Kohei Takatama[1], Takumi Honda[1], Takemasa Miyoshi[1]

1. 理化学研究所
1. RIKEN

This study investigates the effect of atmosphere-ocean coupling in a regional atmospheric data assimilation system for a case of Typhoon Soudelor (2015). A simple ocean mixed layer model, known as the Price-Weller-Pinkel (PWP) model, has been implemented into a regional atmospheric data assimilation system SCALE-LETKF.

The results show that the PWP model produced reasonable sea surface temperature (SST) fields in response to the atmospheric flow, particularly, dropping SST associated with the typhoon’s mixing the ocean upper layers. However, the analyzed track and intensity of the typhoon were not improved by coupling the PWP model. This can be explained by lower SSTs and by smaller ensemble spread of near surface atmospheric temperature. In the atmosphere-ocean coupling system, the stronger a typhoon, the cooler the SSTs via heat releases from the ocean surface and via vertical mixing of the upper ocean. These processes induce negative feedback for the typhoon development, so that the typhoon growth rates are suppressed (enhanced) in ensemble members with strong (weak) typhoon. This results in more similar typhoon intensities among ensemble members. Therefore, the coupled system reduces the ensemble spreads in the atmospheric fields associated with typhoon. The presentation will include the most up-to-date results at the time of the conference.

キーワード：データ同化、台風、大気海洋相互作用
Keywords: Data Assimilation, Typhoon, Air-Sea Interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

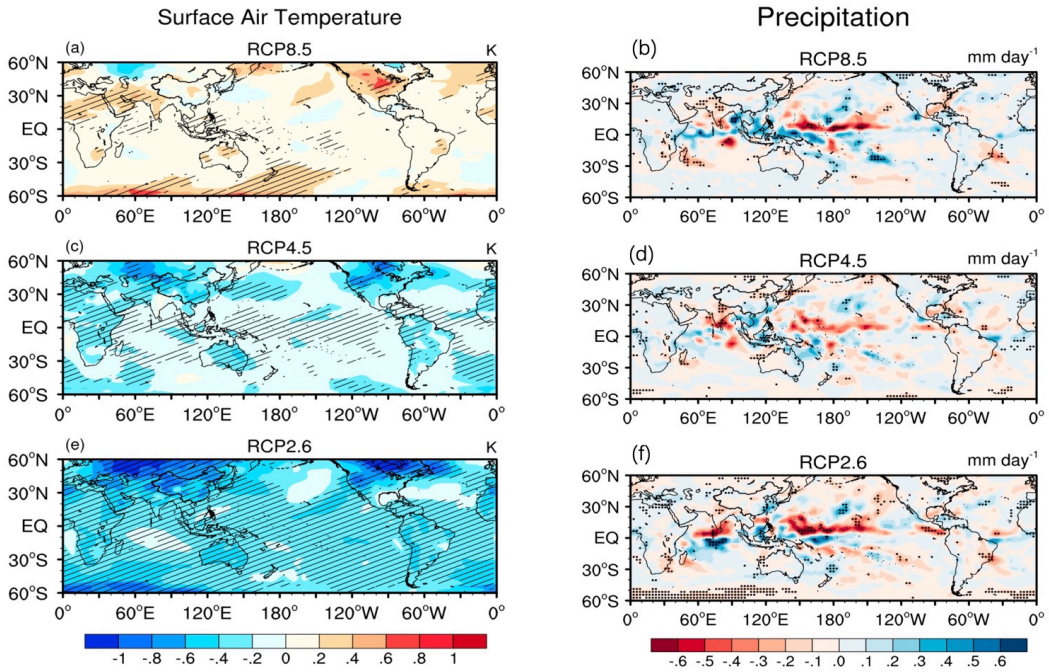
Effective Radiative Forcing and Climate Response to Short-Lived Climate Pollutants Under Different Scenarios

Hua Zhang[1], *Bing Xie[1], Zhili Wang[1]

1. China Meteorological Administration

We used an online aerosol-climate model (BCC_AGCM2.0_CUACE/Aero) to simulate effective radiative forcing and climate response to changes in the concentrations of short-lived climatic pollutants (SLCPs), including methane, tropospheric ozone, and black carbon, for the period 2010–2050 under Representative Concentration Pathway scenarios (RCPs) 8.5, 4.5, and 2.6. Under these three scenarios, the global annual mean effective radiative forcing were 0.1, 0.3, and 0.5 W m^{-2}, respectively. Under RCP 8.5, the change in SLCPs caused significant increases in surface air temperature (SAT) in middle and high latitudes of the Northern Hemisphere and significant decreases in precipitation in the Indian Peninsula and equatorial Pacific. Global mean SAT and precipitation increased by 0.13 K and 0.02 mm d^{-1}, respectively. The reduction in SLCPs from 2010 to 2050 under RCPs 4.5 and 2.6 led to significant decreases in SAT at high latitudes in the Northern Hemisphere. Precipitation increased slightly in most continental regions, and the Intertropical Convergence Zone moved southward under both of these mitigation scenarios. Global mean SAT decreased by 0.20 and 0.44 K, and global averaged precipitation decreased by 0.02 and 0.03 mm d^{-1}under RCPs 4.5 and 2.6, respectively.

Keywords: SLCP/SLCF, ERF, Climate response



The spatial distribution of (left column) surface air temperature and (right column) precipitation resulting from changes of SLCPs, from 2010 to 2050, in (a and b) Representative Concentration Pathway 8.5 (RCP8.5), (c and d) RCP4.5, and (e and f) RCP2.6. The areas with “・” and “/” passed the 95% significance test.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The NICAM-SPRINTARS simulation of the long-range transport of black carbon using the K computer

*山下 陽介[1]、滝川 雅之[1]、五藤 大輔[2]、八代 尚[3]、佐藤 正樹[4,1]、金谷 有剛[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1]
*Yousuke Yamashita[1], Masayuki Takigawa[1], Daisuke Goto[2], Hisashi Yashiro[3], Masaki Satoh[4,1], Yugo Kanaya[1], Fumikazu Taketani[1], Takuma Miyakawa[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 国立環境研究所、3. 理研計算科学、4. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS), 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM)-SPRINTARS is the global aerosol transport model, which has been developed to calculate global aerosol transport and its influences on radiation and precipitation incorporated with the NICAM. The latest model is developed to include the forest fire emission with daily time-scales and has fine horizontal resolution with 56 km, which is capable of simulating fine scales transport processes of aerosols such as the accumulation of black carbon (BC) behind the cold front, and the wetdeposition process around the low-pressure system.
The large and continuous forest fire emission occurred around Lake Baikal of Siberia in September 2016. The observation of BC was performed from August to October by observational cruise of R/V Mirai (MR16-06) possessed by Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), and the maximum BC concentration was detected in 25-26 September around Aleutian Islands. These results imply the long-range transport of BC from Lake Baikal to Aleutian Islands, however, possibility of detection of anthropogenic BC emitted in Asia is not ruled out.
To analyze the origin and transport pathway of observed BC by R/V Mirai observation, we performed the experiments of the NICAM-SPRINTARS with anthropogenic and forest fire emission (Ant+Fire simulation) using the K computer. To estimate anthropogenic BC impact, the simulation without fire emission was performed (Ant simulation). Without fire emission, the BC concentration in 25-26 September is much smaller than observation, indicating small impact of anthropogenic BC on this event. In this event the BC is trapped behind the cold front and beyond the warm front to indicate high concentration peak (about 300 ng/m^3) of surface BC with sharp temporal change. This high concentration event is well simulated by the latest 56-km model, however, the low horizontal resolution experiments about 220-km show relatively low concentration peak (about 100-150 ng/m^3) with roughly temporal change.
We also estimate the BC transport to Arctic. The 56-km model simulation with Siberian forest fire emission (Ant+FireSb simulation) indicates a larger increase in Arctic column BC from 22 to 27 September than the Ant simulation, however, the 220-km model simulations indicate no significant difference of the Arctic column BC level to the Ant simulation.
These results indicate that one noticeable impact of latest model development is achieved by replacing the model's horizontal resolution being 56-km, which is capable of simulating the fine structure of long-range BC transport to impact on the low human activity area such as Arctic and ocean.

キーワード：黒色炭素、エアロゾル輸送モデル、「京」コンピューター
Keywords: black carbon, aerosol transport model, K computer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-resolution, ensemble simulations of intense tropical cyclones and their stochasticity during the El Niños of 1997 and 2015

*山田 洋平[1]、小玉 知央[1]、佐藤 正樹[1,2]、中野 満寿男[1]、那須野 智江[1]、杉 正人[3]
*Yohei Yamada[1], Chihiro Kodama[1], Masaki Satoh[1,2], Masuo Nakano[1], Tomoe Nasuno[1], Masato Sugi[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 気象庁気象研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The university of Tokyo, 3. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

Extreme El Niño events affect the number of intense tropical cyclones (ITCs) over the western North Pacific (e.g., Camargo and Sobel, 2005; Chan 2007). Extreme El Niño events were observed in 1997 and 2015. In the both years, the number of ITC were above normal in the western North Pacific. In order to clarify how, and to what extent, sea surface temperature (SST) anomaly distributions control the ITCs genesis, we conducted 50-member ensemble simulations for boreal summer in 1997 and 2015 using a global nonhydrostatic model called NICAM (Satoh et al. 2014) with a horizontal grid interval of 14 km. Clouds were explicitly calculated using a single-moment bulk microphysics scheme without cumulus convection scheme. The sea surface temperature was nudged toward observed SST data using a slab ocean model.
We found no robust control of ITCs by a prescribed SST distribution. These simulations showed that, even if the same SST was used as the boundary condition for each ensemble simulation, the number of ITCs varied substantially among members. This means that uncertainty remains large for seasonal forecasts of ITC activity. However, the ensemble simulations showed a clear relationship between the number of ITCs and their genesis locations in the western North Pacific. We compared environmental conditions between ensemble members. We found that the simulated numbers of ITCs in the western North Pacific were also closely related to the strength of the monsoon trough, which stochastically varies under given SST conditions. This indicates that reliable seasonal forecasting of ITCs depends on our ability to accurately reproduce the monsoon trough, whose strength is modulated mainly by internal atmospheric variability as well as SST.

キーワード：強い台風、モンスーントラフ、エルニーニョ、高解像度全球非静力学モデル、アンサンブルシミュレーション
Keywords: intense tropical cyclone, monsoon trough, El Niño, high resolution global nonhydrostatic model, ensemble simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

NICAM results of the project DYAMOND for global storm-resolving model intercomparison

*佐藤 正樹[1]、澁谷 亮輔[2]、小玉 知央[2]
*Masaki Satoh[1], Ryosuke Shibuya[2], Chihiro Kodama[2]

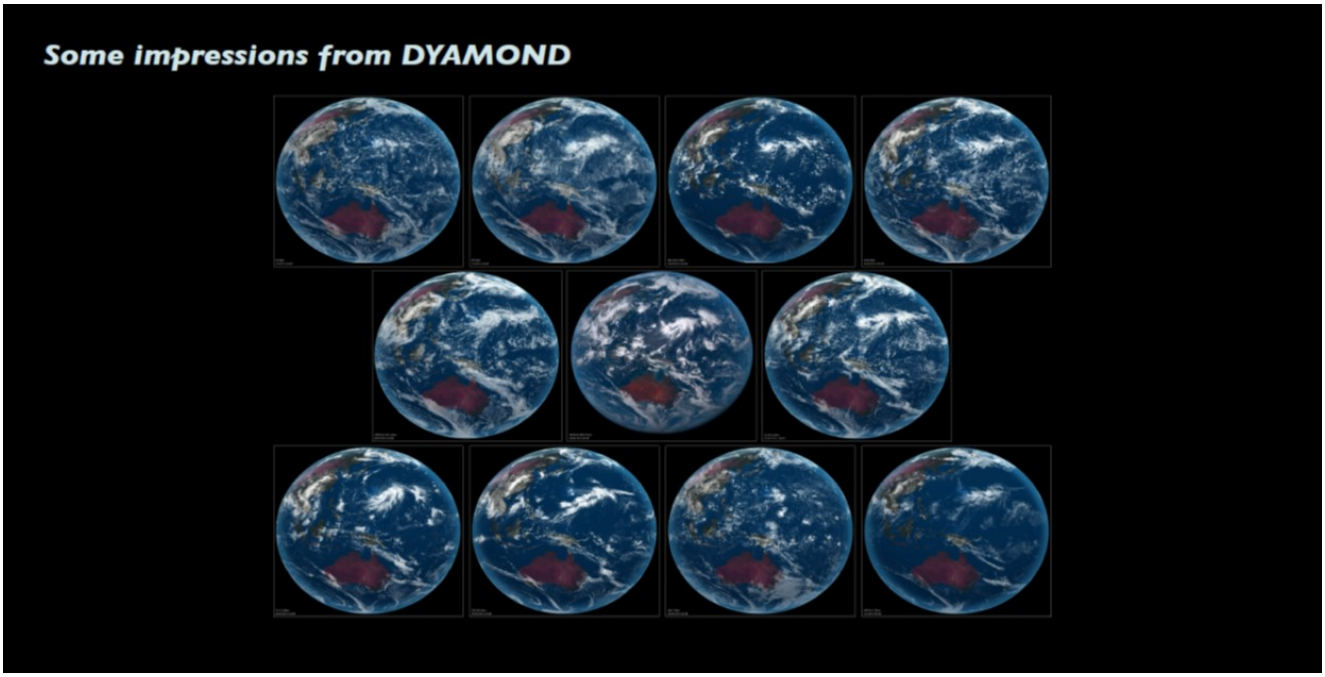
1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. JAMSTEC

Project DYAMOND (DYnamics of the Atmospheric general circulation Modeled On Non-hydrostatic Domains; https://www.esiwace.eu/services/dyamond) describes a framework for the intercomparison of an emerging class of atmospheric circulations model that, through their resolution of the major modes of atmospheric heat transport, endeavor to represent the most important scales of the full three-dimensional fluid dynamics of the atmospheric circulation.

Nine models submitted simulations of the forty day intercomparison period. Eight of these employed a tiling of the sphere that was uniformly less than 5km. At these scales vertical accelerations that are non-hydrostatic become important, and convective storms in the tropics can be resolved by the underlying equations of motion. The models and some basic characteristics of their output are described in more detail, as is the availability and planned use of this output for future scientific study.

In this presentation, I will show some results of the DYAMOND simulations with NICAM and current status of DYAMOND with a list of possible participants, together with diagnostics considered.

キーワード：全球非静力学モデル、NICAM、DYAMOND、全球ストーム解像モデル
Keywords: Global nonhydrostatic model, NICAM, DYAMOND, global storm-resolving model



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)

気象学を含む様々な分野において、「京」コンピュータや地球シミュレータ等の高性能スーパーコンピュータを用いて、最先端のシミュレーション研究が行われている。高性能スーパーコンピュータにより、解像度やアンサンブル数等において従来より桁で上回る計算や、これまでにない高頻度高密度な観測ビッグデータを用いたデータ同化が可能になり、気象学の新たな展開が生まれつつある。また、「京」の後継機であるポスト「京」スーパーコンピュータを稼働させるべく開発が進められており、これに向けた研究もスタートしている。「スパコンによる大気科学」では、2019年大会において、気象・気候・環境科学の最先端のシミュレーション研究をテーマとし、「京」や他のスーパーコンピュータを用いた最新の成果や新たなシミュレーション研究の展開に関する発表を募集する。

[AAS01-P01] **Categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability (OPPF) in medium-extended-range forecast time**

*Ruoyun Niu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P02] **Characteristics of temporal and spatial distribution of regional rainstorm processes to the east of 95°E in China during 1981-2015**

*Ruoyun Niu[1]、Couhua Liu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P03] Near-real-time SCALE-LETKF forecasts of the record breaking rainfall in Japan in July 2018

*本田 匠[1]、Lien Guo-Yuan[2,1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.中央気象局)

[AAS01-P04] An objective Frontal Analysis Techniques and Application in Model Verification

*couhua liu[1] (1.National Meteorology Centre of China Meteorological Administration)

[AAS01-P05] Assimilating every 30-second phased array weather radar data in a torrential rainfall event on July 6, 2018 around Kobe city

*前島 康光[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1,2] (1.理化学研究所　計算科学研究センター、2.メリーランド大学　カレッジパーク)

[AAS01-P06] The impact of range sidelobes from phased array weather radar observations to short-range convective forecasts

*James David Taylor[1]、Guo-Yuan Lien[1]、Shinsuke Satoh[2]、Takemasa Miyoshi[1] (1.RIKEN Research center for computational science、2.NICT National Institute of Information and Communications Technology)

[AAS01-P07] 水文土石流モデルの広域予報および精度向上のために

*山敷 庸亮[1]、大泉 伝[2]、ブルノ リベイロ[1]、黒木 龍介[1] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.海洋研究開発機構)

[AAS01-P08] **Research on the application of an improved terrain-following vertical coordinates on GRAPES model**

*chao li[1] (1.NWPC.CMA)

[AAS01-P09] Development of a parallel spherical harmonic transform library: design and performance

*齋藤 冬樹[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P10] Global data assimilation of multi-species satellite measurements for atmospheric chemistry analysis

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学 、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS01-P11] The sensitivity to WRF shortwave radiation parameterizations in prediction of global horizontal irradiance for investigating interactions of atmosphere with croplands

*Ankur Srivastava[1]、Sarita Kumari[1]、Rajkumar Dhakar[2] (1.Indian Institute of Technology Delhi、2.Indian Agriculture Research Institute)

[AAS01-P12] The development of an atmospheric aerosol/chemistry–climate model, BCC_AGCM_CUACE2.0, and simulated effective radiative forcing of nitrate aerosols

*QI AN[1,2,4]、Hua Zhang[2]、Zhili Wang[2]、Yi Liu[1,4]、Bing Xie[3]、Qianxia Liu[3]、Zaizhi Wang[3]、Sunling Gong[2] (1.LAGEO, IAP, CAS、2.LaSW, CAMS、3.NCC,CMA、4.UCAS)

[AAS01-P13] **Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China**

*Xiaochao Yu[1,2]、Zhili Wang[2,1]、Hua Zhang[2]、Shuyun Zhao[3] (1.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 210044, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather and Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081, China.、3.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, 100081, China)

[AAS01-P14] High Cloud Annual Variation and Its Responses to Global Warming in the NICAM AMIP Experiment

*Chen Ying-Wen[1]、佐藤 正樹[1,2]、小玉　知央[2]、野田 暁[2]、山田 洋平[2] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

[AAS01-P15] Improvements in Simulating the Relationship between ENSO and East Asian Summer Rainfall in the CMIP5 Models

*Yuanhai FU[1]、Riyu Lu[1] (1.IAP, CAS)

Categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability (OPPF) in medium-extended-range forecast time

*Ruoyun Niu[1]

1. National Meteorological Center

By taking the ensemble prediction data from ECMWF and the intensive observations of precipitation in China, the technology of categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability(OPPF) is developed, and 3 calculation schemes of OPPF are designed according to overall technical route. Then the reforecast test are carried for the accumulative precipitation of 67 heavy rainfall processes from May to September during 1981 to 2015 in China, and the forecast performance of the 3 OPPFs against that of ensemble mean (EMPF) and control number (CTPF) is evaluated and contrasted. The results show that:(1) In the medium-extended-range (096-360h) forecast time, the performance of the 3 OPPFs are better than that of EMPF and CTPF for heavy precipitation forecast and clear-rain forecast. the performance of OPPF1 and OPPF2 is close to that of EMPF for Moderate precipitation and larger precipitation. OPPF3 produces the best performance among the 3 OPPFs. (2) There are obvious regional differences in forecast performances. TS of OPPF3 in southern China are higher than in northern China, and the performance of OPPF3 for heavy precipitation is better than that of EMPF in southern China. During 096-240h forecast time, the performance of OPPF3 for heavy precipitation is also better than that of EMPF in eastern part of Northeast China.

Keywords: optimal probability, accumulative precipitation of heavy precipitation processes, categorized correction forecast, comparative evaluation of forecast performance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of temporal and spatial distribution of regional rainstorm processes to the east of 95ºE in China during 1981-2015

*Ruoyun Niu[1], Couhua Liu[1]

1. National Meteorological Center

The events of the regional rainstorm processes (RRP) to the east of 95ºE in China over 1981-2015 are constructed based on intensive daily observations of precipitation in China and NCEP/NCAR reanalysis data by means of subjective and objective analyses. Temporal and spatial characteristic distribution of RRP in China are further investigated using the methods of wavelet power spectrum, nine-point binomial smoothing and Ward cluster analysis. The main conclusions are as follows. (1) The annual average number of RRP to the east of 95ºE in China is nearly 30. RRP in the Yangtze-Huaihe River valley occur most frequently among the six subareas with an annual average number of about 19, followed by that in South China and the eastern part of Southwest China with the annual average number of RRP 10.5 and 5.8 times respectively. Annual average number of RRP are only about 1-3 times in other subareas. (2) The inter-annual and inter-decadal variations of the annual number of RRP exhibit distinct fluctuation characteristics. The inter-annual and inter-decadal fluctuating variation in the Yangtze-Huaihe River valley is the most consistent with that to the east of 95E in China. Moreover, the fluctuating variations have a significant positive correlation between South China and eastern part of Southwest China, and also between Northeast China and North China. The annual number of RRP over the east of 95E in China and its subareas demonstrates a periodic variation of 2-4a, and also shows a periodic variation of 6-10a in the Yangtze-Huaihe River valley and South China and eastern part of Northwest China, while a 13-17a oscillation can be found in North China.(3) On the whole, the occurrence frequency of RRP to the east of 95E in China is the most in summer (especially in July), the least in winter, and higher in spring than in autumn. The months when RRP occur most frequently are June and July in the Yangtze-Huaihe River valley and eastern part of Southwest China, and May and June in South China. RRP mainly appear in July and August in other subareas.(4) The distribution patterns of RRP to the east of 95E in China are divided into 7 types. The heavy precipitation areas for pattern Ⅰ-Ⅳ migrate northward step by step from South China and southern part of Yangtze River valley to Huanghuai Basin and eastern part of Sichuan Basin.The heavy precipitation areas of pattern Ⅴ-Ⅶ all are located at the Coastal region of Southeast China.

Keywords: Regional rainstorm processes, Method for distinguishing, Temporal and spatial distribution, Patterns of extremely regional rainstorm processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Near-real-time SCALE-LETKF forecasts of the record breaking rainfall in Japan in July 2018

*本田 匠[1]、Lien Guo-Yuan[2,1]、三好 建正[1]
*Takumi Honda[1], Guo-Yuan Lien[2,1], Takemasa Miyoshi[1]

1. 理化学研究所計算科学研究センター、2. 中央気象局
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Central Weather Bureau

In July 2018, a stationary precipitation band associated with the Baiu front induced a record breaking rainfall and caused catastrophic destruction in Japan. This event was successfully captured by the near-real-time (NRT) SCALE-LETKF system (Lien et al. 2017) consisting of the Scalable Computing for Advanced Library and Environment-Regional Model (SCALE-RM, Nishizawa et al. 2015; Sato et al. 2015) and the Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF, Hunt et al. 2007; Miyoshi and Yamane 2007). This system has been continuously operated since 2015 with an 18-km mesh model domain and the ensemble size of 50. In the NRT SCALE-LETKF system, only conventional observations are assimilated every 6 hours. By conducting a series of 50-member ensemble forecasts from the 6-hourly SCALE-LETKF analyses, this study aims to investigate predictability of this torrential rainfall event and important factors that contributed to the heavy precipitation. In general, the NRT SCALE-LETKF system provides skillful ensemble forecasts of the rainfall a few days in advance. Interestingly, the forecast skill exhibits sudden improvement due to assimilating conventional observations at a single location far southwest from the peak accumulated rainfall location. Forecast differences and ensemble correlations suggest that an extratropical cyclone over the Sea of Japan and a low-level trough near Taiwan play important roles in determining the front location.

キーワード：データ同化、数値天気予報
Keywords: Data assimilation, Numerical Weather Prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An objective Frontal Analysis Techniques and Application in Model Verification

*Couhua Liu[1]

1. National Meteorology Centre of China Meteorological Administration

This paper presents an objective Frontal analysis method based on pressure field for east Asia. Comparing to methods based on thermo-dynamical elements such as temperature, the method developed in this paper can avoid the complex affection from sea-land and landform. The method will be used to identification of fronts in analysis and prediction of ECMWF model all over 2015, and then model error of predicted fronts will be verification. The verification result show that, comparing to analysis field, the moving speed of fronts in prediction field of ECMWF model is slower and strength is weaker.

Keywords: front, model, verification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assimilating every 30-second phased array weather radar data in a torrential rainfall event on July 6, 2018 around Kobe city

*前島 康光[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1,2]
*Yasumitsu Maejima[1], Shigenori Otsuka[1], Takemasa Miyoshi[1,2]

1. 理化学研究所　計算科学研究センター、2. メリーランド大学　カレッジパーク
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. University of Maryland, College Park

To investigate the impact of every 30-second phased array weather radar (PAWR; Yoshikawa et al. 2013, Ushio et al. 2014) observation on a simulation of a severe rainfall event occurred on July 6, 2018 around Kobe city, we perform 30-second-update 100-m-mesh data assimilation (DA) experiments using the Local Ensemble Transform Kalman Filter with the Scalable Computing for Advanced Library and Environment regional numerical weather prediction model. Two experiments were performed: the test experiment with every 30-second PAWR observation (TEST), and the other without observation (NO-DA).

The TEST analysis shows intense rainfalls with detailed structure of active convection, better matching with the PAWR observation compared to NO-DA analysis. In the forecast experiment, the forecast initialized by the ensemble mean analysis of TEST is skillful for 20 minutes compared with NO-DA, although the skill is decreased rapidly. The results suggest that the PAWR DA have a potential to improve the numerical simulation for this torrential rainfall event.

キーワード：データ同化、豪雨予報、高性能計算
Keywords: Data assimilation, Heavy rainfall forecast, High performance computing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The impact of range sidelobes from phased array weather radar observations to short-range convective forecasts

*James David Taylor[1], Guo-Yuan Lien[1], Shinsuke Satoh[2], Takemasa Miyoshi[1]

1. RIKEN Research center for computational science, 2. NICT National Institute of Information and Communications Technology

Range sidelobes are an erroneous feature of radar observations that are generated by the pulse compression process used to improve the range resolution of target echoes in high resolution radar systems. Phased array weather radar (PAWR) is an advanced radar system providing very dense observations of reflectivity and Doppler radial velocity at 100m range resolution for over 100 elevation angles every 30 seconds. The use of pulse compression in PAWR to provide very high range resolution data makes it subject to these types of errors, which can result in false echoes observed at other ranges.

In this study we investigate the impact of assimilating range sidelobes from PAWR observations to short-range convective forecasts. This happens frequently in the current QC algorithm, although we plan to improve the QC in the future. We employ the use of the SCALE-LETKF system which couples the Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF) with the Scalable Computing for Advanced Library and Environment (SCALE)-RM model. We focus on a convective rainfall event in August 2016 that brought heavy, intense rainfall over Osaka. PAWRs located in Suita, Osaka and in Kobe well-captured the convective system over its life cycle but featured prominent range sidelobes as part of their observations. Here, observations from both radars are first used to identify the range sidelobes before performing a series of 30-second update cycling experiments using observations from the Suita PAWR both with and without range sidelobes within a high-resolution 100-m mesh. As well as investigating their impact on short-range forecasts, we aim to show how we can further the usefulness of having two sets of PAWR observations to observe the same convective system by using them to identify and remove range sidelobes and improve short-range forecasts of severe convective events through the assimilation of this data.

Keywords: LETKF, Assimilation, Forecasts, Convection, Sidelobes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水文土石流モデルの広域予報および精度向上のために
Development of Hydro-debris 2D model for larger area

*山敷 庸亮[1]、大泉 伝[2]、ブルノ リベイロ[1]、黒木 龍介[1]
*Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Tsutao OIZUMI[2], Bruno Ribeiro[1], Ryusuke Kuroki[1]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. 海洋研究開発機構
1. Earth & Planetary Water Resources Assessment Laboratory Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, 2. Japan Association of Marine-Earth Science and Tecnology

水文土石流モデル(Hydro Debris 2D)を用いて、2014年、2018年の広島土石流災害への適用を行なった。広域予報と、限定された領域への再現計算には、様々な違いがあるが、本試みでは、両者をできるだけ統一的に処理し、実際に大きな被害をもたらす事象に対する適切な解析を行うことを目標としている。2018年広島災害において地質情報を入れることにより再現精度の向上が見られた。このようなアルゴリズムを用いた地質情報を元にした高解像度豪雨予測モデルをインプットとした予測モジュールの作成は、斜面災害の早期警戒に貢献すると考えられる。

キーワード：土石流、再現計算
Keywords: Debris flow, Hindcast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Research on the application of an improved terrain-following vertical coordinates on GRAPES model

*chao li[1]

1. NWPC.CMA

Errors caused by topographic feathers of the coordinate planes can be reduced with the Smoothed-level terrain-following coordinate(T-F coordinate for short). On higher layors,coordinate planes of T-F coordinate based on trigonometric function of cos (COS coordinate for short)are horizontal with almost none errors. However,on the lower layers,thickness between planes is too small to keep the model stability.At the same time,it will bring larger calculating errors which result in bad performance of the model.Considering all above,an improved COS coordinate is designed to average the thickness of COS coordinate planes.
Ideal and real case tests are conducted with the GRAPES_Meso model using the improved COS coordinate.The results of the tests indicate that:compared with the COS coordinate, the improved COS coordinate ,on one hand ,keep the planes horizontal on the higher layers ,on the other hand, lead the distribute of the coordinate planes more uniformity , which greatly reduced the errors on the lower layers;The coordinate can reproduce in general the mountain induced gravity waves in comparison to the analytic solution. However, the shapes,vertical structures and intensity of the waves are better simulated by the improved COS coordinate, in the lower levels where the COS coordinate didn’ t behave so better. In the one-month real case tests, the improved COS coordinate gives the better results in terms of smaller forecast bias and root mean square error, and higher anomaly correlation coefficients than the COS coordinate. In conclusion, the improved COS coordinate solves the calculation problems of the COS coordinate ,and improves the prediction ability.

Keywords: GRAPES Model, Terrain-following coordinate, Dynamic Core, Numerical Modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of a parallel spherical harmonic transform library: design and performance

*齋藤 冬樹[1]
*Fuyuki SAITO[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The spherical harmonic transform (SHT) is a typical method to describe the dynamical core in climate models (e.g. MIROC). SHT is a combination of two transformation: a Fourier transformation in longitude and an associate Legendre transformation in latitude. Therefore, a simple way to introduce SHT in parallel computing is to apply domain decomposition in latitudes only, involving a relocation in latitudes before/after the Legendre transformation. However, the number of maximum processors is limited by the size of latitude dimension, which is an obstacle to more efficient computing. Recently the `physics' routines in a climate model have become more and more complex and expensive, thus the heavy computation significantly suffers from the limitation. A new (yet-another) library, Flageolet, has been developed to help parallel processing of SHT in particular for climate models like MIROC, to support more flexible domain decomposition, following the approach adopted in several 3D FFT libraries and also some climate models. As a continuation of last-year's presentation, which reports the design and performance of FFT part, those of SHT part as well as transposition part between FFT and ALT are reported in this study for various sizes of domain around T213 etc, examined on the Earth simulator.

キーワード：球面調和関数
Keywords: spherical harmonic transform

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global data assimilation of multi-species satellite measurements for atmospheric chemistry analysis

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1]
*Takashi Sekiya[1], Kazuyuki Miyazaki[2,1], Koji Ogochi[1], Kengo Sudo[3,1], Masayuki Takigawa[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学 、3. 名古屋大学　大学院環境学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Jet Propulsion Laboratory/California Institute for Technology, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Information on tropospheric ozone and its precursors are important for human health, ecosystem, and climate studies. The combined use of satellite measurements of ozone and its precursors has great potential to provide comprehensive information on the tropospheric chemistry system on various spatial scales. In this study, we present the results of global data assimilation of multi-species measurements (O_3, NO_2, CO, HNO_3, and SO_2) from multi-satellite sensors (OMI, GOME-2, SCIAMACHY, MOPITT, TES, and MLS) using the ensemble Kalman filter approach (Miyazaki et al., 2015). We demonstrated that increasing horizontal resolution from 2.8 to 0.56 degree is necessary for capturing high concentrations of NO_2 in the megacities, whereas 1.1-degree resolution is more suitable for optimizing tropospheric chemistry system on regional and global scales considering the current computational resources (computational cost was larger by a factor of 10 at 0.56-dgree resolution than at 1.1-degree resolution). Using the data assimilation system at 1.1-degree resolution, we constructed an updated version of tropospheric chemistry reanalysis (TCR-2; Miyazaki et al., in prep.) data for 2005—2017, which provide valuable information on decadal changes in air pollutant concentrations and emissions. The estimated NO_x emissions were strongly increased from 2005 to 2011 (+37%/decade) and decreased from 2011 to 2017 (-37%/decade) in China, while the emissions exhibited decreasing trends in Europe (-11%/decade) and the United States (-27%/decade) and an increasing trend in India (+23%/decade) during 2005—2017. A post peta-scale supercomputer such as post-K computer will facilitate the data assimilation calculation to produce tropospheric chemistry reanalysis data at 0.56-degree resolution for air pollutions on a megacity scale globally in a consistent way, which will benefit future study of atmospheric environment on various spatial scales.

キーワード：データ同化、大気化学、大気環境
Keywords: Data assimilation, Atmospheric chemistry, Atmospheric environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The sensitivity to WRF shortwave radiation parameterizations in prediction of global horizontal irradiance for investigating interactions of atmosphere with croplands

*Ankur Srivastava[1], Sarita Kumari[1], Rajkumar Dhakar[2]

1. Indian Institute of Technology Delhi, 2. Indian Agriculture Research Institute

The present study intends to evaluate the Advanced Research Weather Research Forecating (ARW) model performance in representing the observed global horizontal irradiance (GHI) measurements while using different shortwave radiation (SWR) parameterization schemes. Two cases are considered, first case is ‘clear sky condition’ which includes model simulation of a clear/ cloudless day and second case is ‘all sky condition’ which includes model simulations of a cloudy and a rainy day. The above two cases are formulated on the basis that amount of incoming SWR will be different in each case owing to the differences in atmospheric conditions.
For the mentioned instances dates of 23rd February, 9th January and 12th March of 2016, which are clear, cloudy and rainy days respectively, are chosen for WRF model simulation. The shortwave radiation schemes that were evaluated are: Dudhia, Community Atmosphere Model (CAM), the updated Rapid Radiative Transfer Model (RRTMG), the updated Goddard and the
Goddard Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) schemes. The model generated predictions are verified against the GHI measurements at weather station of Indian Agriculture Research Institute (IARI), New Delhi.
All schemes perform better under ‘clear sky condition’ i.e. for clear/cloudless day. For both the cases Dudhia scheme performs best with Mean Bias (MB) of 62.84 Wm^{-2} for clear day, 86.44 Wm^{-2} for cloudy day and 89.44 Wm^{-2} for rainy day. All-inclusive, the model derived predictions are over estimated in all the schemes.

Keywords: global horizontal irradiance , parameterization, shortwave radiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of an atmospheric aerosol/chemistry–climate model, BCC_AGCM_CUACE2.0, and simulated effective radiative forcing of nitrate aerosols

*QI AN[1,2,4], Hua Zhang[2], Zhili Wang[2], Yi Liu[1,4], Bing Xie[3], Qianxia Liu[3], Zaizhi Wang[3], Sunling Gong[2]

1. LAGEO, IAP, CAS, 2. LaSW, CAMS, 3. NCC,CMA, 4. UCAS

As important components of total anthropogenic aerosols, nitrate aerosols have large impacts on aerosol radiative forcing and climate at regional and seasonal scales, but few current climate models coupled nitrate chemical modules online. This study developed a next-generation atmospheric aerosol/chemistry–climate model, the BCC_AGCM_CUACE2.0. Then, the performance of the model for nitrate was evaluated, and the direct radiative forcing (DRF) and effective radiative forcing (ERF) due to nitrate were simulated for the present day (2010), near future (2030) and middle future (2050) under the Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5, 6.0, and 8.5 scenarios relative to the pre-industrial era (1850). The model reproduced the distributions and seasonal changes in nitrate loading well and simulated surface concentrations matched observations in Europe and North America. Current global mean annual loading of nitrates was predicted to increase by 1.12 mg m^{-2} relative to 1850, with the largest increases occurring in East Asia (3.89 mg m^{-2}), Europe (3.6 mg m^{-2}), and South Asia (1.86 mg m^{-2}). The current global mean annual ERF of nitrates was −0.21 W m^{-2} relative to 1850. Due to global reductions in pollutant emissions, the nitrate ERF values were predicted to decrease to −0.17 and −0.20 W m^{-2} in 2030, −0.07 and −0.18 W m^{-2} in 2050 for RCP4.5 and 6.0 relative to 1850, respectively. Under RCP8.5, nitrate ERF values were −0.24 and −0.19 W m^{-2} in 2030 and 2050, respectively. Although global mean nitrate values showed a declining trend, future nitrate loading remained high in East Asia and South Asia.

Keywords: Effective radiative forcing, Nitrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China

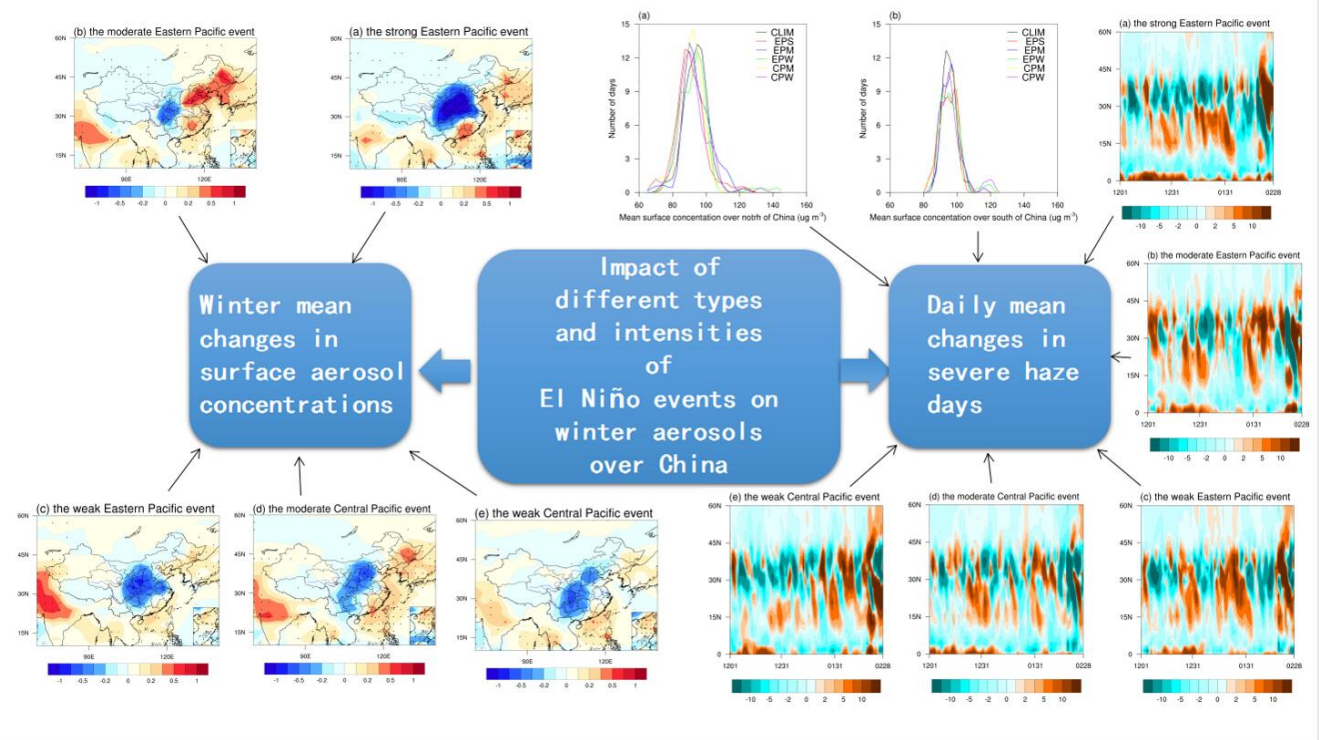
*Xiaochao Yu[1,2], Zhili Wang[2,1], Hua Zhang[2], Shuyun Zhao[3]

1. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 210044, China, 2. State Key Laboratory of Severe Weather and Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081, China., 3. National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, 100081, China

El Niño is a strong signal of interannual climate variability. The occurrence of an El Niño event may have an important impact on atmospheric pollutant concentrations in China through changes to the regional climate. This study quantitatively examines the differences among the effects of different types and intensities of El Niño events on winter mean aerosol concentration and severe haze days in China. It is found that Central Pacific (CP) El Niño events lead to larger increases in the aerosol burden over southern China relative to the same intensity of Eastern Pacific (EP) events. For El Niño events of the same type but with different intensities, moderate events induce large increases in surface aerosol concentrations over the entire eastern China, while strong and weak events lead to obvious decreases in the surface aerosol concentration over northern China. These differences are mainly attributed to changes in atmospheric circulation, with the resulting changes in aerosol mass transport occurring in response to the different types of El Niño event. Except for moderate CP events, all kinds of El Niño events lead to an increase in severe haze days in winter over northern China. Strong and weak EP El Niño events and weak CP El Niño events lead to an increase in severe haze days in winter over southern China. A change in the south-north transport of aerosols caused by El Niño events also play a dominate role in changing the occurrence of winter haze days in China.

Keywords: Eastern Pacific El Niño, Central Pacific El Niño, aerosol concentration, severe haze day

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High Cloud Annual Variation and Its Responses to Global Warming in the NICAM AMIP Experiment

*Chen Ying-Wen[1]、佐藤 正樹[1,2]、小玉　知央[2]、野田 暁[2]、山田 洋平[2]
*Ying-Wen Chen[1], Masaki Satoh[1,2], Chihiro Kodama[2], Akira Noda[2], Yohei Yamada[2]

1. 東京大学 大気海洋研究所、2. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構
1. Atmospheric and Ocean Research Institute, The University of Tokyo , 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Uncertainties in climate sensitivity mainly come from the ambiguities in simulations of both high- and low-level clouds. The previous studies using NICAM’s short time simulation showed that the both the altitudes and amount of high clouds increase under the global warming condition, while other climate models show high cloud amount contrarily decreases.
Due to the progress in computer performance, long term climate simulation with $x < 20$ km becomes available. A pair of 25-year climate simulation (present and warming climate) with 14-km horizontal resolution (NICAM AMIP-like simulation, Kodama et al. 2015) has been performed by K computer. In this study, we analyze how the annual variation in high clouds is presented in the NICAM AMIP-like simulation. Satellite and in-situ data are used to investigate whether NICAM captures the observed responses of high clouds to the mean sea surface temperature (SST). Regressions between the high cloud amount variation and the SST variation is different with altitudes; positive regressions appear at altitudes above 100 hPa while negative regressions are found in altitudes below 100 hPa. The results are consistent with previous study based on observations (Zelinka and Hartmann 2011). Further analysis showed that the spatial pattern of high clouds is mainly associated with the El Nino response; as SST warmer, the high clouds shift in the eastern Pacific with higher. The increase of high clouds is associated with the increase of ice water content of cloud ice and snow. We argue that the response of high clouds to global warming is also explained by the change in the spatial distribution of the high clouds.

キーワード：温暖化、雲解像モデル
Keywords: Global Warming, Cloud-Resolving Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvements in Simulating the Relationship between ENSO and East Asian Summer Rainfall in the CMIP5 Models

*Yuanhai FU[1], Riyu Lu[1]

1. IAP, CAS

There is a significant relationship between the preceding winter El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and the subsequent East Asian summer rainfall (EASR), and this relationship is helpful for seasonal forecasting in East Asia. This study investigated the relationship between the preceding winter ENSO and EASR in the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) models and compared the results with those from the CMIP3 models. In general, the CMIP5 models capture the ENSO–EASR relationship more realistically than the CMIP3 models. For instance, approximately two-thirds of the CMIP5 models capture the ENSO–EASR relationship, while less than one-third of the CMIP3 models capture the relationship. Further investigation suggests that the improvement could be attributed to simulating the physical processes of ENSO's impact on the EASR more realistically in the CMIP5 models, particularly the effect of ENSO on tropical Indian Ocean SST and the effect of Indian Ocean SST anomalies on the atmospheric convection over the Philippine Sea. However, there is large diversity in the ENSO–EASR relationship in the CMIP5 models, and most of the models underestimate the relationship. This underestimation comes from the underestimation of the physical processes, particularly from the underestimated impact of the atmospheric convection over the Philippine Sea on the EASR. The CMIP5 models that capture the ENSO–EASR relationship well/bad also show high/low skill in representing the physical processes.

Keywords: East Asian summer rainfall, ENSO, CMIP5 model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-AS01] 高性能スーパーコンピュータを用いた最新の大気科学

コンビーナ:瀬古 弘(気象研究所)、三好 建正(理化学研究所)、小玉 知央(独立行政法人海洋研究開発機構)、滝川 雅之(独立行政法人海洋研究開発機構)

気象学を含む様々な分野において、「京」コンピュータや地球シミュレータ等の高性能スーパーコンピュータを用いて、最先端のシミュレーション研究が行われている。高性能スーパーコンピュータにより、解像度やアンサンブル数等において従来より桁で上回る計算や、これまでにない高頻度高密度な観測ビッグデータを用いたデータ同化が可能になり、気象学の新たな展開が生まれつつある。また、「京」の後継機であるポスト「京」スーパーコンピュータを稼働させるべく開発が進められており、これに向けた研究もスタートしている。「スパコンによる大気科学」では、2019年大会において、気象・気候・環境科学の最先端のシミュレーション研究をテーマとし、「京」や他のスーパーコンピュータを用いた最新の成果や新たなシミュレーション研究の展開に関する発表を募集する。

[AAS01-P01] **Categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability (OPPF) in medium-extended-range forecast time**

*Ruoyun Niu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P02] **Characteristics of temporal and spatial distribution of regional rainstorm processes to the east of 95°E in China during 1981-2015**

*Ruoyun Niu[1]、Couhua Liu[1] (1.National Meteorological Center)

[AAS01-P03] Near-real-time SCALE-LETKF forecasts of the record breaking rainfall in Japan in July 2018

*本田 匠[1]、Lien Guo-Yuan[2,1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.中央気象局)

[AAS01-P04] An objective Frontal Analysis Techniques and Application in Model Verification

*couhua liu[1] (1.National Meteorology Centre of China Meteorological Administration)

[AAS01-P05] Assimilating every 30-second phased array weather radar data in a torrential rainfall event on July 6, 2018 around Kobe city

*前島 康光[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1,2] (1.理化学研究所　計算科学研究センター、2.メリーランド大学　カレッジパーク)

[AAS01-P06] The impact of range sidelobes from phased array weather radar observations to short-range convective forecasts

*James David Taylor[1]、Guo-Yuan Lien[1]、Shinsuke Satoh[2]、Takemasa Miyoshi[1] (1.RIKEN Research center for computational science、2.NICT National Institute of Information and Communications Technology)

[AAS01-P07] 水文土石流モデルの広域予報および精度向上のために

*山敷 庸亮[1]、大泉 伝[2]、ブルノ リベイロ[1]、黒木 龍介[1] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.海洋研究開発機構)

[AAS01-P08] **Research on the application of an improved terrain-following vertical coordinates on GRAPES model**

*chao li[1] (1.NWPC.CMA)

[AAS01-P09] Development of a parallel spherical harmonic transform library: design and performance

*齋藤 冬樹[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AAS01-P10] Global data assimilation of multi-species satellite measurements for atmospheric chemistry analysis

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学 、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS01-P11] The sensitivity to WRF shortwave radiation parameterizations in prediction of global horizontal irradiance for investigating interactions of atmosphere with croplands

*Ankur Srivastava[1]、Sarita Kumari[1]、Rajkumar Dhakar[2] (1.Indian Institute of Technology Delhi、2.Indian Agriculture Research Institute)

[AAS01-P12] The development of an atmospheric aerosol/chemistry–climate model, BCC_AGCM_CUACE2.0, and simulated effective radiative forcing of nitrate aerosols

*QI AN[1,2,4]、Hua Zhang[2]、Zhili Wang[2]、Yi Liu[1,4]、Bing Xie[3]、Qianxia Liu[3]、Zaizhi Wang[3]、Sunling Gong[2] (1.LAGEO, IAP, CAS、2.LaSW, CAMS、3.NCC,CMA、4.UCAS)

[AAS01-P13] **Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China**

*Xiaochao Yu[1,2]、Zhili Wang[2,1]、Hua Zhang[2]、Shuyun Zhao[3] (1.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 210044, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather and Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081, China.、3.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, 100081, China)

[AAS01-P14] High Cloud Annual Variation and Its Responses to Global Warming in the NICAM AMIP Experiment

*Chen Ying-Wen[1]、佐藤 正樹[1,2]、小玉　知央[2]、野田 暁[2]、山田 洋平[2] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

[AAS01-P15] Improvements in Simulating the Relationship between ENSO and East Asian Summer Rainfall in the CMIP5 Models

*Yuanhai FU[1]、Riyu Lu[1] (1.IAP, CAS)

Categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability (OPPF) in medium-extended-range forecast time

*Ruoyun Niu[1]

1. National Meteorological Center

By taking the ensemble prediction data from ECMWF and the intensive observations of precipitation in China, the technology of categorized correction forecast for accumulative precipitation of heavy rainfall processes based on optimal probability(OPPF) is developed, and 3 calculation schemes of OPPF are designed according to overall technical route. Then the reforecast test are carried for the accumulative precipitation of 67 heavy rainfall processes from May to September during 1981 to 2015 in China, and the forecast performance of the 3 OPPFs against that of ensemble mean (EMPF) and control number (CTPF) is evaluated and contrasted. The results show that:(1) In the medium-extended-range (096-360h) forecast time, the performance of the 3 OPPFs are better than that of EMPF and CTPF for heavy precipitation forecast and clear-rain forecast. the performance of OPPF1 and OPPF2 is close to that of EMPF for Moderate precipitation and larger precipitation. OPPF3 produces the best performance among the 3 OPPFs. (2) There are obvious regional differences in forecast performances. TS of OPPF3 in southern China are higher than in northern China, and the performance of OPPF3 for heavy precipitation is better than that of EMPF in southern China. During 096-240h forecast time, the performance of OPPF3 for heavy precipitation is also better than that of EMPF in eastern part of Northeast China.

Keywords: optimal probability, accumulative precipitation of heavy precipitation processes, categorized correction forecast, comparative evaluation of forecast performance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of temporal and spatial distribution of regional rainstorm processes to the east of 95ºE in China during 1981-2015

*Ruoyun Niu[1], Couhua Liu[1]

1. National Meteorological Center

The events of the regional rainstorm processes (RRP) to the east of 95ºE in China over 1981-2015 are constructed based on intensive daily observations of precipitation in China and NCEP/NCAR reanalysis data by means of subjective and objective analyses. Temporal and spatial characteristic distribution of RRP in China are further investigated using the methods of wavelet power spectrum, nine-point binomial smoothing and Ward cluster analysis. The main conclusions are as follows. (1) The annual average number of RRP to the east of 95ºE in China is nearly 30. RRP in the Yangtze-Huaihe River valley occur most frequently among the six subareas with an annual average number of about 19, followed by that in South China and the eastern part of Southwest China with the annual average number of RRP 10.5 and 5.8 times respectively. Annual average number of RRP are only about 1-3 times in other subareas. (2) The inter-annual and inter-decadal variations of the annual number of RRP exhibit distinct fluctuation characteristics. The inter-annual and inter-decadal fluctuating variation in the Yangtze-Huaihe River valley is the most consistent with that to the east of 95E in China. Moreover, the fluctuating variations have a significant positive correlation between South China and eastern part of Southwest China, and also between Northeast China and North China. The annual number of RRP over the east of 95E in China and its subareas demonstrates a periodic variation of 2-4a, and also shows a periodic variation of 6-10a in the Yangtze-Huaihe River valley and South China and eastern part of Northwest China, while a 13-17a oscillation can be found in North China.(3) On the whole, the occurrence frequency of RRP to the east of 95E in China is the most in summer (especially in July), the least in winter, and higher in spring than in autumn. The months when RRP occur most frequently are June and July in the Yangtze-Huaihe River valley and eastern part of Southwest China, and May and June in South China. RRP mainly appear in July and August in other subareas.(4) The distribution patterns of RRP to the east of 95E in China are divided into 7 types. The heavy precipitation areas for pattern Ⅰ-Ⅳ migrate northward step by step from South China and southern part of Yangtze River valley to Huanghuai Basin and eastern part of Sichuan Basin.The heavy precipitation areas of pattern Ⅴ-Ⅶ all are located at the Coastal region of Southeast China.

Keywords: Regional rainstorm processes, Method for distinguishing, Temporal and spatial distribution, Patterns of extremely regional rainstorm processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Near-real-time SCALE-LETKF forecasts of the record breaking rainfall in Japan in July 2018

*本田 匠[1]、Lien Guo-Yuan[2,1]、三好 建正[1]
*Takumi Honda[1], Guo-Yuan Lien[2,1], Takemasa Miyoshi[1]

1. 理化学研究所計算科学研究センター、2. 中央気象局
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Central Weather Bureau

In July 2018, a stationary precipitation band associated with the Baiu front induced a record breaking rainfall and caused catastrophic destruction in Japan. This event was successfully captured by the near-real-time (NRT) SCALE-LETKF system (Lien et al. 2017) consisting of the Scalable Computing for Advanced Library and Environment-Regional Model (SCALE-RM, Nishizawa et al. 2015; Sato et al. 2015) and the Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF, Hunt et al. 2007; Miyoshi and Yamane 2007). This system has been continuously operated since 2015 with an 18-km mesh model domain and the ensemble size of 50. In the NRT SCALE-LETKF system, only conventional observations are assimilated every 6 hours. By conducting a series of 50-member ensemble forecasts from the 6-hourly SCALE-LETKF analyses, this study aims to investigate predictability of this torrential rainfall event and important factors that contributed to the heavy precipitation. In general, the NRT SCALE-LETKF system provides skillful ensemble forecasts of the rainfall a few days in advance. Interestingly, the forecast skill exhibits sudden improvement due to assimilating conventional observations at a single location far southwest from the peak accumulated rainfall location. Forecast differences and ensemble correlations suggest that an extratropical cyclone over the Sea of Japan and a low-level trough near Taiwan play important roles in determining the front location.

キーワード：データ同化、数値天気予報
Keywords: Data assimilation, Numerical Weather Prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An objective Frontal Analysis Techniques and Application in Model Verification

*Couhua Liu[1]

1. National Meteorology Centre of China Meteorological Administration

This paper presents an objective Frontal analysis method based on pressure field for east Asia. Comparing to methods based on thermo-dynamical elements such as temperature, the method developed in this paper can avoid the complex affection from sea-land and landform. The method will be used to identification of fronts in analysis and prediction of ECMWF model all over 2015, and then model error of predicted fronts will be verification. The verification result show that, comparing to analysis field, the moving speed of fronts in prediction field of ECMWF model is slower and strength is weaker.

Keywords: front, model, verification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assimilating every 30-second phased array weather radar data in a torrential rainfall event on July 6, 2018 around Kobe city

*前島 康光[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1,2]
*Yasumitsu Maejima[1], Shigenori Otsuka[1], Takemasa Miyoshi[1,2]

1. 理化学研究所　計算科学研究センター、2. メリーランド大学　カレッジパーク
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. University of Maryland, College Park

To investigate the impact of every 30-second phased array weather radar (PAWR; Yoshikawa et al. 2013, Ushio et al. 2014) observation on a simulation of a severe rainfall event occurred on July 6, 2018 around Kobe city, we perform 30-second-update 100-m-mesh data assimilation (DA) experiments using the Local Ensemble Transform Kalman Filter with the Scalable Computing for Advanced Library and Environment regional numerical weather prediction model. Two experiments were performed: the test experiment with every 30-second PAWR observation (TEST), and the other without observation (NO-DA).

The TEST analysis shows intense rainfalls with detailed structure of active convection, better matching with the PAWR observation compared to NO-DA analysis. In the forecast experiment, the forecast initialized by the ensemble mean analysis of TEST is skillful for 20 minutes compared with NO-DA, although the skill is decreased rapidly. The results suggest that the PAWR DA have a potential to improve the numerical simulation for this torrential rainfall event.

キーワード：データ同化、豪雨予報、高性能計算
Keywords: Data assimilation, Heavy rainfall forecast, High performance computing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The impact of range sidelobes from phased array weather radar observations to short-range convective forecasts

*James David Taylor[1], Guo-Yuan Lien[1], Shinsuke Satoh[2], Takemasa Miyoshi[1]

1. RIKEN Research center for computational science, 2. NICT National Institute of Information and Communications Technology

Range sidelobes are an erroneous feature of radar observations that are generated by the pulse compression process used to improve the range resolution of target echoes in high resolution radar systems. Phased array weather radar (PAWR) is an advanced radar system providing very dense observations of reflectivity and Doppler radial velocity at 100m range resolution for over 100 elevation angles every 30 seconds. The use of pulse compression in PAWR to provide very high range resolution data makes it subject to these types of errors, which can result in false echoes observed at other ranges.

In this study we investigate the impact of assimilating range sidelobes from PAWR observations to short-range convective forecasts. This happens frequently in the current QC algorithm, although we plan to improve the QC in the future. We employ the use of the SCALE-LETKF system which couples the Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF) with the Scalable Computing for Advanced Library and Environment (SCALE)-RM model. We focus on a convective rainfall event in August 2016 that brought heavy, intense rainfall over Osaka. PAWRs located in Suita, Osaka and in Kobe well-captured the convective system over its life cycle but featured prominent range sidelobes as part of their observations. Here, observations from both radars are first used to identify the range sidelobes before performing a series of 30-second update cycling experiments using observations from the Suita PAWR both with and without range sidelobes within a high-resolution 100-m mesh. As well as investigating their impact on short-range forecasts, we aim to show how we can further the usefulness of having two sets of PAWR observations to observe the same convective system by using them to identify and remove range sidelobes and improve short-range forecasts of severe convective events through the assimilation of this data.

Keywords: LETKF, Assimilation, Forecasts, Convection, Sidelobes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水文土石流モデルの広域予報および精度向上のために
Development of Hydro-debris 2D model for larger area

*山敷 庸亮[1]、大泉 伝[2]、ブルノ リベイロ[1]、黒木 龍介[1]
*Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Tsutao OIZUMI[2], Bruno Ribeiro[1], Ryusuke Kuroki[1]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. 海洋研究開発機構
1. Earth & Planetary Water Resources Assessment Laboratory Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, 2. Japan Association of Marine-Earth Science and Tecnology

水文土石流モデル(Hydro Debris 2D)を用いて、2014年、2018年の広島土石流災害への適用を行なった。広域予報と、限定された領域への再現計算には、様々な違いがあるが、本試みでは、両者をできるだけ統一的に処理し、実際に大きな被害をもたらす事象に対する適切な解析を行うことを目標としている。2018年広島災害において地質情報を入れることにより再現精度の向上が見られた。このようなアルゴリズムを用いた地質情報を元にした高解像度豪雨予測モデルをインプットとした予測モジュールの作成は、斜面災害の早期警戒に貢献すると考えられる。

キーワード：土石流、再現計算
Keywords: Debris flow, Hindcast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Research on the application of an improved terrain-following vertical coordinates on GRAPES model

*chao li[1]

1. NWPC.CMA

Errors caused by topographic feathers of the coordinate planes can be reduced with the Smoothed-level terrain-following coordinate(T-F coordinate for short). On higher layors,coordinate planes of T-F coordinate based on trigonometric function of cos (COS coordinate for short)are horizontal with almost none errors. However,on the lower layers,thickness between planes is too small to keep the model stability.At the same time,it will bring larger calculating errors which result in bad performance of the model.Considering all above,an improved COS coordinate is designed to average the thickness of COS coordinate planes.
Ideal and real case tests are conducted with the GRAPES_Meso model using the improved COS coordinate.The results of the tests indicate that:compared with the COS coordinate, the improved COS coordinate ,on one hand ,keep the planes horizontal on the higher layers ,on the other hand, lead the distribute of the coordinate planes more uniformity , which greatly reduced the errors on the lower layers;The coordinate can reproduce in general the mountain induced gravity waves in comparison to the analytic solution. However, the shapes,vertical structures and intensity of the waves are better simulated by the improved COS coordinate, in the lower levels where the COS coordinate didn’ t behave so better. In the one-month real case tests, the improved COS coordinate gives the better results in terms of smaller forecast bias and root mean square error, and higher anomaly correlation coefficients than the COS coordinate. In conclusion, the improved COS coordinate solves the calculation problems of the COS coordinate ,and improves the prediction ability.

Keywords: GRAPES Model, Terrain-following coordinate, Dynamic Core, Numerical Modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of a parallel spherical harmonic transform library: design and performance

*齋藤 冬樹[1]
*Fuyuki SAITO[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The spherical harmonic transform (SHT) is a typical method to describe the dynamical core in climate models (e.g. MIROC). SHT is a combination of two transformation: a Fourier transformation in longitude and an associate Legendre transformation in latitude. Therefore, a simple way to introduce SHT in parallel computing is to apply domain decomposition in latitudes only, involving a relocation in latitudes before/after the Legendre transformation. However, the number of maximum processors is limited by the size of latitude dimension, which is an obstacle to more efficient computing. Recently the `physics' routines in a climate model have become more and more complex and expensive, thus the heavy computation significantly suffers from the limitation. A new (yet-another) library, Flageolet, has been developed to help parallel processing of SHT in particular for climate models like MIROC, to support more flexible domain decomposition, following the approach adopted in several 3D FFT libraries and also some climate models. As a continuation of last-year's presentation, which reports the design and performance of FFT part, those of SHT part as well as transposition part between FFT and ALT are reported in this study for various sizes of domain around T213 etc, examined on the Earth simulator.

キーワード：球面調和関数
Keywords: spherical harmonic transform

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global data assimilation of multi-species satellite measurements for atmospheric chemistry analysis

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1]
*Takashi Sekiya[1], Kazuyuki Miyazaki[2,1], Koji Ogochi[1], Kengo Sudo[3,1], Masayuki Takigawa[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学 、3. 名古屋大学　大学院環境学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Jet Propulsion Laboratory/California Institute for Technology, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Information on tropospheric ozone and its precursors are important for human health, ecosystem, and climate studies. The combined use of satellite measurements of ozone and its precursors has great potential to provide comprehensive information on the tropospheric chemistry system on various spatial scales. In this study, we present the results of global data assimilation of multi-species measurements (O_3, NO_2, CO, HNO_3, and SO_2) from multi-satellite sensors (OMI, GOME-2, SCIAMACHY, MOPITT, TES, and MLS) using the ensemble Kalman filter approach (Miyazaki et al., 2015). We demonstrated that increasing horizontal resolution from 2.8 to 0.56 degree is necessary for capturing high concentrations of NO_2 in the megacities, whereas 1.1-degree resolution is more suitable for optimizing tropospheric chemistry system on regional and global scales considering the current computational resources (computational cost was larger by a factor of 10 at 0.56-dgree resolution than at 1.1-degree resolution). Using the data assimilation system at 1.1-degree resolution, we constructed an updated version of tropospheric chemistry reanalysis (TCR-2; Miyazaki et al., in prep.) data for 2005—2017, which provide valuable information on decadal changes in air pollutant concentrations and emissions. The estimated NO_x emissions were strongly increased from 2005 to 2011 (+37%/decade) and decreased from 2011 to 2017 (-37%/decade) in China, while the emissions exhibited decreasing trends in Europe (-11%/decade) and the United States (-27%/decade) and an increasing trend in India (+23%/decade) during 2005—2017. A post peta-scale supercomputer such as post-K computer will facilitate the data assimilation calculation to produce tropospheric chemistry reanalysis data at 0.56-degree resolution for air pollutions on a megacity scale globally in a consistent way, which will benefit future study of atmospheric environment on various spatial scales.

キーワード：データ同化、大気化学、大気環境
Keywords: Data assimilation, Atmospheric chemistry, Atmospheric environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The sensitivity to WRF shortwave radiation parameterizations in prediction of global horizontal irradiance for investigating interactions of atmosphere with croplands

*Ankur Srivastava[1], Sarita Kumari[1], Rajkumar Dhakar[2]

1. Indian Institute of Technology Delhi, 2. Indian Agriculture Research Institute

The present study intends to evaluate the Advanced Research Weather Research Forecating (ARW) model performance in representing the observed global horizontal irradiance (GHI) measurements while using different shortwave radiation (SWR) parameterization schemes. Two cases are considered, first case is ‘clear sky condition’ which includes model simulation of a clear/ cloudless day and second case is ‘all sky condition’ which includes model simulations of a cloudy and a rainy day. The above two cases are formulated on the basis that amount of incoming SWR will be different in each case owing to the differences in atmospheric conditions.
For the mentioned instances dates of 23rd February, 9th January and 12th March of 2016, which are clear, cloudy and rainy days respectively, are chosen for WRF model simulation. The shortwave radiation schemes that were evaluated are: Dudhia, Community Atmosphere Model (CAM), the updated Rapid Radiative Transfer Model (RRTMG), the updated Goddard and the
Goddard Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) schemes. The model generated predictions are verified against the GHI measurements at weather station of Indian Agriculture Research Institute (IARI), New Delhi.
All schemes perform better under ‘clear sky condition’ i.e. for clear/cloudless day. For both the cases Dudhia scheme performs best with Mean Bias (MB) of 62.84 Wm^{-2} for clear day, 86.44 Wm^{-2} for cloudy day and 89.44 Wm^{-2} for rainy day. All-inclusive, the model derived predictions are over estimated in all the schemes.

Keywords: global horizontal irradiance , parameterization, shortwave radiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of an atmospheric aerosol/chemistry–climate model, BCC_AGCM_CUACE2.0, and simulated effective radiative forcing of nitrate aerosols

*QI AN[1,2,4], Hua Zhang[2], Zhili Wang[2], Yi Liu[1,4], Bing Xie[3], Qianxia Liu[3], Zaizhi Wang[3], Sunling Gong[2]

1. LAGEO, IAP, CAS, 2. LaSW, CAMS, 3. NCC,CMA, 4. UCAS

As important components of total anthropogenic aerosols, nitrate aerosols have large impacts on aerosol radiative forcing and climate at regional and seasonal scales, but few current climate models coupled nitrate chemical modules online. This study developed a next-generation atmospheric aerosol/chemistry–climate model, the BCC_AGCM_CUACE2.0. Then, the performance of the model for nitrate was evaluated, and the direct radiative forcing (DRF) and effective radiative forcing (ERF) due to nitrate were simulated for the present day (2010), near future (2030) and middle future (2050) under the Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5, 6.0, and 8.5 scenarios relative to the pre-industrial era (1850). The model reproduced the distributions and seasonal changes in nitrate loading well and simulated surface concentrations matched observations in Europe and North America. Current global mean annual loading of nitrates was predicted to increase by 1.12 mg m^{-2} relative to 1850, with the largest increases occurring in East Asia (3.89 mg m^{-2}), Europe (3.6 mg m^{-2}), and South Asia (1.86 mg m^{-2}). The current global mean annual ERF of nitrates was −0.21 W m^{-2} relative to 1850. Due to global reductions in pollutant emissions, the nitrate ERF values were predicted to decrease to −0.17 and −0.20 W m^{-2} in 2030, −0.07 and −0.18 W m^{-2} in 2050 for RCP4.5 and 6.0 relative to 1850, respectively. Under RCP8.5, nitrate ERF values were −0.24 and −0.19 W m^{-2} in 2030 and 2050, respectively. Although global mean nitrate values showed a declining trend, future nitrate loading remained high in East Asia and South Asia.

Keywords: Effective radiative forcing, Nitrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China

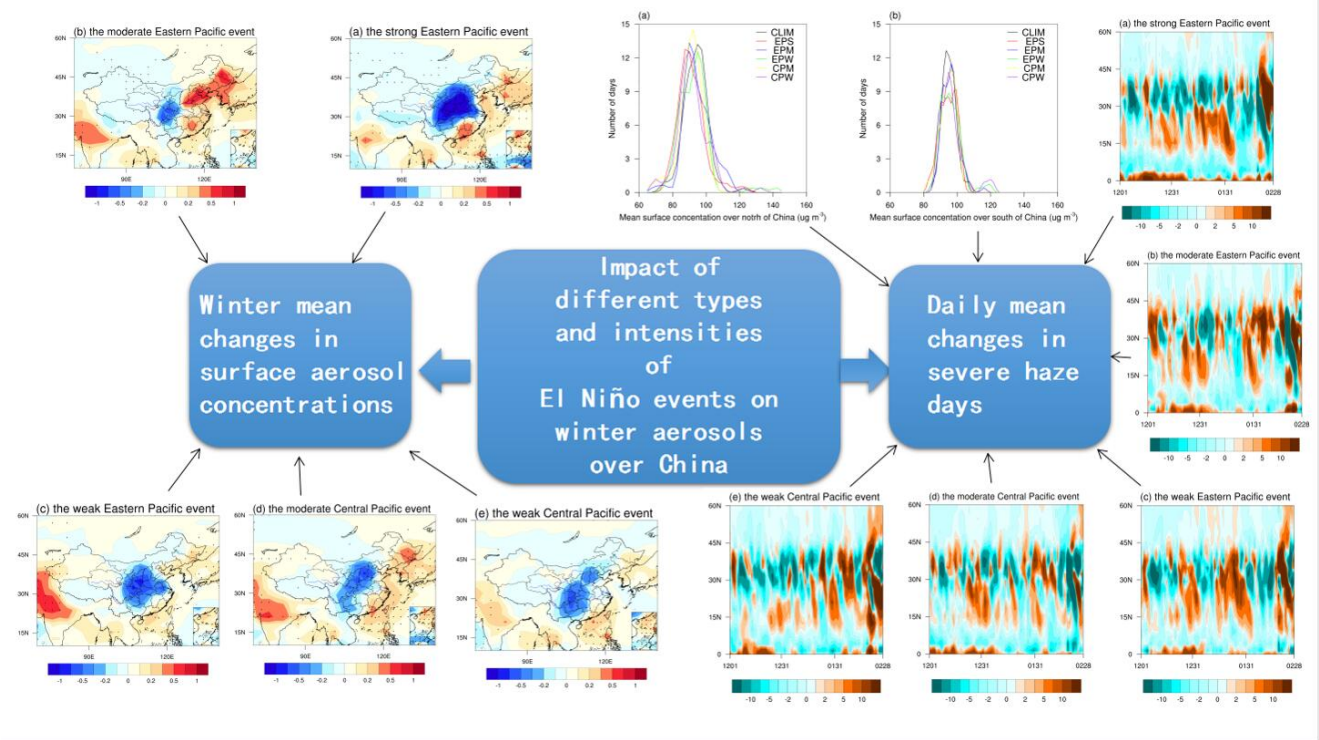
*Xiaochao Yu[1,2], Zhili Wang[2,1], Hua Zhang[2], Shuyun Zhao[3]

1. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 210044, China, 2. State Key Laboratory of Severe Weather and Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081, China., 3. National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, 100081, China

El Niño is a strong signal of interannual climate variability. The occurrence of an El Niño event may have an important impact on atmospheric pollutant concentrations in China through changes to the regional climate. This study quantitatively examines the differences among the effects of different types and intensities of El Niño events on winter mean aerosol concentration and severe haze days in China. It is found that Central Pacific (CP) El Niño events lead to larger increases in the aerosol burden over southern China relative to the same intensity of Eastern Pacific (EP) events. For El Niño events of the same type but with different intensities, moderate events induce large increases in surface aerosol concentrations over the entire eastern China, while strong and weak events lead to obvious decreases in the surface aerosol concentration over northern China. These differences are mainly attributed to changes in atmospheric circulation, with the resulting changes in aerosol mass transport occurring in response to the different types of El Niño event. Except for moderate CP events, all kinds of El Niño events lead to an increase in severe haze days in winter over northern China. Strong and weak EP El Niño events and weak CP El Niño events lead to an increase in severe haze days in winter over southern China. A change in the south-north transport of aerosols caused by El Niño events also play a dominate role in changing the occurrence of winter haze days in China.

Keywords: Eastern Pacific El Niño, Central Pacific El Niño, aerosol concentration, severe haze day

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High Cloud Annual Variation and Its Responses to Global Warming in the NICAM AMIP Experiment

*Chen Ying-Wen[1]、佐藤 正樹[1,2]、小玉　知央[2]、野田 暁[2]、山田 洋平[2]
*Ying-Wen Chen[1], Masaki Satoh[1,2], Chihiro Kodama[2], Akira Noda[2], Yohei Yamada[2]

1. 東京大学 大気海洋研究所、2. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構
1. Atmospheric and Ocean Research Institute, The University of Tokyo , 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Uncertainties in climate sensitivity mainly come from the ambiguities in simulations of both high- and low-level clouds. The previous studies using NICAM’s short time simulation showed that the both the altitudes and amount of high clouds increase under the global warming condition, while other climate models show high cloud amount contrarily decreases.
Due to the progress in computer performance, long term climate simulation with $x < 20$ km becomes available. A pair of 25-year climate simulation (present and warming climate) with 14-km horizontal resolution (NICAM AMIP-like simulation, Kodama et al. 2015) has been performed by K computer. In this study, we analyze how the annual variation in high clouds is presented in the NICAM AMIP-like simulation. Satellite and in-situ data are used to investigate whether NICAM captures the observed responses of high clouds to the mean sea surface temperature (SST). Regressions between the high cloud amount variation and the SST variation is different with altitudes; positive regressions appear at altitudes above 100 hPa while negative regressions are found in altitudes below 100 hPa. The results are consistent with previous study based on observations (Zelinka and Hartmann 2011). Further analysis showed that the spatial pattern of high clouds is mainly associated with the El Nino response; as SST warmer, the high clouds shift in the eastern Pacific with higher. The increase of high clouds is associated with the increase of ice water content of cloud ice and snow. We argue that the response of high clouds to global warming is also explained by the change in the spatial distribution of the high clouds.

キーワード：温暖化、雲解像モデル
Keywords: Global Warming, Cloud-Resolving Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvements in Simulating the Relationship between ENSO and East Asian Summer Rainfall in the CMIP5 Models

*Yuanhai FU[1], Riyu Lu[1]

1. IAP, CAS

There is a significant relationship between the preceding winter El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and the subsequent East Asian summer rainfall (EASR), and this relationship is helpful for seasonal forecasting in East Asia. This study investigated the relationship between the preceding winter ENSO and EASR in the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) models and compared the results with those from the CMIP3 models. In general, the CMIP5 models capture the ENSO–EASR relationship more realistically than the CMIP3 models. For instance, approximately two-thirds of the CMIP5 models capture the ENSO–EASR relationship, while less than one-third of the CMIP3 models capture the relationship. Further investigation suggests that the improvement could be attributed to simulating the physical processes of ENSO's impact on the EASR more realistically in the CMIP5 models, particularly the effect of ENSO on tropical Indian Ocean SST and the effect of Indian Ocean SST anomalies on the atmospheric convection over the Philippine Sea. However, there is large diversity in the ENSO–EASR relationship in the CMIP5 models, and most of the models underestimate the relationship. This underestimation comes from the underestimation of the physical processes, particularly from the underestimated impact of the atmospheric convection over the Philippine Sea on the EASR. The CMIP5 models that capture the ENSO–EASR relationship well/bad also show high/low skill in representing the physical processes.

Keywords: East Asian summer rainfall, ENSO, CMIP5 model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:中川 書子(名古屋大学)

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

9:00 ~ 9:30

[AAS04-01] アイスコアによる過去の大気エアロゾルの復元とその変動要因

★招待講演

*飯塚 芳徳[1]、植村 立[2]、藤田 耕史[3]、服部 祥平[4]、関 宰[1]、大島 長[5]、大野 浩[6]、的場 澄人[1] (1.北海道大学低温科学研究所、2.琉球大学理学部、3.名古屋大学環境学研究科、4.東京工業大学、5.気象研究所、6.北見工業大学)

9:30 ~ 9:45

[AAS04-02] SE-Domeアイスコアの硫酸三酸素同位体組成から復元される過去60年における大気硫酸生成反応の変遷

*服部 祥平[1]、飯塚 芳徳[2]、藤田 耕史[3]、植村 立[4]、石野 咲子[1]、大島 長[5]、鈴木 希実[1]、的場 澄人[2]、鶴田 明日香[1]、Savarino Joel[6]、吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2.北海道大学 低温科学研究所、3.名古屋大学、4.琉球大学、5.気象研究所、6.Institut des Geoscience de l’Environnement, Universite Grenoble Alpes/CNRS)

9:45 ~ 10:00

[AAS04-03] 沖縄県辺戸岬において2012年春季に見られた高濃度硫酸塩の発生源寄与評価

*板橋 秀一[1]、畠山 史郎[2]、島田 幸治郎[3]、高見 昭憲[4] (1.電力中央研究所、2.埼玉県環境科学国際センター、3.早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科、4.国立環境研究所)

10:00 ~ 10:15

[AAS04-04] Isotopic constrains on sources and formation pathways of atmospheric nitrate in Mt. Everest

*Kun Wang[1,2,4]、Shohei Hattori[2]、Shichang Kang[1,3,4]、Mang Lin[2]、Naohiro Yoshida[2,5] (1.Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences 、2.Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology、3.CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences、4.University of Chinese Academy of Sciences、5. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology)

10:15 ~ 10:30

[AAS04-05] Development of a large volume sampling system for measuring stable isotope analysis of carbonyl sulfide and field observation

*亀崎 和輝[1]、服部 祥平[1]、吉田 尚弘[1,2] (1.東京工業大学物質理工学院応用化学系、2.東京工業大学地球生命研究所)

アイスコアによる過去の大気エアロゾルの復元とその変動要因
Reconstruction and fluctuation mechanism of past aerosols preserved in ice cores

*飯塚 芳徳[1]、植村 立[2]、藤田 耕史[3]、服部 祥平[4]、関 宰[1]、大島 長[5]、大野 浩[6]、的場 澄人[1]
*Iizuka Yoshinori[1], Ryu Uemura[2], Koji Fujita[3], Shohei Hattori[4], Osamu Seki[1], Naga Oshima[5], Hiroshi Ohno[6], Sumito Matoba[1]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 琉球大学理学部、3. 名古屋大学環境学研究科、4. 東京工業大学、5. 気象研究所、6. 北見工業大学
1. Institite of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Department of Chemistry, Biology, and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 4. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology,, 5. Meteorological Research Institute, 6. Kitami Institute of Technology

アイスコアは古環境を復元できるアーカイブ(記録媒体)である. 海底堆積物などの他のアーカイブと比較して, アイスコアは降水(雪)が媒体であるため大気環境の復元, 特に大気成分(ｶﾞｽ)や沈着したエアロゾルを復元できる長所がある. 南極やグリーンランドにはドームと呼ばれる氷床頂上がいくつかあり, 氷床ドームでは1) 標高が高いことから比較的広範囲から排出した大気エアロゾルが沈着していること, 2) 氷床流動による氷体移流が無視でき, 過去まで同じ地点での降雪の情報を保持していることなどの利点がある. そのため, 近年の氷床掘削はドームで行われることが多い.

本発表ではまず, アイスコアで最も古い過去まで復元できる南極氷床ドームからの過去のエアロゾルに関するいくつかの研究成果を紹介し, 約10万年間の氷期間氷期変動などに代表される気候変動に応じた過去80万年間の各種エアロゾル(海塩･ダスト･硫酸塩など)の濃度(もしくはフラックス)変動とその変動要因を述べる. アイスコア分野では地球上で最も古い連続なアイスコアアーカイブを取得すること(oldest ice project)が国際的なトレンドであり, 南極氷床ドームは本分野のトピックの一つである.

その後, 発表者らが現在行っているグリーンランド南東ドームアイスコアのプロジェクトの成果と展望を紹介する. 南極と比較して, グリーンランドのドームは涵養量(ほぼ降水量と同義)が多い. 南東ドームはグリーンランドでもとりわけ涵養量が多い地域(水等量で年間約1.0 m)で, 他のグリーンランドドームの約4倍, 南極ドームの約30倍もの雪が堆積する. 高涵養量であることは, より古い時代の環境復元には適さないため, 南東ドームでのアイスコア掘削は敬遠されてきた. しかしながら, 涵養量が多いことはより時間分解能の高い環境復元を可能にし, 沈着したエアロゾルの変態や損失が起きにくいという長所がある. そのため, 人新世(1750-現在)など近過去を精密に復元するには適したｱｲｽｺｱであるといえる. 発表者らは2015年に90mのアイスコアを掘削し, 1960年から2014年までの北極大気の沈着エアロゾルを復元し, その変動要因を考察した. その結果, アイスコア中の硫酸エアロゾルフラックスは周辺国のSOx排出量の変動とよく似た傾向を示したが, 硝酸フラックスはNOx排出量とは異なり, 現在でも増加し続けていることが分かった. 発表者らは2020年に2本目となるグリーンランド南東ドームでより深いアイスコアを取得し, 人新世(1750-2020)のエアロゾルの変遷要因を氷床ドームアイスコア研究史上最も高い時間分解能で解読するプロジェクトを進行している. プロジェクトの詳細を紹介しつつ, 大気化学分野の皆様方との新しい連携研究の橋頭保としたい.

キーワード：アイスコア、古環境復元、エアロゾル
Keywords: ice core, paleoenvironmental reconstruction, aerosol

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

SE-Domeアイスコアの硫酸三酸素同位体組成から復元される過去60年における大気硫酸生成反応の変遷

The 60 years history of atmospheric formation pathways responsible for sulfate based on triple oxygen isotopic composition of sulfate preserved in SE-Dome ice core

*服部 祥平[1]、飯塚 芳徳[2]、藤田 耕史[3]、植村 立[4]、石野 咲子[1]、大島 長[5]、鈴木 希実[1]、的場 澄人[2]、鶴田 明日香[1]、Savarino Joel[6]、吉田 尚弘[1]
*Shohei Hattori[1], Iizuka Yoshinori[2], Koji Fujita[3], Ryu Uemura[4], Sakiko Ishino[1], Naga Oshima[5], Nozomi Suzuki[1], Sumito Matoba[2], Asuka Tsuruta[1], Joel Savarino[6], Naohiro Yoshida[1]

1. 東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2. 北海道大学 低温科学研究所、3. 名古屋大学、4. 琉球大学、5. 気象研究所、6. Institut des Geoscience de l’Environnement, Universite Grenoble Alpes/CNRS
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya, Japan., 4. Department of Chemistry, Biology, and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus, 5. Meteorological Research Institute, 6. Institut des Geoscience de l’Environnement, Universite Grenoble Alpes/CNRS

The atmospheric sulfate is important for both climate change and air quality; it influences radiation forcing and cloud’s lifetime, and accounts for major components in fine particulate matter mass in urban regions with affecting visibility and public health. The emitted SO_2 is oxidized by OH radicals in the gas-phase, but modeling studies suggest that the large proportions (~80%) of global sulfate production were occurred in the aqueous-phase. However, the treatment of aqueous-phase in cloud pH set in atmospheric chemistry-transport models had the largest impact for atmospheric sulfate concentrations. Due to the lack of critical understanding for the chemical processes responsible for sulfate production, it is difficult to predict future changes in [SO_4^{2-}] and its effects on climate and air quality.

To help address this, here we use mass-independent oxygen isotopic composition ($\Delta^{17}O$) of sulfate providing insight into past oxidation pathways responsible for sulfate formation. We present $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-} obtained from a 90.45 m depth ice core drilled at a high-elevation dome site in southeast Greenland called SE-Dome, covering the last 60 years. We found that $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-} with low during the 1960s-1970s and high in after the 2000s. This increase in $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-} indicates that sulfate formation pathways responsible for sulfate changed after 1960 to the present along with declining SO_2 emission. In the presentation, we will discuss the enhanced role of a oxidation processes contributing to increase $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-}, and its implication to the changes in atmospheric chemistry though the changes in anthropogenic activities. This provides insight into direct and indirect effects of anthropogenic activities to the air quality by changing sulfate formation pathways. These functions, so called “chemical feedback", should be considered for making efficient mitigation policy for climate change and air quality by controlling emission of anthropogenic pollutants.

キーワード：安定同位体、硫酸エアロゾル、三酸素同位体、ケミカルフィードバック
Keywords: stable isotope, Sulfate, Triple oxygen isotopes, Chemical feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄県辺戸岬において2012年春季に見られた高濃度硫酸塩の発生源寄与評価

Estimation of high sulfate aerosol sources in 2012 spring at Cape Hedo, Okinawa

*板橋 秀一[1]、畠山 史郎[2]、島田 幸治郎[3]、高見 昭憲[4]
*Syuichi Itahashi[1], Shiro Hatakeyama[2], Kojiro Shimada[3], Akinori Takami[4]

1. 電力中央研究所、2. 埼玉県環境科学国際センター、3. 早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科、4. 国立環境研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Center for Environmental Science in SaitamaCenter for Environmental Science in Saitama, 3. School of Creative Science and Engineering, Waseda University, 4. National Institute for Environmental Studies

Air quality in Asia can cause regional-to-global environmental issues. Intensive observation campaigns approximately 1 week long have been conducted periodically from March 2010 to November 2015 at Cape Hedo, Okinawa, Japan. The period-averaged sulfate aerosol (SO_4^{2-}) concentrations for each campaign ranged from 0.34 to 6.97 $\mu g\ m^{-3}$, and the average concentration of all observations was 3.13 $\mu g\ m^{-3}$. The maximum daily mean concentrations surpassed 15 $\mu g\ m^{-3}$ in springtime 2012. The sources of this high SO_4^{2-} concentrations were estimated by using the air quality model with the tagged tracer method in this study. The main source of the high SO_4^{2-} concentrations in March was volcanoes and that in April was anthropogenic emissions from China. In March, the prevailing northerly wind transported a volcanic SO_2 plume with a low conversion ratio to Cape Hedo. The impacts of 15 volcanoes in Japan were estimated in this study, and a substantial impact of Sakurajima, which accounted for more SO_2 than anthropogenic emissions from Japan, was found. Throughout April, source apportionments from anthropogenic emissions from China were found; hence, the source was further divided into 31 provincial scales. Shandong and Jiangsu provinces, which are the first and seventh largest emission sources in China, were identified as important sources at Cape Hedo. These sources showed day-to-day variation, and the highest contribution from Shandong province was on April 23, whereas that from Jiangsu province was on April 22.

キーワード：硫酸塩、発生源寄与、大気質モデル
Keywords: Sulfate aerosol, Source contribution, Air quality model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Isotopic constrains on sources and formation pathways of atmospheric nitrate in Mt. Everest

*Kun Wang[1,2,4], Shohei Hattori[2], Shichang Kang[1,3,4], Mang Lin[2], Naohiro Yoshida[2,5]

1. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences , 2. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 3. CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, 4. University of Chinese Academy of Sciences, 5. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Studies on the sources and formation pathways of nitrate is crucial to better understand nitrogen cycle and atmospheric oxidation capacity. Tibetan Plateau (TP) and surroundings, referred to as the Third Pole and “Asia water tower”, contain the largest number of glaciers outside the polar regions and are largely experiencing shrinkage. A complete understanding on the source and formation mechanisms of atmospheric nitrate in the TP is important to indicate the impact of human activities on the environment and also crucial to investigate nitrogen cycle in glacier-hydrology systems of this region. Besides, it can supply information on interpreting ice core records to understand the past atmosphere chemistry. Here we collected aerosol samples from the Everest through pre-monsoon (April-May) and monsoon season (June-August) in 2018, and measured for the first time the isotopic compositions ($\delta^{15}N$, $\delta^{18}O$ and $\Delta^{17}O$) of nitrate in this region, allowing insights into their sources and potential formation mechanism. The results show that the seasonal variations in both $\delta^{15}N$ and $\Delta^{17}O$ values have a similar trends with maximum during pre-monsoon season and minimum during monsoon season. The relatively high values of $\delta^{15}N$ in pre-monsoon seasons, maybe indicate the enhanced contribution from fossil fuel combustions in South Asia which can be transported to our sampling sites across the Himalayas by the mountain/valley wind system. The $\Delta^{17}O$ (NO_3^-) value, which is dependent on both the $\Delta^{17}O$ (NO_2) value and the oxidation pathways (O_3 and OH) of NO_2 to NO_3^-, show that the O_3 oxidation pathway is dominant during pre-monsoon season, resulting in higher values of both $\delta^{18}O$ and $\Delta^{17}O$. In contrast, during monsoon season, formation involving HO_2/RO_2 radicals becomes important, producing lower values of $\delta^{18}O$ and $\Delta^{17}O$. To better understand the oxidation process of past atmosphere in the Everest region, observations of oxygen-17 excess of nitrate and sulfate in ice cores collected from this region in the future are recommended.

Keywords: Atmospheric nitrate, the Everest, Isotope, Aerosol, Oxidation pathways

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of a large volume sampling system for measuring stable isotope analysis of carbonyl sulfide and field observation

*亀崎 和輝[1]、服部 祥平[1]、吉田 尚弘[1,2]
*Kazuki Kamezaki[1], Shohei Hattori[1], Naohiro Yoshida[1,2]

1. 東京工業大学物質理工学院応用化学系、2. 東京工業大学地球生命研究所
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226-8502, Japan, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1-IE-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550, Japan

Carbonyl sulfide (OCS) is the most abundant sulfur-containing gas in the ambient atmosphere, with an average mixing ratio of 500 parts per trillion (ppt) by volume in the troposphere. OCS is suggested as a sulfur source of the stratospheric sulfate aerosols (SSA) which plays an important role for Earth of radiation budget and for ozone depletion. Moreover, since leaves consume OCS whenever they are assimilating CO_2 with same process but plant does not emit OCS to atmosphere by respiration, OCS provides a means to partition net ecosystem exchange into gross primary production (GPP) and respiration on land. Nevertheless, current figures for tropospheric OCS sources and sinks carry large uncertainties.

Isotope analysis is a useful tool to trace sources and transformations of trace gases. Very recently, Angert et al. (2019 Sci. Rep.) reported $d^{34}S$ value at Israel and Canary Island for tropospheric OCS using a gas chromatograph (GC)/multi collector-inductively coupled plasma mass spectrometer (MC-ICP-MS). For the measurement of sulfur isotope ratios of OCS in our laboratory, an online method measuring on a GC/isotope ratio (IR)-MS using S^+ fragmentation ions had been developed (Hattori et al., 2015). This method supports simple analysis of sulfur isotopic compositions of OCS over 8 nmol. However, application this method for atmospheric samples has yet to be done by this GC/IR-MS method, because of the large sample amounts that are necessary (i.e. 500 L of 500 pmol mol^{-1} OCS). Therefore, we developed a large volume air sampling system to apply S^+ IR-MS method for atmospheric samples and we observed $d^{34}S$ value in Suzukakedai campus at Yokohama (Kamezaki et al., 2019 Atmos. Meas. Tech.).

We will discuss the difference between the result of Angert et al. (2019) and our observation. Additionally, we also report the result in field campaign using our developed method.

キーワード：硫化カルボニル、硫黄同位体、大気微量成分
Keywords: Carbonyl sulfide, Sulfur isotope, atmospheric trace components

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:眞木 貴史(気象研究所)

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

13:45 ~ 14:00

[AAS04-06] Observations of aerosol optical properties by sky radiometers at SKYNET Southeast and South Asian sites

*Al Fatmi[1]、入江 仁士[1]、Hossain Mohammed Syedul Hoque[1]、Damiani Alessandro[1]、Khatri Pradeep[2]、高村 民雄[1]、Jurupongsaku Thanawat[3]、Pandithurai Govindan[4] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2.東北大学、3.チュラロンコン大学、4.インド熱帯気象研究所)

14:00 ~ 14:15

[AAS04-07] スカイラジオメーターを用いた日本におけるエアロゾルの光吸収オングストローム指数の変動要因の解析

*山口 航大[1]、入江 仁士[1]、Khatri Pradeep[2]、竹村 俊彦[3]、山本 浩万[4] (1.千葉大学、2.東北大学、3.九州大学、4.産業技術総合研究所)

14:15 ~ 14:30

[AAS04-08] Sources of atmospheric black carbon and related carbonaceous components at Rishiri Island, Japan

*朱 春茂[1]、金谷 有剛[1]、吉川 久幸[2]、入野 智久[2]、関 宰[2]、遠嶋 康徳[3] (1.海洋研究開発機構、2.北海道大学、3.国立環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[AAS04-09] Black Carbon and Inorganic Aerosols in Snowpack over the Arctic

*森 樹大[1]、東 久美子[2,3]、近藤 豊[2]、塚川 佳美[2]、三浦 和彦[1]、平林 幹啓[2]、大島 長[4]、小池 真[5]、Kaarle Kupiainen[6]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[7]、Sinha Ram[8]、杉浦 幸之助[9]、青木 輝夫[10]、Martin Schneebeli[11]、Konrad Steffen[11]、佐藤 篤司[12]、對馬 あかね[13]、Vladimir Makarov[14]、大宮 哲[15,16]、杉本 敦子[17]、鷹野 真也[17] (1.東京理科大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.気象研究所、5.東京大学大学院、6.Environmental Protection Department Ministry of the Environment、7.名古屋大学、8.Department of Space Indian Space Research Organization、9.富山大学、10.岡山大学、11.WSL Institute for Snow and Avalanche Research、12.防災科学技術研究所、13.総合地球環境学研究所、14.Melnikov’s Permafrost Institute、15.北海道大学低温科学研究所、16.寒地土木研究所、17.北海道大学)

14:45 ~ 15:00

[AAS04-10] 前方散乱波の干渉計測にもとづくサブミクロン粒子の実時間測定法：原理とエアロゾル研究への応用

*茂木 信宏[1] (1.国立大学法人東京大学)

15:00 ~ 15:15

[AAS04-11] High spatial resolution vehicular emissions inventory for China using VEIN model

*Sergio Ibarra Espinosa[1]、Xuelei Zhang[1]、Aijun Xiu[1]、Edmilson Dias de Freitas[2] (1.Research Group of Regional Atmospheric Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, P. R. China、2.Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, Brazil.)

Observations of aerosol optical properties by sky radiometers at SKYNET Southeast and South Asian sites

*Al Fatmi[1]、入江 仁士[1]、Hossain Mohammed Syedul Hoque[1]、Damiani Alessandro[1]、Khatri Pradeep[2]、高村 民雄[1]、Jurupongsaku Thanawat[3]、Pandithurai Govindan[4]
*Al Mashroor Fatmi[1], Hitoshi Irie[1], Hossain Mohammed Syedul Hoque[1], Alessandro Damiani[1], Pradeep Khatri[2], Tamio Takamura[1], Thanawat Jurupongsaku[3], Govindan Pandithurai[4]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2. 東北大学、3. チュラロンコン大学、4. インド熱帯気象研究所
1. Center for Environmental Remote Sensing Chiba University , 2. Tohoku University, 3. Chulalongkorn University, 4. Indian Institute of Tropical Metereology

Direct and scattered sunlight measurements using sky radiometers were performed at two SKYNET sites –Phimai (15.18˚N, 102.56˚E) in Thailand and New Delhi (28.63˚N, 77.17˚E) in India. Phimai is a rural site and during the dry season (January to April), the site is affected by biomass burning. New Delhi is an urban site and expected to be influenced by vehicular and industrial emissions and agricultural waste burning. Depending on the data availability, aerosol optical properties during the year 2012 and 2016 were analyzed for New Delhi and Phimai, respectively. During the dry season in 2016 at Phimai, enhanced aerosol absorption optical depth (AAOD) was observed corresponding to the influence of biomass burning. The wavelength dependence of AAOD was quantified using the absorption Ångström exponent (AAE). The mean AAE at Phimai during the dry season in 2016 was 1.5±0.2, indicating the presence of organic brown carbon aerosols. This was consistent with coincident multi-axis differential absorption spectroscopy measurements showing higher concentration of organic compounds (formaldehyde and glyoxal) during the dry season, corresponding to biomass burning. At New Delhi, the mean AAE values during winter (December ~ February) and monsoon season (June ~ August) were 1.51±0.23 and 0.88± 0.24, respectively. The higher AAE during winter indicates the significant injection of organic brown carbon, probably due to transportation of carbonaceous materials from agricultural waste burning from Northern India. Thus, deduction of AAE, retrieved through sky radiometers observations, is expected to be useful for better understanding the physical and optical properties of light absorbing organic aerosols.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スカイラジオメーターを用いた日本におけるエアロゾルの光吸収オングストローム指数の変動要因の解析

Analysis of factors causing variations in the absorption Ångström exponent of aerosols in Japan using skyradiometers

*山口 航大[1]、入江 仁士[1]、Khatri Pradeep[2]、竹村 俊彦[3]、山本 浩万[4]
*Kodai Yamaguchi[1], Hitoshi Irie[1], Pradeep Khatri[2], Toshihiko Takemura[3], Hirokazu Yamamoto[4]

1. 千葉大学、2. 東北大学、3. 九州大学、4. 産業技術総合研究所
1. Chiba University, 2. Tohoku University, 3. Kyushu University, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

将来の気候変動の予測において、エアロゾルは最大の不確実性をもたらしている。その不確実性を低減させるためには、エアロゾルの光学特性の理解が不可欠である。主要なエアロゾルのひとつである有機エアロゾルや鉱物ダストは光吸収が弱いため、その放射強制力はほとんどの気候モデルで負とされてきた。しかしながら、近年の室内実験や観測から、特に紫外から可視域において強い光吸収性を有すエアロゾル(ブラウンカーボンなど)があることが分かってきている。このような光吸収の波長依存性を表す指標として光吸収オングストローム指数(AAE)があるが、その観測は限られている。このような状況の中、本研究では日本の多地点で長期間、エアロゾルの観測を行っているSKYNETの主にスカイラジオメーターのデータを解析した。我々が新たに開発した解析アルゴリズムパッケージ(SR-CEReS)を用いて、日本の6地域(千葉、福江、春日、宮古島、仙台、高山)のAAEを導出し、その変動原因を調べた。ブラックカーボンのAAEの理論値は 1 と考えられている中、本研究の解析結果ではAAEの年平均値は1.15～1.51の範囲の値を示し、紫外から可視域において強い光吸収性を有すエアロゾルが全6地点で存在することが分かった。また、都市域ではAAEが比較的高い値をとることが分かった。さらには、スカイラジオメーターと同時に実施した多軸差分吸収分光法(MAX-DOAS)による観測から得られた二酸化窒素や二酸化硫黄の濃度データを合わせて解析したところ、工場や製鉄所、船舶などからの排出がAAEの増加に寄与していることが示唆された。

キーワード：エアロゾル、スカイラジオメーター、光吸収オングストローム指数
Keywords: Aerosol, Skyradiometer, Absorption Ångström exponent (AAE)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sources of atmospheric black carbon and related carbonaceous components at Rishiri Island, Japan

*朱 春茂[1]、金谷 有剛[1]、吉川 久幸[2]、入野 智久[2]、関 宰[2]、遠嶋 康徳[3]
*Chunmao Zhu[1], Yugo Kanaya[1], Hisayuki Yoshikawa[2], Tomohisa Irino[2], Osamu Seki[2], Yasunori Tohjima[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 北海道大学、3. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Hokkaido University, 3. National Institute for Environmental Studies

A field study was conducted to clarify sourcesof atmospheric black carbon and related carbonaceous components at Rishiri Island, Japan. We quantified equivalent black carbon (eBC) particle mass and the absorption Ångström exponent (AAE), atmospheric CO and CH_4, in addition to levoglucosan in total suspended particles, a typical tracer of biomass burning. Sixteen high eBC events were identified attributable to either anthropogenic sources or biomass burning in Siberia/China. These events were often accompanied by increases of co-emitted gases such as $CH_4$and CO. Specifically, we observed pollution events with elevated eBC, AAE, levoglucosan, and CH_4–CO slope in late July 2014, which were attributed to forest fires in Siberia by reference to the FLEXPART model footprint and fire hotspots. In autumn, drastic increases of eBC, AAE, and levoglucosan were observed, accompanied by an eBC–CO slope of >15 ng m^{-3}/ppb, resulting from long-range transport of emissions from extensive burning of crop residue on the Northeast China Plain. Other than the sources of fossil fuel combustion in China and forest fires in Siberia, we also report that pollution events in northern Japan are caused by crop residue burning in China. This study elucidated valuable information that will improve understanding of the effects of biomass burning in East Asia on atmospheric carbonaceous components.

キーワード：エアロゾル、バイオマス燃焼、レボグルコサン、ブラックカーボン、FLEXPART
Keywords: Aerosols, Biomass burning, Levoglucosan, Black carbon, FLEXPART

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Black Carbon and Inorganic Aerosols in Snowpack over the Arctic

*森 樹大[1]、東 久美子[2,3]、近藤 豊[2]、塚川 佳美[2]、三浦 和彦[1]、平林 幹啓[2]、大島 長[4]、小池 真[5]、Kaarle Kupiainen[6]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[7]、Sinha Ram[8]、杉浦 幸之助[9]、青木 輝夫[10]、Martin Schneebeli[11]、Konrad Steffen[11]、佐藤 篤司[12]、對馬 あかね[13]、Vladimir Makarov[14]、大宮 哲[15,16]、杉本 敦子[17]、鷹野 真也[17]
*Tatsuhiro Mori[1], Kumiko Goto-Azuma[2,3], Yutaka Kondo[2], Yoshimi Ogawa-Tsukagawa[2], Kazuhiko Miura[1], Motohiro Hirabayashi[2], Naga Oshima[4], Makoto Koike[5], Kaarle Kupiainen[6], Nobuhiro Moteki[5], Sho Ohata[7], Sinha Puna Ram[8], Konosuke Sugiura[9], Teruo Aoki[10], Martin Schneebeli[11], Konrad Steffen[11], Atsushi Sato[12], Akane Tsushima[13], Vladimir Makarov[14], Satoshi Omiya[15,16], Atsuko Sugimoto[17], Shinya Takano[17]

1. 東京理科大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 気象研究所、5. 東京大学大学院、6. Environmental Protection Department Ministry of the Environment、7. 名古屋大学、8. Department of Space Indian Space Research Organization、9. 富山大学、10. 岡山大学、11. WSL Institute for Snow and Avalanche Research、12. 防災科学技術研究所、13. 総合地球環境学研究所、14. Melnikov’s Permafrost Institute、15. 北海道大学低温科学研究所、16. 寒地土木研究所、17. 北海道大学
1. Tokyo University of Science, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Meteorological Research Institute, 5. Depertment of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 6. Environmental Protection Department Ministry of the Environment, 7. Institute for Space–Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, 8. Department of Space Indian Space Research Organization, 9. University of Toyama, 10. Okayama University, 11. WSL Institute for Snow and Avalanche Research, 12. former Snow and Ice Research Center, 13. Reserach Institute for Humanity and Nature, 14. Melnikov’s Permafrost Institute, 15. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 16. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 17. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

Black carbon (BC) deposited on snow lowers snow albedo, potentially contributing to the warming in the Arctic. The distributions of inorganic aerosols (ions), which contribute to direct and indirect aerosol effects, are also greatly influenced by deposition. It is critically important to measure the spatial distributions of BC and ions in snowpack in different regions of the Arctic to quantify these effects. Because accurate measurements of BC and ions in snowpack are very limited, we measured the mass concentrations of size-resolved BC (C_{MBC}) and ions in snowpack over Finland, Alaska, Siberia, Greenland, and Spitzbergen in early spring during the period of 2012 –2016 by using a single-particle soot photometer and ion chromatography, respectively. BC deposition amounts (DEP_{MBC}) during snow accumulation periods were derived from C_{MBC} and snow water equivalent (SWE). Detailed analyses have shown that the spatial distributions of the anthropogenic BC flux and topography strongly influenced the latitudinal variations of C_{MBC} and BC size distributions. The average size distributions of BC in snowpack shifted to smaller sizes with the decrease in C_{MBC}, likely due to an increase in the removal efficiency of BC with the increase in BC diameter during transport from major BC sources. The present C_{MBC} were much lower than previous C_{MBC} measured by using an Integrating Sphere/Integrating Sandwich spectrophotometer by a factor of about 13. The present accurate data of C_{MBC}, SWE, and DEP_{MBC} are very useful in constraining climate model to estimate the effect of BC on the climate of the Arctic.

キーワード：ブラックカーボン、湿性除去、北極
Keywords: Black carbon, Wet deposition, Arctic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

前方散乱波の干渉計測にもとづくサブミクロン粒子の実時間測定法：原理とエアロゾル研究への応用

The single-particle extinction and scattering method for online characterization of submicron particles: Principles and applications to aerosol research

*茂木 信宏[1]
*Nobuhiro Moteki[1]

1. 国立大学法人東京大学
1. The Univerisity of Tokyo

本発表では、近年物理学分野で提唱された光学原理にもとづく汎用的な微粒子測定法である single-particle extinction and scattering (SPES)法 について、独自の開発・拡張の状況とそのエアロゾル研究への応用について紹介する。この手法は、単一粒子がレーザービームを横断するときの前方散乱波と入射波の干渉を利用して散乱波の振幅と位相を検出し、そのデータから粒子の複素屈折率の実部・虚部と粒子体積を推定するものである。発表では、測定原理、粒子形状を考慮したデータ解析の理論、開発した装置の性能評価実験について紹介したのち、エアロゾル気候影響の観点で重要な物質である黒色炭素粒子と鉱物粒子への適用結果を紹介する予定である。

キーワード：エアロゾル、ダスト、黒色炭素、生物粒子、海洋懸濁粒子、測定法
Keywords: aerosol, dust, black carbon, biological particles, marine suspended particles, measurement technique

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High spatial resolution vehicular emissions inventory for China using VEIN model

*Sergio Ibarra Espinosa[1], Xuelei Zhang[1], Aijun Xiu[1], Edmilson Dias de Freitas[2]

1. Research Group of Regional Atmospheric Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, P. R. China, 2. Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, Brazil.

Vehicular emissions are an important source of pollution in China. These and other anthropocentric emissions, with poor meteorological conditions enhance critic episodes of high concentrations of air pollutants (Wang S. and Hao J., 2012). Environmental policies seeks to improve air quality by diminishing and cutting emissions, making the emissions characterization of crucial importance. Even more, air quality modelers needs emissions inventories as inputs, which usually suffer of limited temporal and spatial representation and over simplification. Under these circumstances, it is not expected good air quality simulations. I other words, garbage-in, garbage-out.

This study aims to improve the temporal and spatial representation of vehicular emissions. This will be achieve using the VEIN model (Ibarra-Espinosa *et al.,* 2017), initially with a top-down approach. The method and data is described as follows: stock vehicles will be obtained for 31 provinces (National Bureau of Statistics (NBS), 2016) considering vehicle survival pattern and average age of use of the fleet (HAO *et al*, 2011; Wang H. *et al*, 2012). NBS data is aggregated without discriminating taxis and motorcycles, therefore, the vehicular composition and activity will be obtained with the percentages of Wang H. *et* al, (2008): Passenger Cars (PC), Taxi, Motorcycle, Moped, Bus, Small Trucks, Medium Trucks and Heavy Trucks by type of fuel. Furthermore, we will divide traffic at peak and off peak hours and by Freeways, Arterial and residential roads, shown on Fig.1, in each province to obtain the representative speed in each case, based on the driving cycles obtained by Wang Q. *et al*, (2008). We will use Copert (Ntziachristos and Samaras, 2016) emissions factors inside VEIN correcting by chemical composition of fuel and deterioration factors. Cold starts and evaporative emissions will be obviously included. To ensure consistency with the emissions and fuel consumed on each province, activity will be calibrated in order that fuel consumption estimation or CO_2 estimations matches with statistics of automotive fuel sales or CO_2 emissions, depending on the availability of data. Top-down emissions will be spatially dis-aggregated by length of type of road from OpenStreetMap in each province as shown by Andrade *et al*, (2015).

Vehicular, Emissions, VEIN, China

REFERENCES

Andrade, M. D. F., Ynoue, R. Y., Freitas, E. D., Todesco, E., Vara Vela, A., Ibarra, S., ... & Carvalho, V. S. B. (2015). Air quality forecasting system for Southeastern Brazil. Frontiers in environmental Science, 3, 9.

Wang, S., & Hao, J. (2012). Air quality management in China: Issues, challenges, and options. Journal of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental Sciences, 24(1), 2-13.

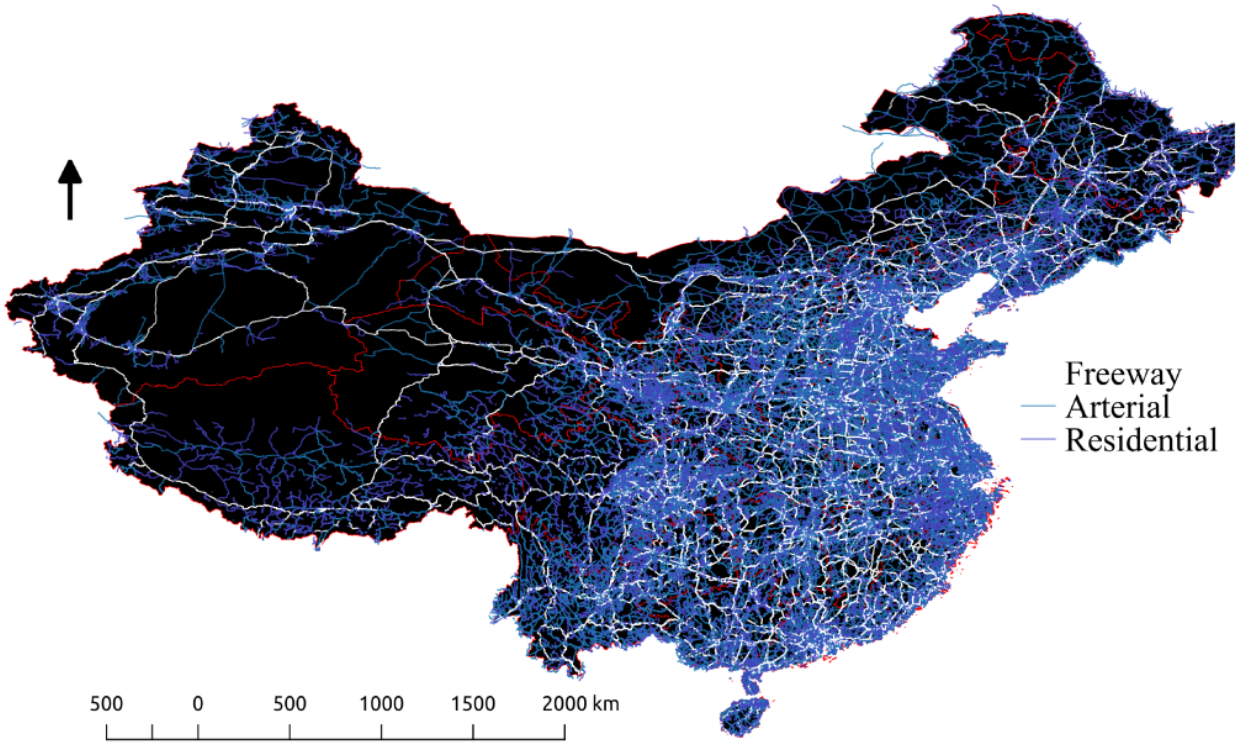
Hao, H., Wang, H., Ouyang, M., & Cheng, F. (2011). Vehicle survival patterns in China. Science China Technological Sciences, 54(3), 625-629.

Wang, H., Chen, C., Huang, C., & Fu, L. (2008). On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China. Science of the Total Environment, 398(1-3), 60-67.

Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., & Zhang, Q. (2008). Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. Transportation research part D: Transport and Environment, 13(5), 289-297.

Ntziachristos, L. and Samaras, Z. (2016): EMEP/EEA emission inventory guidebook; Road Transport: Passenger cars, Light commercial trucks, Heavy-duty vehicles including buses and Motorcycles, European Environment Agency, Copenhagen.

Keywords: Vehicular emissions, VEIN, China



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:石島 健太郎(気象研究所)

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

15:30 ~ 16:00

[AAS04-12] Effect of land use change on GHG fluxes of tropical peat forests in Borneo island

★Invited Papers

*平田 竜一[1]、Habura Borjigin[1]、白石 知弘[1]、平野 高司[2]、Mellling Lulie[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学、3.Sarawak Tropical Peat Research Institute)

16:00 ~ 16:30

[AAS04-13] 地球観測衛星による陸域生態系炭素固定機能のリモートセンシング

★招待講演

*野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、清野 友規[1]、宮内 達也[1]、松永 恒雄[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

16:30 ~ 16:45

[AAS04-14] GOSAT TANSO-FTS TIRより導出された二酸化炭素濃度の上部対流圏および下部成層圏の変動解析

*江口 菜穂[1]、本田 照裕[1]、齋藤 尚子[2]、丹羽 洋介[3] (1.九州大学、2.千葉大学、3.国立環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[AAS04-15] C-130H輸送機により観測された北西太平洋上空における大気ポテンシャル酸素の季節および年々変動

*石戸谷 重之[1]、坪井 一寛[2]、丹羽 洋介[3]、村山 昌平[1]、松枝 秀和[2]、澤 庸介[2]、青木 伸行[1]、石島 健太郎[2]、古積 健太郎[4]、梅澤 研太[4]、雪田 一弥[4]、西田 重晴[4]、山本 めぐみ[4] (1.産業技術総合研究所、2.気象研究所、3.国立環境研究所、4.気象庁)

Effect of land use change on GHG fluxes of tropical peat forests in Borneo island

*平田 竜一[1]、Habura Borjigin[1]、白石 知弘[1]、平野 高司[2]、Mellling Lulie[3]
*Ryuichi Hirata[1], Habura Borjigin[1], Tomohiro Shiraishi[1], Takashi Hirano[2], Lulie Melling[3]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学、3. Sarawak Tropical Peat Research Institute
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Hokkaido University, 3. Sarawak Tropical Peat Research Institute

Borneo island, which is located in southeast Asia, has a rich forest and it store a huge carbon in biomass and soil. It is well known that peat, which is large carbon reservoir, widely spreads in the island. While tropical peat forest occupies only 0.25% of surface area on globe, it accounts 3% of soil organic carbon on earth. Tropical peat forest, in which forest grows on peat which depth from 1 to 10 m. Recently, the area of tropical peat forest is rapidly decreasing because of fire or plantation and has resulted in large carbon lost. Therefore, carbon management and control for tropical peat forest is very important with the objective of development, conservation and disaster prevention. In this study, we will introduce the studies to evaluate the effects of land use change on greenhouse gas fluxes of tropical peat lands from site scale to regional scale various methods i.e. flux observation of eddy covariance and chamber methods, remote sensing and numerical simulation under several projects.

キーワード：フラックス観測、リモートセンシング、モデル
Keywords: flux observation, remote sensing, model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球観測衛星による陸域生態系炭素固定機能のリモートセンシング
Remote sensing of carbon assimilation function of terrestrial ecosystem by Earth-observation satellite

*野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、清野 友規[1]、宮内 達也[1]、松永 恒雄[1]
*Hibiki M Noda[1], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Tomoki Kiyono[1], Tatsuya Miyauchi[1], Tsuneo Matsunaga[1]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. NIES National Institute of Environmental Studies

産業革命以降，化石燃料の燃焼などの人間活動により大気中の二酸化（CO_2）濃度は増加を続けており，地球規模での気候変動は年々深刻化している。この問題に効果的に対処するためには，生化学過程を含む，CO_2放出と吸収についてのメカニズムについて理解することが重要である。陸域生態系は，植物の光合成により大気中のCO_2を固定して炭水化物を生産することにより，生物圏と大気圏との炭素循環を駆動するという重要な役割を担っている。陸域生態系の光合成過程は，人為的に排出されるCO_2の約3割を陸上生態系により固定するとされる。一方で，生化学的な応答過程である光合成過程は気温や日射，降水量などの環境条件の影響を受ける。そのため，地域スケールなどの広域での光合成量の推定値には大きな不確実性が伴う。さらに，近い将来の気候変動下では，光合成生産も大きく変化しうると予想される。したがって，有効な温暖化緩和策を立てるためには，広域での陸域生態系の光合成量の空間分布を把握することが不可欠である。

地球観測衛星によるリモートセンシングは，陸上生態系の特性について広域での時空間変動を把握する上で強力な手法である。これまで，衛星により観測された植生の反射特性より，生態系の構造や生理的な特性を把握し，それらから光合成生産量を推定する試みが広く行われてきた。近年では，温室効果ガス観測技術衛星GOSATのような高波長分解能センサーを持つ衛星の登場により，太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の人工衛星による観測が可能になった。現在，SIFは，GOSATやGOSAT-2の他，GOME-2やOCO-2など大気観測をメインミッションとした衛星により副次的に観測されている。クロロフィル蛍光は植物が光合成の際に微弱な光であることから，SIFは従来の光学的指標よりも光合成活性と密接に関連していると考えられ，これを利用して光合成活性や生産量を把握する試みが行われている。

本発表では，これまで講演者が取り組んできた人工衛星を利用した陸域植生の光合成生産量の推定研究を紹介すると共に，GOSATおよびGOSAT-2が観測するSIFを利用した研究の将来展望について議論する。

キーワード：植生リモートセンシング、太陽光励起クロロフィル蛍光、GOSAT
Keywords: vegetation remote sensing, solar-induced chlorophyll fluorescence, GOSAT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GOSAT TANSO-FTS TIRより導出された二酸化炭素濃度の上部対流圏および下部成層圏の変動解析

Analysis of the carbon dioxide in the upper troposphere and lower stratosphere by the data from GOSAT TANSO-FTS TIR

*江口 菜穂[1]、本田 照裕[1]、齋藤 尚子[2]、丹羽 洋介[3]
*Nawo Eguchi[1], Akihiro Honda[1], Naoko Saitoh[2], Yosuke Niwa[3]

1. 九州大学、2. 千葉大学、3. 国立環境研究所
1. Kyushu University, 2. Chiba University, 3. National Institute for Environmental Studies

現在，成層圏の寒冷化が問題となっており，その原因として温室効果ガスの一つである二酸化炭素CO_2濃度の上昇だと言われている．しかし成層圏におけるCO_2濃度の全球規模での詳細はわかっておらず，またCO_2の成層圏への流入口である上部対流圏及び下部成層圏（Upper Troposphere/Lower Stratosphere; 以後UT/LS）の濃度及び流入量や流入過程の詳細は明らかにされていない．

本研究では，温室効果ガス観測技術衛星GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite;通称「いぶき」) 搭載のフーリエ分光計 TANSO-FTS (Thermal And Near-infrared Sensor for carbon Observation –Fourier Transform Spectrometer) の熱赤外域 (Thermal InfraRed: TIR (Band 4 : 5.5~14.3μm)) より導出されたCO_2の鉛直プロファイルデータを用いて，特にUT/LS (250～150 hPa) のCO_2濃度の季節・経年変化や季節内変動について詳細に調べることを目的とする．

解析に使用したデータはLevel 2 (version01.xx, 最新版) であり，解析期間は2010年1月から2013年12月までの4年間である． また本研究では比較のため，リトリーバル時に a prior として使用した国立環境研の大気輸送モデル (NIES-TM; Transport Model ver.5) と準一様格子全球モデルNonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM)–based Transport Model (TM) から得られたCO_2の全球鉛直プロファイルデータを使用した．

本研究により，CO_2濃度のUT/LSにおける年増加率，季節・経年変化，アジアモンスーン域の季節内変動の詳細を示すことができた．特に経年変動では, 熱帯域でENSOに伴うCO_2濃度の変動や, 季節内変動では積雲対流活動およびアジアモンスーンの高気圧性循環による水平移流の変動が明らかとなった．これらの結果は，航空機観測や大気球観測で観測できなかった領域および季節内の時間スケールでのCO_2濃度の動態を明らかにするため，全球モデルの物理化学過程の検証に加え，それらの開発にも活用することができる．今後は，数値モデリングの観点から素過程の理解を深め，観測から得られたマクロな場とのリンクを明らかにすることで，気候変動予測において重要なUT/LSでのCO_2濃度の動態解明につながることが期待される．

キーワード：温室効果ガス、成層圏対流圏間交換、GOSAT satellite
Keywords: greenhouse gases, stratosphere-troposphere exchange, GOSAT satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

C-130H輸送機により観測された北西太平洋上空における大気ポテンシャル酸素の季節および年々変動

Seasonal and interannual variations of the Atmospheric Potential Oxygen over the Western North Pacific observed by using a cargo aircraft C-130H

*石戸谷 重之[1]、坪井 一寛[2]、丹羽 洋介[3]、村山 昌平[1]、松枝 秀和[2]、澤 庸介[2]、青木 伸行[1]、石島 健太郎[2]、古積 健太郎[4]、梅澤 研太[4]、雪田 一弥[4]、西田 重晴[4]、山本 めぐみ[4]
*Shigeyuki Ishidoya[1], Kazuhiro Tsuboi[2], Yosuke Niwa[3], Shohei Murayama[1], Hidekazu Matsueda[2], Yousuke Sawa[2], Nobuyuki Aoki[1], Kentaro Ishijima[2], Kentaro Kozumi[4], Genta Umezawa[4], Kazuya Yukita[4], Shigeharu Nishida[4], Megumi Yamamoto[4]

1. 産業技術総合研究所、2. 気象研究所、3. 国立環境研究所、4. 気象庁
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Meteorological Research Institute, 3. National Institute for Environmental Studies, 4. Japan Meteorological Agency

The cargo aircraft C-130H flies once per month from Atsugi Base (35.45˚N, 139.45˚E), Kanagawa, Japan, to Minamitorishima (MNM; 24.28˚N, 153.98˚E), and air samples are collected during the level flight (~6 km) and the descent portion at MNM. The air samples have been analyzed for $O_2/N_2$and Ar/N_2ratios and stable isotopic ratios of N_2, $O_2$and Ar since May 2012. The analysis indicated a significant artificial fractionation due to thermal diffusion during the air sample collection. Nevertheless we succeeded to correct the effects of the fractionation on the observed O_2/N_2ratio precisely by using the observed Ar/N_2 ratio (Ishidoya et al., 2014). The corrected O_2/N_2ratio showed a secular decrease accompanied by a prominent seasonal cycle. The average secular change rate of the mid-tropospheric corrected O_2/N_2ratio was found to be -25.2±0.5 per meg $yr^{-1}$for the period 2012 –2018, which agreed well with that observed at La Jolla, USA by Scripps O_2program (Keeling and Manning, 2014). As the uncertainty of the change rate, we considered the spatial difference of the rates and the stability of the O_2/N_2ratio of standard air.

The Atmospheric Potential Oxygen ($APO=O_2+1.1xCO_2$), calculated by using the corrected O_2/N_2ratio, also showed prominent seasonal cycles, and the amplitude of the mid-tropospheric seasonal APO cycle observed at 25.5˚N was found to be 55 and 31 % of those observed at 33.5˚N and the surface MNM (Ishidoya et al., 2017), respectively. On the other hand, the corresponding seasonal amplitude of CO_2at 25.5˚N was found to be 72 and 93 % of those at 33.5˚N and the surface MNM, respectively. An atmospheric transport model (Niwa et al., 2017) reproduced general features of the observed seasonal APO and CO_2cycles, and its tagged simulation suggested that the mid-tropospheric seasonal APO cycle in the northern low latitudes was reduced significantly by the anti-phase seasonal APO cycle from the southern hemisphere. The observed APO showed interannual variations superimposed on secular downward trends, and the temporal change rates take maxima from the end of 2014 to the beginning of the 2015 at the surface MNM and in the mid-troposphere at 29 –34 ˚N. A comparison between the observed and simulated interannual variations of APO suggested that an interannual variation of the atmospheric transport contributed about 30 % of the observed variation.

Acknowledgments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We thank the staff of Japan Meteorological Agency for their work to collect the air samples onboard a cargo aircraft C-130H. This study was partly supported by the JSPS KAKENHI Grant Number 15H02814, and the Global Environment Research Coordination System from the Ministry of the Environment, Japan.

References

Ishidoya, S. et al. (2014) New atmospheric O_2/N_2ratio measurements over the western North Pacific using a cargo aircraft C-130H, *SOLA*, **10**, 23-28.

Ishidoya, S. et al. (2017) Development of a continuous measurement system for atmospheric O_2/N_2ratio using a paramagnetic analyzer and its application in Minamitorishima Island, Japan, *SOLA*, **13**, 230-234.

Keeling, R. F., and A. C. Manning (2014) Studies of recent changes in atmospheric O_2content, in *Treatise on Geochemistry*,**5**, 2nd ed., pp. 385–404.

Niwa, Y. et al. (2017) A 4D-Var inversion system based on the icosahedral grid model (NICAM-TM 4D-Var v1.0) –Part 1: Offline forward and adjoint transport models, *Geosci. Model Dev.*, **10**, 1157-1174.

キーワード：大気ポテンシャル酸素（APO）、航空機観測
Keywords: Atmospheric Potential Oxygen (APO), aircraft observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 201B 2F

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:渡邉 真吾(海洋研究開発機構)

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

9:00 ~ 9:10

Introduction

9:10 ~ 9:40

[AAS05-01] Turbulent kinetic energy dissipation rates depending on the polar vortex and on synoptic-scale disturbances in the UTLS region in the Antarctic

★Invited Papers

*高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]、西村 耕司[2]、堤 雅基[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻大気海洋科学講座、2.国立極地研究所、総合研究大学院大学)

9:40 ~ 9:55

[AAS05-02] 熱帯成層圏界面領域における半年周期振動の運動量収支解析

*冨川 喜弘[1,2]、V. Harvey[3]、John Knox[4]、藤原 正智[5] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.コロラド大学ボルダー校、4.ジョージア大学、5.北海道大学)

9:55 ~ 10:10

[AAS05-03] 高解像度ラジオゾンデデータを用いた夏の成層圏・中間圏に到達する重力波の発生源に関する研究

*奥井 晴香[1]、高麗 正史[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

10:10 ~ 10:25

[AAS05-04] Stratospheric initial conditions provide seasonal predictability of the North Atlantic and Arctic Oscillations

*Yu Nie[1]、Adam Scaife[2,3]、Hong-Li Ren[1,4]、Ruth Comer[2]、Martin Andrews[2] (1.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, China、2.Met Office Hadley Centre, Exeter, UK、3.College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, UK、4.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geoscience, Wuhan, China)

10:25 ~ 10:30

Discussion

Turbulent kinetic energy dissipation rates depending on the polar vortex and on synoptic-scale disturbances in the UTLS region in the Antarctic

*高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]、西村 耕司[2]、堤 雅基[2]
*Masashi Kohma[1], Kaoru Sato[1], Koji Nishimura[2], Masaki Tsutsumi[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻大気海洋科学講座、2. 国立極地研究所、総合研究大学院大学
1. Department of Earth and Planet Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research and The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

The turbulence kinetic energy dissipation rate (TKEDR) is a fundamental parameter describing atmospheric turbulence. Our previous study reported the first estimation of the TKEDR in the free atmosphere in the Antarctic from atmospheric radar measurements at Syowa Station, and showed that the TKEDR in the 10–15 km height range became large in May through October. This fact suggests that the seasonal evolution of polar vortex has impact on the TKEDR in the upper troposphere and lower stratosphere (UTLS). The present study investigates the dependence of the TKEDR on the relative location to the polar vortex and on each phase of synoptic scale disturbances during austral winter in the UTLS region using the radar measurements at Syowa Station. First, the TKEDR is obtained as a function of the relative distance from the edge of the polar vortex. The edge of the polar vortex was determined from Ertel’ s potential vorticity on 475-K isentropic surface (Nash et al., 1996). The result showed that the TKEDR is significantly large near the polar vortex edge compared to that outside and deep inside the polar vortex. Furthermore, it is clarified that the TKEDR largely depends on synoptic-scale PV perturbation around the tropopause (300-K isentropic surface).

キーワード：乱流エネルギー散逸率、極渦、大型大気レーダー
Keywords: turbulent kinetic energy dissipation rate, polar vortex, atmospheric radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯成層圏界面領域における半年周期振動の運動量収支解析
Momentum budget of semiannual oscillation around the tropical stratopause

*冨川 喜弘[1,2]、V. Harvey[3]、John Knox[4]、藤原 正智[5]
*Yoshihiro Tomikawa[1,2], V. Lynn Harvey[3], John A. Knox[4], Masatomo Fujiwara[5]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. コロラド大学ボルダー校、4. ジョージア大学、5. 北海道大学
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. University of Colorado Boulder, 4. University of Georgia, 5. Hokkaido University

Meteorological reanalysis data have been updated and improved in the past decade, which are pretty useful for climate and meteorological studies. Their comprehensive evaluation is going underway as the SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP). This study reports the momentum budget of semiannual oscillation around the tropical stratopause for four kinds of the latest reanalysis data (i.e., MERRA, MERRA2, ERA-Interim, and JRA55) as a part of S-RIP. They showed that, while the westerly acceleration is primarily due to unresolved wave drag (i.e. gravity wave drag), the easterly acceleration is induced by momentum transport due to meridional circulation and resolved wave drag. This feature is consistent with previous studies based on simulation and observation. However, the contribution of unresolved wave drag is maximized in MERRA/MERRA2 later than in ERA-Interim/JRA55. We discuss the difference between the latest reanalyses and its impact on the tropical dynamics.

キーワード：成層圏界面、半年周期振動、再解析
Keywords: stratopause, semiannual oscillation, reanalysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度ラジオゾンデデータを用いた夏の成層圏・中間圏に到達する重力波の発生源に関する研究

A study on sources of gravity waves that reach the summer stratosphere and mesosphere based on high-resolution radiosonde data

*奥井 晴香[1]、高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]
*Haruka Okui[1], Masashi Kohma[1], Kaoru Sato[1]

1. 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Gravity waves (GWs) are mainly generated in the troposphere and play a crucial role in the momentum transport in the stratosphere and mesosphere. Several possible main sources of GWs are suggested by theoretical, numerical and observational studies; topography and jet-front systems in winter, and strong convection in summer (e.g. Sato *et al.*, 2009). In addition, theoretical work by Bühler *et al.* (1999) indicated that the Kelvin-Helmholtz (KH) shear instability can cause significant emission of GWs in summer. Having critical layers in the lower stratosphere, orographic waves hardly propagate into the summer stratosphere and mesosphere. On the other hand, most GWs emitted from the KH instability above the tropopausal jet do not encounter their critical layer and can reach the stratosphere and mesosphere. However, observational studies from this view point are insufficient. In this study, using high-resolution radiosonde data from 9 stations in Japan, the generation and propagation of GWs with short vertical wave length ($\leq$ 4 km) in the troposphere and lower stratosphere are investigated. The parameters describing the wave structure are estimated by a hodograph analysis. Drawing a comparison with GWs observed in winter, source and propagation characteristics of GWs in summer are highlighted. The latitude-height distribution of wave amplitudes and phase velocity characteristics suggests that orographic waves are not dominant in summer in contrast with those in winter. The vertical direction of wave energy propagation shows that summer GWs propagate upward and downward from the 10-15 km height region, where the occurrence frequency of the events with Richardson number (Ri) less than 0.25 (which is a necessary condition for the KH instability) is high. In addition, wave amplitudes in the lower stratosphere are relatively large above the peak of the occurrence frequency of Ri < 0.25, which is located around the latitude and height region of 30°N-35°N, 12-15 km. These results suggest that the KH instability is one of major sources of GWs in the summer stratosphere. The KH instability tends to occur when the vertical wind shear is large and the static stability is low. In summer, the vertical shear associated with the jet is stronger at higher latitudes and the static stability is lower at lower latitudes. The peak of occurrence frequency of Ri < 0.25 as mentioned above is situated at the middle latitudes inbetween. Therefore, it can be inferred that this region is climatologically important for shear-generated GWs which can reach the summer stratosphere.

キーワード：中層大気、重力波
Keywords: middle atmosphere, gravity waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratospheric initial conditions provide seasonal predictability of the North Atlantic and Arctic Oscillations

*Yu Nie[1], Adam Scaife[2,3], Hong-Li Ren[1,4], Ruth Comer[2], Martin Andrews[2]

1. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, China, 2. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 3. College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, UK, 4. Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geoscience, Wuhan, China

The North Atlantic Oscillation (NAO), the regional manifestation of the Arctic Oscillation (AO), dominates winter climate variability in Europe and North America. Skilful seasonal forecasting of the winter NAO/AO has been demonstrated recently by dynamical prediction systems. However, the role of initial conditions in this predictability remains unknown. Using a latest generation seasonal forecasting system and reanalysis data, we show that the initial upper stratospheric zonal wind anomaly contributes to winter NAO/AO predictability through downward propagation of initial conditions. An initial polar westerly/easterly anomaly in the upper stratosphere propagates down to the troposphere in early winter, favoring a poleward/equatorward shift of the tropospheric mid-latitude jet. This tropospheric anomaly persists well into the late winter and induces the positive/negative phase of NAO/AO in the troposphere. Our results imply that good representation of stratospheric initial condition and stratosphere-troposphere coupling in models is important for winter climate prediction.

Keywords: Seasonal Prediction, Stratosphere, NAO/AO

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 201B 2F

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:関谷 高志

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

10:45 ~ 11:15

[AAS05-05] Transport of trace gases into the extratropical upper troposphere/lower stratosphere

★Invited Papers

*稲飯 洋一[1]、藤田 遼[2,1]、町田 敏暢[3]、松枝 秀和[4]、澤 庸介[4]、坪井 一寛[4]、勝又 啓一[3,5]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1] (1.東北大学、2.Imperial College London、3.環境研、4.気象研、5.高千穂化学工業)

11:15 ~ 11:30

[AAS05-06] Possible impacts of stratospheric ozone on circulation changes in the tropical tropposphere following a stratospheric sudden warming event

*出牛 真[1] (1.気象研究所環境・応用気象研究部)

11:30 ~ 11:45

[AAS05-07] **Stratosphere-troposphere exchange of ozone and carbon monoxide over the northern Pacific Ocean in northern winter using two chemical reanalysis data sets**

*席 浩森[1]、藤原 正智[1]、宮崎 和幸[2] (1.北海道大学大学院　地球環境科学院、2.NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA)

11:45 ~ 12:00

[AAS05-08] **Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasts**

*Yanjun GUO[1]、Cheng-zhi Zou[2]、Panmao Zhai[3]、Guofu Wang[1] (1.National Climate Center(NCC), China Meteorological Administration(CMA) 、2.Center for Satellite Applications and Research, NOAA/NESDIS、3.Chinese Academy of Meteorolgical Sciences (CAMS), China Meteorological Administration (CMA))

12:00 ~ 12:15

[AAS05-09] Environmental Characterization of the Atmosphere Using WACCM-X

*Rose Tseng[1]、Michelle Kanipe[1]、Brian Urbancic[1]、Robert Tournay[1]、Omar Nava[1]、Daniel Emmons[1]、Robert Loper[1]、Charlton Lewis[1] (1.Air Force Institute of Technology)

Transport of trace gases into the extratropical upper troposphere/lower stratosphere

*稲飯 洋一[1]、藤田 遼[2,1]、町田 敏暢[3]、松枝 秀和[4]、澤 庸介[4]、坪井 一寛[4]、勝又 啓一[3,5]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]
*Yoichi Inai[1], Ryo Fujita[2,1], Toshinobu Machida[3], Hidekazu Matsueda[4], Yousuke Sawa[4], Kazuhiro Tsuboi[4], Keiichi Katsumata[3,5], Shinji Morimoto[1], Shuji Aoki[1], Takakiyo Nakazawa[1]

1. 東北大学、2. Imperial College London、3. 環境研、4. 気象研、5. 高千穂化学工業
1. Tohoku Univ., 2. Imperial College London, 3. NIES, 4. MRI, 5. Takachiho Chem. Industrial

To investigate the seasonal characteristics of chemical tracer distributions in the extratropical upper troposphere and lower stratosphere (ExUTLS) as well as stratosphere–troposphere exchange processes, origin fractions of air masses originating in the stratosphere, tropical troposphere, mid-latitude lower troposphere (LT), and high-latitude LT in the ExUTLS are estimated using 10-year backward trajectories calculated with European Centre For Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ERA-Interim data as the meteorological input. Time-series of chemical tracers obtained from ground-based and airborne observations are incorporated into the trajectories, thus reconstructing spatiotemporal distributions of chemical tracers in the ExUTLS. The reconstructed tracer distributions are analysed with the origin fractions and the stratospheric age of air (AoA) estimated using the same backward trajectory. The reconstructed distributions of CO and CO_2 in the ExUTLS are affected primarily by tropospheric air masses because of the short chemical lifetime of the former and large seasonal variations in the troposphere of the latter. Distributions of CH_4, N_2O, and SF_6 are controlled primarily by seasonally varying air masses transported from the stratosphere. For CH_4 and N_2O distributions, their seasonally varying photochemical decay along the average pathway from the source region are particularly important. This study developed and demonstrated a unique and effective method to exploit the advantages of observational data in combination with trajectory analysis. This method provides a means to understand both air mass transport and chemical decay for photochemical active substances from a new perspective.

キーワード：物質輸送、地球大気、流跡線解析
Keywords: Transport, Earth atmosphere, Trajectory analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Possible impacts of stratospheric ozone on circulation changes in the tropical troppposphere following a stratospheric sudden warming event

*出牛 真[1]
*Makoto Deushi[1]

1. 気象研究所環境・応用気象研究部
1. Department of Atmospheric Environment and Applied Meteorology, Meteorological Research Institute

Many studies have shown that there are significant impacts of the stratospheric ozone on dynamical coupling between the stratosphere and troposphere (S-T) at middle and high latitudes, especially in the Southern hemisphere (e.g. Marshall *et al.*, JC, 2006; Thompson *et al.*, Nature Geo, 2011). In contrast, little attention has been given to role of the stratospheric ozone in modulating S-T dynamical coupling in the tropics (and sub-tropics) so far. Recently, there has been an increasing interest in the S-T dynamical coupling in the tropics because it has been recognized that this coupling has significant influences on moist convection and organized convective systems in the tropics (e.g. Son *et al.*, JC, 2017; Nishimoto and Yoden, JAS, 2017).
In this study, possible impacts of the stratospheric ozone on tropospheric circulation and precipitation in the tropical and sub-tropical regions were examined, focusing on a period of several months following a major stratospheric sudden warming (SSW) event. As a case study, the major SSW occurred in the winter of 2003/2004 was investigated. A set of ensemble re-forecasts was performed by using a chemistry-climate model (CCM) and an atmospheric general circulation model (AGCM) to elucidate radiative effects of the stratospheric ozone anomalies induced by the major SSW on the troposphere at low latitudes. The ensemble re-forecasts were conducted using the Lagged Averaged Forecasting (LAF) method with 60 ensemble members, where the initial-times were set just before the occurrence of the major SSW. The CCM resolves well full stratospheric and tropospheric chemistry processes, and considers online radiative feedbacks from the simulated atmospheric ozone. The CCM ensemble re-forecast was compared to the AGCM ensemble re-forecast in which climatological monthly mean ozone was forced. The CCM ensemble re-forecast reproduced well significant ozone decrease in the lower tropical stratosphere due to rapidly enhanced upward Brewer-Dobson circulation there after the major SSW. About two weeks after the occurrence of the major SSW, systematic differences with statistical significance between the two ensemble re-forecasts were simulated in the tropospheric circulation and precipitation especially in the northern tropics and sub-tropics. The northern cell of the Hadley circulation became stronger in the CCM ensemble re-forecast than in the AGCM one, with the larger amount of precipitation over the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). To confirm these impacts of the stratospheric ozone on the (sub-) tropical troposphere, other major SSW events are also investigated.

キーワード：成層圏対流圏結合、成層圏オゾン、熱帯対流圏循環、成層圏突然昇温
Keywords: stratosphere-troposphere coupling, stratospheric ozone, tropical tropospheric circulation, stratospheric sudden warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratosphere-troposphere exchange of ozone and carbon monoxide over the northern Pacific Ocean in northern winter using two chemical reanalysis data sets

*席 浩森[1]、藤原 正智[1]、宮崎 和幸[2]
*Haosen Xi[1], Masatomo Fujiwara[1], Kazuyuki Miyazaki[2]

1. 北海道大学大学院　地球環境科学院、2. NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA
1. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2. NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA

Stratosphere-troposphere exchange (STE) is one of the important factors that determine the distribution of constituents in the troposphere and stratosphere. Two-way airmass exchange between the lower stratosphere and the troposphere occurs in association with mid-latitude weather disturbances, with the net transport from the stratosphere to troposphere. In this study, we analyze the STE over the northern hemisphere Pacific Ocean in northern winter, focusing on transport of ozone and carbon monoxide (CO) using two chemical reanalysis data sets, the Tropospheric Chemical Reanalysis version 1 (TCR-1; Miyazaki et al., 2015) and the Monitoring Atmospheric Composition and Climate (MACC; Inness et al., 2013). The TCR-1 is a 10-year chemical reanalysis data set for the period from 2005 to 2014, while the MACC is for 2003 to 2012. Both reanalyses assimilate major satellite chemistry data during the respective periods. We calculate the amount of CO transported from the troposphere to stratosphere (TST) and ozone transported from the stratosphere to troposphere (STT) on the 350-K isentropic surface, by using 4 PVU potential vorticity to evaluate irreversible transport across the tropopause (e.g., Homeyer and Bowman, 2013). Results from the analysis of TCR-1 data are as follows. The amount of ozone transport per case maximizes in November and minimizes in February, and that in years 2005-2008 is significantly smaller than that in years 2009-2014 with the maximum in the 2010 winter (i.e., from November 2010 to March 2011). The amount of CO transport per case maximizes in March and minimizes in November, and that in years 2005-2009 is significantly larger than that in years 2010-2014 with the maximum in the 2009 winter. Results from MACC data are qualitatively similar. In the presentation we will also show the results with additional criteria for irreversibility by using trajectory calculations.

キーワード：オゾン、二酸化炭素、対流圏成層圏交換
Keywords: ozone, carbon monoxide, stratosphere troposphere exchange

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasts

*Yanjun GUO[1], Cheng-zhi Zou[2], Panmao Zhai[3], Guofu Wang[1]

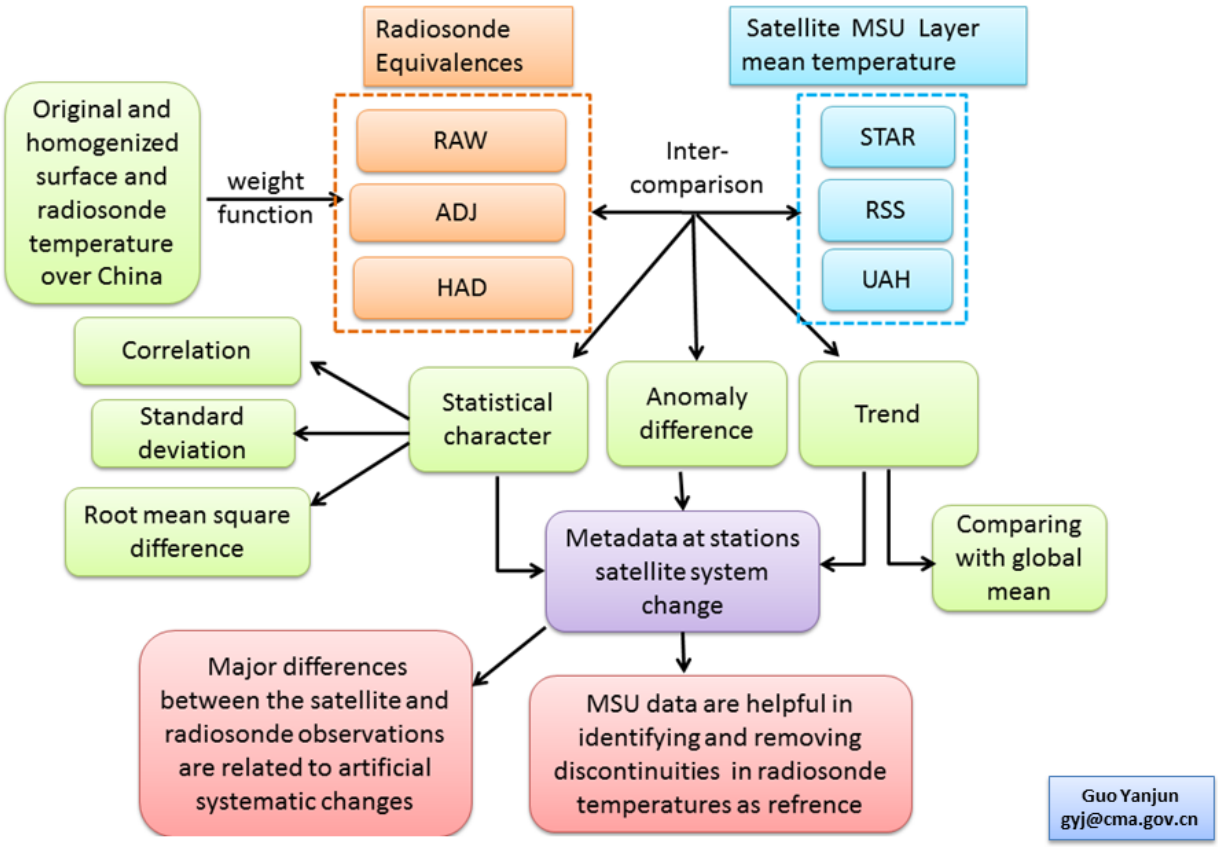
1. National Climate Center(NCC), China Meteorological Administration(CMA) , 2. Center for Satellite Applications and Research, NOAA/NESDIS, 3. Chinese Academy of Meteorolgical Sciences (CAMS), China Meteorological Administration (CMA)

Reconciling upper-air temperature trends derived from radiosonde and satellite observations is a necessary step to confidently determine the global warming rate. This study examines the raw and homogenized radiosonde observations over China and compares them with layer-mean atmospheric temperatures derived from satellite microwave observations for the lower-troposphere (TLT), mid-troposphere (TMT), upper troposphere (TUT), and lower stratosphere (TLS) by three research groups. The comparisons are for averages over China, excluding Tibetan Plateau, and at individual stations where metadata contain information on radiosonde instrument changes. It is found that major differences between the satellite and radiosonde observations are related to artificial systematic changes. The radiosonde system updates in early 2000s over China caused significant discontinuities and led the radiosonde temperature trends to exhibit less warming in the middle and upper troposphere and more cooling in the lower stratosphere than the satellite temperatures. Homogenized radiosonde data have been further adjusted using shift-point adjustment approaches to match with satellite products for China average. The obtained trends during 1979-2015 from the re-adjusted radiosonde observation are respectively 0.203±0.066, 0.128±0.044, 0.034±0.039, and -0.329±0.135 K Decade^{-1} for TLT, TMT, TUT, and TLS equivalents. Compared to satellite trends, the re-adjusted radiosonde trends are within 0.01 K Decade^{-1} for TMT and TUT, and 0.054 K Decade^{-1} warmer for TLT and 0.051 K Decade^{-1} cooler for TLS. The results suggest that the use of satellite data as a reference are helpful in identifying and removing inhomogeneities of radiosonde temperatures over China and reconciling their trends to satellite microwave observations. Future efforts are to homogenize radiosonde temperatures at individual stations over China using similar approaches.

Keywords: upper air, temperature, satellite, radiosonde, China, trend

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasets



Guo Yanjun
gyj@cma.gov.cn

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental Characterization of the Atmosphere Using WACCM-X

*Rose Tseng[1], Michelle Kanipe[1], Brian Urbancic[1], Robert Tournay[1], Omar Nava[1], Daniel Emmons[1], Robert Loper[1], Charlton Lewis[1]

1. Air Force Institute of Technology

Researching the characteristics of the whole atmosphere can yield a variety of weather and climate understanding for the terrestrial and space environments. Of particular interest are the neutral species, wind, and temperature distributions from the surface to the middle atmosphere and across multiple latitudes. This is accomplished using data from the Whole Atmosphere Community Climate Model-Extended (WACCM-X) with the ionosphere, a model developed by inter-divisional collaboration at the University Corporation for Atmospheric Research. Presented here are the vertical profiles of neutral species, wind speed, and temperature of the troposphere and middle atmosphere up to 80 km. Preliminary results from a 10-year period show all three parameters vary temporally and spatially, particularly across latitudes and seasons. Ongoing work includes rigorous analysis, utilizing all years of WACCM-X data available.

Keywords: Whole Atmosphere, Climate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 201B 2F

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:河谷 芳雄

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

13:45 ~ 14:15

[AAS05-10] 新しい３次元波活動度フラックスを用いた2018年2月北半球大規模突然昇温の解析結果

★招待講演

*原田 やよい[1]、佐藤 薫[2]、木下 武也[3]、安井 良輔[2]、廣岡 俊彦[4]、直江 寛明[1] (1.気象研究所、2.東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻、3.国立研究開発法人海洋研究開発機構、4.九州大学大学院理学研究院)

14:15 ~ 14:45

[AAS05-11] 冬季から初夏における南半球大気のQBOに対する応答

★招待講演

*山下 陽介[1]、直江 寛明[2]、井上 誠[3]、高橋 正明[4] (1.海洋研究開発機構、2.気象研究所、3.秋田県立大学、4.国立環境研究所)

14:45 ~ 15:00

[AAS05-12] 成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みにおけるQBO的振動の熱帯対流系への影響

*余田 成男[1]、Hai Bui[2]、畔野 貴弘[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.Geophysical Institute, University of Bergen)

15:00 ~ 15:15

[AAS05-13] 成層圏から対流圏へのプラネタリー波束の下方伝播について

*松山 裕矢[1]、廣岡 俊彦[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

新しい３次元波活動度フラックスを用いた2018年2月北半球大規模突然昇温の解析結果

Diagnostics of a WN2-type major sudden stratospheric warming event in February 2018 using a new three-dimensional wave activity flux

*原田 やよい[1]、佐藤 薫[2]、木下 武也[3]、安井 良輔[2]、廣岡 俊彦[4]、直江 寛明[1]
*Yayoi Harada[1], Kaoru Sato[2], Takenari Kinoshita[3], Ryosuke Yasui[2], Toshihiko Hirooka[4], Hiroaki Naoe[1]

1. 気象研究所、2. 東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻、3. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、4. 九州大学大学院理学研究院
1. Meteorological Research Institute, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

Observational features of atmospheric fields during a zonal wavenumber two (WN2) type major sudden stratospheric warming (MSSW) event that occurred in February 2018 (MSSW18) are analyzed using the Japanese 55-year Reanalysis, satellite measurements by a microwave limb sounder, and a new three-dimensional wave activity flux. MSSW18 was characterized by a clear polar vortex split, continuance of easterlies with remarkable double peaks, clear planetary-wave propagation in the easterly region of the upper stratosphere and extraordinary upward propagation of WN2 planetary waves from the upper troposphere whose peak was comparable to that during an MSSW event that occurred in January 2009 (MSSW09), although MSSW18 showed relatively modest warming, unclear disappearance of the stratopause and weak stratopause elevation compared to those during MSSW09. Further analyses revealed that wave packets propagated upward simultaneously in both the Eastern and Western Hemispheres. Those observed in the Eastern Hemisphere converged strongly at the western edge of the Aleutian High and most of them did not propagate into the upper stratosphere. The wave packets observed in the Western Hemisphere locally propagated into the upper stratosphere over North America despite the fact that easterlies were predominant there in the mature stage of MSSW18. Furthermore, our results revealed that the regions and levels of wave-packet attenuation corresponded well to the area of weak eastward phase tilt or the quasi-barotropic condition of smaller-scale waves during MSSW18, whereas during MSSW09 the westward phase tilts of smaller-scale waves were clearly visible in the upper stratosphere.

キーワード：成層圏突然昇温、東西波数２、波活動度フラックス
Keywords: Sudden stratospheric warming, Zonal wavenumber two, Wave activity flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冬季から初夏における南半球大気のQBOに対する応答
Response of the Southern Hemisphere atmosphere to the QBO from winter to early summer

*山下 陽介[1]、直江 寛明[2]、井上 誠[3]、高橋 正明[4]
*Yousuke Yamashita[1], Hiroaki Naoe[2], Makoto Inoue[3], Masaaki Takahashi[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 気象研究所、3. 秋田県立大学、4. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Meteorological Research Institute, 3. Akita Prefectural University, 4. National Institute for Environmental Studies

赤道成層圏には準２年周期振動（QBO）と呼ばれる卓越した変動が存在し，西風と東風が交互に現れ下降する振動現象で特徴付けられる．QBOは赤道域周辺の循環に加え北半球極渦強度にも影響することが知られており，中高緯度の波や循環の変化とも関係すると言われている（例えば，Plumb and Bell 1982；Holton and Tan 1980）．他方QBOの南半球極渦強度への影響については，関係性を見出した際に用いられたQBO位相を定義する高度や定義方法が複数あり（例えば，Garcia and Solomon 1987；Baldwin and Dunkerton 1998；Naito 2002；Hitchman and Huesmann 2009），また手法として用いられてきたコンポジット平均の差には太陽周期やエルニーニョ・南方振動（ENSO）など他の年々変動の影響を含む可能性が残っている．そこで，本研究ではQBO位相の定義方法を工夫し，線形重回帰分析を用いて長期間のJRA-55客観解析データからQBOの影響と他の変動の影響とを分離することでQBOの南極渦への影響プロセスを調べた．重回帰式には中部成層圏に極値を持つQBO，下部成層圏に極値を持つQBOの項の他に等価実効成層圏塩素（EESC），太陽周期，ENSO，火山噴火の項を説明変数として加えた．重回帰式の説明変数とした中部成層圏QBO，及び下部成層圏QBOの項を分析することで，南半球の冬季から初夏においてQBOが南半球極渦に影響を与える２つの経路を示唆する結果を得た．まず１つ目の影響経路として，中部成層圏QBOに伴う二次循環が低緯度域の南半球大気応答を引き起こし，さらに高緯度域の応答をもたらすというプロセスを見出した．これにより季節進行の中で南極渦の中心軸が下降している速さが，QBO 西風年の８～11月に高緯度域（60ºS付近）で遅くなりやすい．１つ目の影響経路では南半球晩冬の8月において南極渦が一時的に弱まる応答を説明できていなかったが，応答を説明できていない部分を詳細に調べることで２つ目の影響経路を見出した．２つ目の影響経路は，8月において下部成層圏QBOが南半球中高緯度域の対流圏から成層圏への惑星波の上向き伝播の増大を引き起こすプロセスで，このプロセスを含めると８月に南極渦が一時的に弱まる傾向も矛盾なく説明可能である．

キーワード：準２年周期振動、南極渦、重回帰分析
Keywords: quasi-biennial oscillation, Southern Hemisphere polar vortex, multiple linear regression

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みにおけるQBO的振動の熱帯対流系への影響

Influence of QBO-like Oscillation on Tropical Convective Systems in a Three-Dimensional Minimal Model Framework of the Stratosphere-Troposphere Coupled System

*余田 成男[1]、Hai Bui[2]、畔野 貴弘[1]
*Shigeo Yoden[1], Hai Bui[2], Takahiro Banno[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. Geophysical Institute, University of Bergen
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Geophysical Institute, University of Bergen

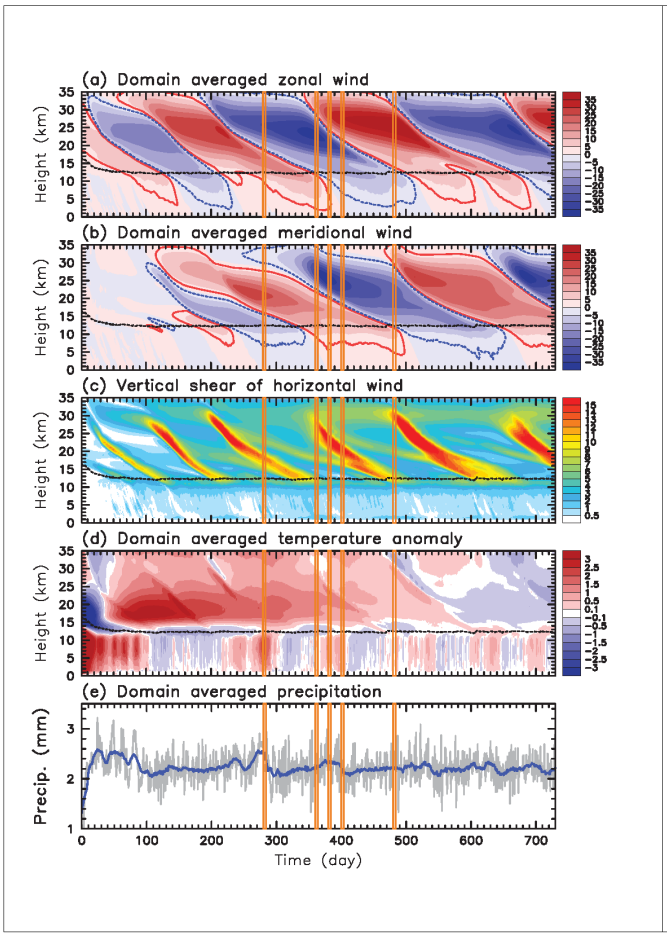
放射-湿潤対流準平衡状態でQBOに類似した自励的振動を生じる成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みについて発表する。その計算領域は、640 km x 160 kmの長方形（格子間隔 5 km； Bui et al., 2019）、あるいは、100 km x 100 kmの正方形（格子間隔 1 km）とし、非回転系で二重周期境界条件とする。時間発展とともに成層圏に周期約300日のQBO的振動が領域平均した両水平成分に現れる（図-左）。両成分は同期しており、水平風ホドグラフを描くと歪んだ螺旋構造の反時計回りの回転として特徴づけられる（図-右）。

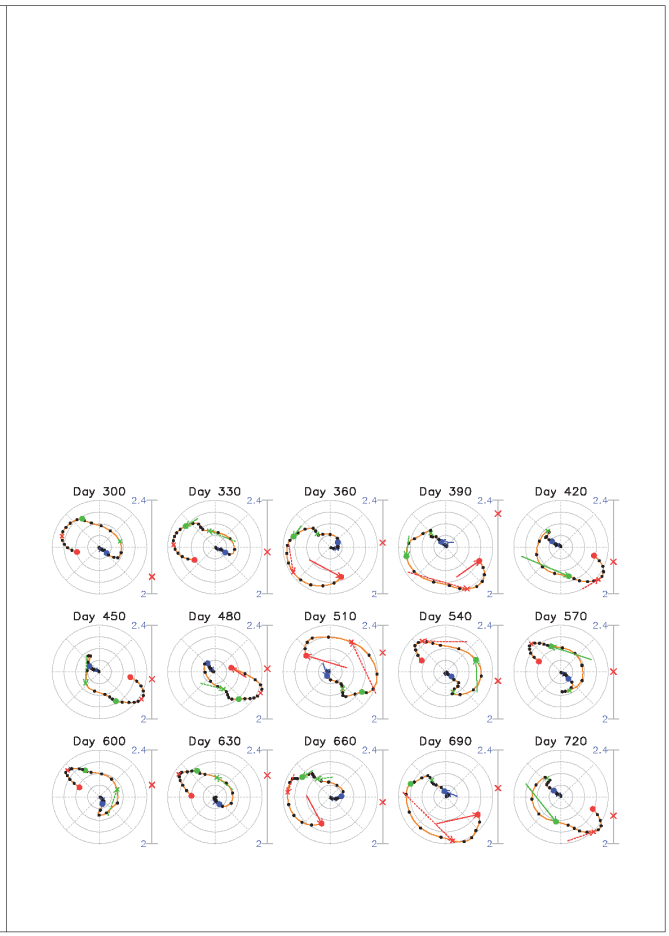
QBO的振動は振幅を大きく減じつつ対流圏に貫入し、約100日の時間スケールで変動する対流圏の気温偏差や降水に影響を及ぼしている。高降水量は高温と関連している。 この実験で、従来の速く移動するバックビルディング型およびスコールライン型の降水パターンに加えて、孤立的な純停滞型クラスターを得た。この純停滞型降水パターンは３次元モデルで初めて得られたものであり、鉛直断面スナップショットは低層雲が存在せず低湿度な領域の出現を示している。一方、速く移動する２つの降水パターンでは、非降水域を含む全領域にわたり低層雲が存在し高湿度である。湿潤対流システムの純停滞型降水パターンへの間歇的な自己組織化と、速く移動する２つの降水パターンへの回帰遷移が、３次元最小限モデル枠組みにおける自己集団化の基本的特徴である。

参考文献

Bui H., S. Yoden, and E. Nishimoto, 2019: QBO-like Oscillation in a Three-Dimensional Minimal Model Framework of the Stratosphere–Troposphere Coupled System. *SOLA*, **15**, 59–62.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏から対流圏へのプラネタリー波束の下方伝播について
Downward Propagation of Planetary Wave Packets from the Stratosphere to the Troposphere During Northern Hemisphere Winter

*松山 裕矢[1]、廣岡 俊彦[2]
*Matsuyama Yuya[1], Toshihiko Hirooka[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

北半球冬季において、プラネタリー波束が成層圏から対流圏へ下方伝播する事例がしばしば観測され、対流圏循環に影響を及ぼすことがあることが報告されている。最近の観測に基づくと、対流圏への下方伝播は、90W付近の北米上空において頻繁に発生しているとのことである。そこで、本研究では、プラネタリー波束の下方伝播の発生分布、及び発生時の背景場との関係を、JRA55再解析データを用いて解析した。本研究では、Plumb(1985)のWave Activity flux(波の活動度フラックス)を計算し、そのz成分の30hPa面における値に閾値を設け、全解析期間(1958年-2016年)にわたる強い下方伝播事例を抽出した。各事例について、どの経度帯で下方伝播が生じているのかを調べ、45度ずつに区切った8つの経度領域に分類し、経度領域ごとにコンポジット解析を行った。その結果、約500事例を抽出することができ、その80%以上の事例が135Wから0Eの領域で発生していた。さらに、これらの下方伝播は、成層圏におけるアリューシャン高気圧の発達と密接な関連があることが示された。残りの事例においても、下方伝播が生じる領域の西方に、発達した高気圧の出現が見られた。

キーワード：プラネタリー波束、下方伝播、波の活動度フラックス
Keywords: planetary wave packet, downward propagation, wave activity flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

[AAS05-P01] **An advanced impact of Arctic stratospheric ozone changes on spring precipitation in China**

*Fei Xie[1] (1.Beijing Normal University)

[AAS05-P02] 海岸に設置した人工対流と人工降雨による地球冷却化システム

*村上 英世[1] (1.ｲｲｴｺｹﾝｷｭｳｼｮ)

[AAS05-P03] Stratospheric front-like temperature structure and gravity wave activity during a stratospheric sudden warming event in 2016

*角 ゆかり[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS05-P04] The effects of a well-resolved stratosphere on the simulated boreal winter circulation in a climate model

*河谷 芳雄[1]、Kevin Hamilton[2]、Lesley J. Gray[3]、Scott M. Osprey[3]、渡辺 真吾[1]、山下 陽介[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.ハワイ大学国際太平洋研究センター、3.オックスフォード大学物理部門大気海洋惑星物理学)

[AAS05-P05] 固有位相速度を用いない波の擬運動量と3次元波活動度fluxの関係について
★招待講演

*木下 武也[1] (1.海洋研究開発機構)

[AAS05-P06] Hindcasts of the 2016 Disruption of the Stratospheric Quasi-biennial Oscillation

*渡辺 真吾[1]、Kevin Hamilton[2]、Scott Osprey[3]、河谷 芳雄[1]、西本 絵梨子 (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa、3.NCAS-Climate, University of Oxford)

[AAS05-P07] Selection bias of quasi-fixed-point observations in the ExUTLS and its impact on the seasonal record

*稲飯 洋一[1]、町田 敏暢[2]、松枝 秀和[3]、澤 庸介[3]、坪井 一寛[3]、勝又 啓一[2,4]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]、藤田 遼[5,1] (1.東北大学、2.環境研、3.気象研、4.高千穂化学工業、5.Imperial College London)

[AAS05-P08] Varying Rossby Wave Trains from the Developing to Decaying Period of the Upper Atmospheric Heat Source over the Tibetan Plateau in Boreal Summer

*Chuandong Zhu[1,2]、Rongcai Ren[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences)

[AAS05-P09] **Equilibrium Climate Responses of the East Asian Summer Monsoon to Various Anthropogenic Aerosol Species**

*Qiuyan Wang[2,1]、Zhili Wang[1,2]、Hua Zhang[3,2] (1.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing、

2.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing)

[AAS05-P10] Analysis of specific energy in zonal currents focusing on the analogy between jet stream and open channel flow

*北野 慈和[1]、山田 朋人[2] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.北海道大学大学院工学研究院)

[AAS05-P11] 2009年11月の南米南端におけるオゾン量低下イベントに関する解析

*秋吉 英治[1]、門脇 正尚[2]、中村 東奈[3]、杉田 考史[1]、廣岡 俊彦[4]、原田 やよい[5]、水野 亮[6] (1.国立環境研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.富士通エフ・アイ・ピー、4.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、5.気象研究所、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[AAS05-P12] **Analysis of relatively low ozone in Arctic spring during the QBO-westerly and solar-minimum years**

*山下 陽介[1,2]、秋吉 英治[2]、高橋 正明[2] (1.海洋研究開発機構、2.国立環境研究所)

[AAS05-P13] 多成分衛星データ同化から得られた上部対流圏・下部成層圏オゾンの評価

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS05-P14] 成層圏突然昇温期における気象庁全球アンサンブル予報システムの初期摂動特性
★招待講演

*野口 峻佑[1,2] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.気象庁 気象研究所)

An advanced impact of Arctic stratospheric ozone changes on spring precipitation in China

*Fei Xie[1]

1. Beijing Normal University

The effect of spring Arctic Stratospheric Ozone (ASO) changes on spring precipitation in China is analyzed using observations, reanalysis data, and the Whole Atmosphere Community Climate Model version 4 (WACCM4). We find that February–March mean ASO changes have a significant impact on April–May mean precipitation over the Loess Plateau and the middle–lower reaches of the Yangtze River—two important grain-producing regions with large populations. Changes in the polar vortex link the ASO to precipitation in China. Stratospheric circulation anomalies caused by ASO changes can propagate to the North Pacific. An increase in ASO leads to enhanced westerlies in the high and low latitudes of the North Pacific but weakened westerlies in the mid-latitudes of the North Pacific. The circulation anomalies over the North Pacific, forced by the increase of ASO, can extend westwards to East Asia, leading to an abnormal anticyclone in the East Asian upper and middle troposphere, and an abnormal cyclone in the lower troposphere. This enhances the warm and humid airstream from the Western Pacific to the Chinese mainland and strengthens upwelling over the Loess Plateau and the middle–lower reaches of the Yangtze River. These conditions enhance precipitation in central China during positive ASO anomaly events and reduce precipitation during negative events. The WACCM4 simulations support the results from our statistical analysis of observations and reanalysis data. Our results suggest that ASO variation can serve as a predictor of spring precipitation variation over the Loess Plateau and the middle–lower reaches of the Yangtze River.

Keywords: Arctic Stratospheric Ozone, Spring precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海岸に設置した人工対流と人工降雨による地球冷却化システム
Global Cooling System installed on the beach by means of Artificial Convection and Artificial Rain

*村上 英世[1]
*Murakami Hideyo[1]

1. ｲｲｴｺｹﾝｷｭｳｼｮ
1. Ii Ecology Development

近年、地球は温暖化しつつある。太陽は、地球に太陽光エネルギーを放射して、地球を暖めている。地球は、太陽光の一部を宇宙に反射放出し、かつ潜熱を含む赤外線等を宇宙に放射して、冷却している。地球が太陽から受けるエネルギーは、地球が放出しているエネルギーとほぼ同じである。地球が受信している太陽光エネルギーは一定値である。一方、増加したCO_2等の温室効果ガスが、大気の放射する熱エネルギーに対して大気が宇宙へ放出するエネルギーの比率を下げている。そのため、地球平均温度は増加しつつあり、それに起因する異常気象が多発している。多くの人々が大気中のCO_2 蓄積量を減少させて、地球平均温度を減少させるために研究している。しかし、大気中のCO_2 蓄積量を減少させるための有効なシステムは実用化されていない。

この論文は、地球冷却化システムを研究している。地球冷却化システムは人工対流装置（II型）と制御センタから構成される。地球冷却化システムは、例え大気に多量の温室効果ガスを含んで平均温度が2℃上昇したとしても、地球平均温度の増加を打ち消して、地球を冷却できる。

人工対流装置は大きな温室に似ていて、屋根、壁、大気入口、大気出口とヒーターで構成される。人工対流装置は、熱帯の海岸に設置される。海岸は、高温多湿（35℃, 26.2g kg^{-1}）で、日中は海風が吹いている。その屋根と壁は、透明なプラスチックシートで作られており、屋根の下にはヒーター(黒いシート)が装備されている。ヒーターは、屋根の下で太陽光エネルギーを受けて、太陽光エネルギーを熱エネルギー変換して大気入口から入った大気を熱して、大気出口から熱した大気を放出する。熱された大気は、周囲の大気に比べて軽く、対流圏に押し上げられる。多量の水蒸気を含んだ熱された大気は、対流圏で冷やされる。そこで、水蒸気は冷やされ、対流圏で雨か雪に人工的に作られる。人工的な雨か雪は、地上に降ってくる。結果として、人工対流装置は、加熱された大気を海岸の表面から対流圏に上昇させて、かつ高高度の大気を伴った人工雨もしくは雪を下に運ぶことで、海岸の表面と対流圏との間に人工的に対流を構築している。持ち上げられた大気は、海岸の表面の周囲の水蒸気を含んだ大気の潜熱と顕熱を宇宙に放出し、そして高高度の大気を伴った人工雨もしくは雪も、顕熱と溶解熱を周囲の大気から吸収し、大地の表面を冷却する。更に、暑く、雨量が少ない地域では、人工降雨の半分の雨量は、植物に吸収される。植物は、雨水を蒸発させて、潜熱を周囲の大気から吸収する。そのため、地球は、植物によっても冷却される。

この論文は、人工対流と人工降雨を用いた地球冷却化システムを分析しており、平均温度上昇が地球冷却化システムによって防止できることを示している。大規模な実験によって地球冷却化システムの特性を確認することが望まれる。

キーワード：地球冷却化、人工対流、潜熱、人工降雨
Keywords: global cooling, artificial convection, latent heat, artificial rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratospheric front-like temperature structure and gravity wave activity during a stratospheric sudden warming event in 2016

*角 ゆかり[1]、佐藤 薫[1]
*Yukari Sumi[1], Kaoru Sato[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. University of Tokyo

A large-scale front-like temperature structure is observed in the Arctic stratosphere during a stratospheric sudden warming (SSW) event in 2016. As reported by previous studies, it is shown that a stratospheric front with a vertical scale of about 15 km is formed near the polar vortex edge and vertically tilts toward a colder region. Moreover, we found that the front is the strongest a few days prior to the major warming and that a local maximum of temperature appears in the exit region of a jet streak. These characteristics of the front are roughly common among other SSW events. However, it is not clear as to why the front-like structure is strengthened during the SSW event, which still needs more observational analysis. In the present study, the semi-geostrophic system is considered to better understand the frontogenesis in the stratosphere. Q-vector and frontogenesis function are computed by using MERRA-2 reanalysis data. Near the front region, the geostrophic and ageostrophic parts of the frontogenesis function have large negative and small positive values, respectively. Therefore, it is suggested that the weakening of the front due to geostrophic flow is dominant over the strengthening of the front due to ageostrophic flow. The ageostrophic part is further separated into horizontal and vertical components. The vertical component is positive and significantly larger than the horizontal component. This result implies that the frontogenetic effect of the ageostrophic motion mainly comes from the vertical motion, which seems to be different from the tropospheric front: convergence of the horizontal ageostrophic wind is dominant for the tropospheric front because the vertical motion is suppressed near the ground surface. In addition, gravity wave (GW) activity near the front is examined by using dry temperature data from FORMOSAT-3/COSMIC satellite. The vertical wavelength of the GW is estimated from 1D-Stockwell transform (S-transform) for the temperature data. The S-transform spectra have a peak around 4–7 km in the vertical range between 25 and 35 km where the stratospheric front is the strongest.

キーワード：成層圏、成層圏突然昇温
Keywords: stratosphere, stratospheric sudden warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The effects of a well-resolved stratosphere on the simulated boreal winter circulation in a climate model

*河谷 芳雄[1]、Kevin Hamilton[2]、Lesley J. Gray[3]、Scott M. Osprey[3]、渡辺 真吾[1]、山下 陽介[1]
*Yoshio Kawatani[1], Kevin Hamilton[2], Lesley J. Gray[3], Scott M. Osprey[3], Shingo Watanabe[1], Yousuke Yamashita[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. ハワイ大学国際太平洋研究センター、3. オックスフォード大学物理部門大気海洋惑星物理学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. International Pacific Research Center, University of Hawaii, 3. Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics, Department of Physics, University of Oxford

The impact of stratospheric representation is investigated using the Model for Interdisciplinary Research On Climate Atmospheric General Circulation Model (MIROC-AGCM) run with different model-lid heights and stratospheric vertical resolutions, but unchanged horizontal resolutions (~1.125˚) and subgrid parameterizations. One hundred year integrations of the model were conducted using configurations with 34, 42, 72 and 168 vertical layers and model-lid heights of ~27 km (L34), 47 km (L42), 47 km (L72) and 100 km (L168). Analysis of the results focused on the Northern Hemisphere in winter. Compared with the L42 model, the L34 model produces a poorer simulation of the stratospheric Brewer-Dobson circulation (BDC) in the lower stratosphere, with weaker polar downwelling and accompanying cold pole and westerly jet biases. The westerly bias extends into the troposphere and even to the surface. The tropospheric westerlies and zone of baroclinic wave activity shift northward; surface pressure has negative (positive) biases in the high (mid) latitudes, with concomitant precipitation shifts. The L72/L168 models generate a Quasi-Biennial Oscillation (QBO) while the L34/42 models do not. The L168 model includes the mesosphere, and thus resolves the upper branch of the BDC. The L72 model simulates stronger polar downwelling associated with the BDC than does the L42 model. However, experiments with prescribed nudging of the tropical stratospheric winds suggest differences in the QBO representation cannot account for L72-L42 differences in the climatological polar night jet structure. The results show that the stratospheric vertical resolution and inclusion of the full middle atmosphere significantly affect tropospheric circulations.

キーワード：中層大気
Keywords: middle atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

固有位相速度を用いない波の擬運動量と3次元波活動度fluxの関係について

On the relation between three-dimensional wave activity flux and pseudo momentum without using intrinsic phase velocities

*木下 武也[1]
*Takenari Kinoshita[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

中層大気大循環は様々な波活動によって駆動されている。波活動と大循環の関係を診断するツールの1つとして、変形オイラー平均 (Transformed-Eulerian Mean: TEM)系がある。TEM系の残差流や波活動度fluxは3次元化が1980年代から行われ、最近の研究では成層圏突然昇温を引き起こすロスビー波活動の空間構造の解析に利用されるなどしている。TEM系の波活動度fluxの収束発散は擬運動量の時間変化に対応することが示されており (Eliassen-Palm relation)、3次元TEM系においても、同関係が成り立つことが証明されているが、ここで用いられている擬運動量は擾乱のエネルギーを固有位相速度で割ったものであり、データ解析には向いていない。そこで本研究では、Aiki et al. (2015)のDouble-Impulse 擬運動量を参考に、固有位相速度を用いない形の擬運動量を紹介するとともに、中層大気における擬運動量のラグランジュ変化と波活動度fluxの収束発散の関係について調べた結果を報告する。

キーワード：波活動度フラックス、擬運動量
Keywords: wave activity flux, pseudo momentum

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hindcasts of the 2016 Disruption of the Stratospheric Quasi-biennial Oscillation

*渡辺 真吾[1]、Kevin Hamilton[2]、Scott Osprey[3]、河谷 芳雄[1]、西本 絵梨子
*Shingo Watanabe[1], Kevin Hamilton[2], Scott Osprey[3], Yoshio Kawatani[1], Eriko Nishimoto

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa、3. NCAS-Climate, University of Oxford
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa, 3. NCAS-Climate, University of Oxford

In early 2016 the quasi-biennial oscillation in tropical stratospheric winds was disrupted by an anomalous easterly jet centered at ~40 hPa, a development that was completely missed by all operational extended range weather forecast systems. This event and its predictability are investigated through ensemble hindcasts using a global model notable for its sophisticated representation of the upper atmosphere. Key to prediction of this event is simulating the slowly evolving mean winds in the winter subtropics that provide a waveguide for Rossby waves propagating from the winter hemisphere. Its association to the strong El Nino condition in 2015 is also investigated by changing sea surface temperatures.

キーワード：quasi-biennial oscillation、Rossby wave、extended range hindcast
Keywords: quasi-biennial oscillation, Rossby wave, extended range hindcast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Selection bias of quasi-fixed-point observations in the ExUTLS and its impact on the seasonal record

*稲飯 洋一[1]、町田 敏暢[2]、松枝 秀和[3]、澤 庸介[3]、坪井 一寛[3]、勝又 啓一[2,4]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]、藤田 遼[5,1]
*Yoichi Inai[1], Toshinobu Machida[2], Hidekazu Matsueda[3], Yousuke Sawa[3], Kazuhiro Tsuboi[3], Keiichi Katsumata[2,4], Shinji Morimoto[1], Shuji Aoki[1], Takakiyo Nakazawa[1], Ryo Fujita[5,1]

1. 東北大学、2. 環境研、3. 気象研、4. 高千穂化学工業、5. Imperial College London
1. Tohoku Univ., 2. NIES, 3. MRI, 4. Takachiho Chem. Industrial, 5. Imperial College London

Fixed-point observations are essential for long-term monitoring of the atmospheric environment. However, some attention might be paid to the interpretation of seasonal variations appearing in the observational record, particularly for regions with large seasonal variations. In the extra-tropical upper troposphere/lower stratosphere (ExUTLS), the climatological tropopause height changes with season. This leads to a seasonal dependence of whether individual fixed-point observations are included in the stratosphere or the troposphere. In this study, using the reanalysis fields, quasi-fixed-point observations in the ExUTLS are simulated and categorized as being in the troposphere or stratosphere based on their position relative to the dynamic tropopause, to investigate seasonal tendencies of the categorization. The influence of these tendencies on seasonal variations of atmospheric composition in the categorized data is estimated. The seasonal cycles of CH_4, N_2O and SF_6 mixing ratios are found to change with the categorization method. In particular, the minimum values for these tropospheric tracers in observations categorized as stratospheric occur 1–2 months later than in uncategorized observations. This delay in stratospheric record is interpreted as the selection bias, that is, the air mass categorized as the stratospheric atmosphere biased to some specific meteorological situation due to the seasonal variation of ExUTLS meteorological field.

キーワード：地球大気、観測
Keywords: Earth atmosphere, Observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Varying Rossby Wave Trains from the Developing to Decaying Period of the Upper Atmospheric Heat Source over the Tibetan Plateau in Boreal Summer

*Chuandong Zhu[1,2], Rongcai Ren[1]

1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 2. University of Chinese Academy of Sciences

This study demonstrates the two different Rossby wave train (RWT) patterns related to the developing/decaying upper atmospheric heat source over the Tibetan Plateau (TPUHS) in boreal summer. The results show that the summer TPUHS is dominated by quasi-biweekly variability, particularly from late July to mid-August when the subtropical jet steadily stays to the north of the TP. During the developing period of TPUHS events, the intensifying TPUHS corresponds to an anomalous upper-tropospheric high over the TP, which acts as the main source of a RWT that extends northeastward, via North China, the central Pacific and Alaska, to the northeastern Pacific region. This RWT breaks up while the anomalous high is temporarily replaced by an anomalous low due to the further deepened convective heating around the TPUHS peak. However, this anomalous low, though existing for only three to four days due to the counteracting dynamical effects of the persisting upper/lower divergence/convergence over the TP, acts as a new wave source to connect to an anomalous dynamical high over the Baikal region. Whilst the anomalous low is diminishing rapidly, this Baikal high becomes the main source of a new RWT, which develops eastward over the North Pacific region till around eight days after the TPUHS peak. Nevertheless, the anomaly centers along this decaying-TPUHS-related RWT mostly appear much weaker than those along the previous RWT. Therefore, their impacts on circulation and weather differ considerably from the developing to the decaying period of TPUHS events.

Keywords: Tibetan Plateau, upper atmospheric heat source, Rossby wave train, circulation and weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Equilibrium Climate Responses of the East Asian Summer Monsoon to Various Anthropogenic Aerosol Species

*Qiuyan Wang[2,1], Zhili Wang[1,2], Hua Zhang[3,2]

1. State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 2. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 3. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing

The equilibrium climate responses of the East Asian summer monsoon (EASM) to increases in various types of anthropogenic aerosol emissions, including sulfate, organic carbon (OC), and black carbon (BC), from 1850 to 2000 are studied using an aerosol-climate online model. The results show that various aerosol species have substantially different impacts on the EASM by changing the local sea-land surface thermal difference and atmospheric circulation. The increased sulfate leads to decrease in the surface thermal difference between the land and ocean, the southward shift of the East Asian subtropical jet (EASJ), and significant northerly wind anomalies at 850 hPa over eastern China and the ambient oceans, thus dampening the EASM markedly. Pronounced surface cooling appears and an anomalous anticyclone is formed over the oceans north of 30˚N due to the increase of OC. These cause slight increase in sea-land surface thermal difference and southerly flow anomalies to the west of the anticyclonic center, thereby strengthening the northern East Asian summer monsoon (NEASM). However, the increased OC decreases the sea-land surface thermal contrast over southern China, which weakens the southern East Asian summer monsoon (SEASM). The responses of summer 850 hPa winds and rainfall over the East Asian monsoon region (EAMR) to increase in BC are generally consistent with those to increase in OC. The increased BC leads to the strengthening of the NEASM north of 35˚N and slight weakening of the SEASM south of 35˚N. Also, the simulated responses of the EASM to increase in BC are not changed when BC emission is scaled up by five times its 2000 levels, but the intensities of responses are enhanced. Overall, the increase in sulfate primarily weakens the EASM, while the increases in BC and OC mitigate the weakening of the NEASM to some extent.

Keywords: EASM, various aerosol species, equilibrium climate response

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of specific energy in zonal currents focusing on the analogy between jet stream and open channel flow

*北野 慈和[1]、山田 朋人[2]
*Yoshikazu Kitano[1], Tomohito J. Yamada[2]

1. 一般財団法人　電力中央研究所、2. 北海道大学大学院工学研究院
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

Atmospheric blocking is one of the important causes of meteorological extremes in mid-latitude, such as cold spells, heat waves and long-term heavy rainfalls. Rossby (1950) focused on dynamical analogies between the hydraulic jump in open channel flow and the atmospheric blocking in jet stream, and proposed a theoretical formula to explain the two dynamically possible states in zonal currents which are compatible with supercritical and subcritical flow in an open channel flow. Armi (1989) focused on the specific energy flux in zonal currents and showed that a dimensionless parameter, which is called Froude/Rossby number, is analogous to the Froude number of open channel flow. Kitano and Yamada (2017) extended these theories to realistic conditions in atmosphere and showed a relationship between typical blocking flow and specific energy flux in jet stream. In this study, we analyzed several blocking episodes using specific energy flux and found energetic signals over Japan and its surroundings before Pacific blocking occasions. These signals may contribute to prediction on blocking.

キーワード：大気ブロッキング、偏西風ジェット、開水路流れ
Keywords: atmospheric blocking, jet stream, open channel flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2009年11月の南米南端におけるオゾン量低下イベントに関する解析
Analysis of the ozone reduction event over the southern tip of South America in November 2009

*秋吉 英治[1]、門脇 正尚[2]、中村 東奈[3]、杉田 考史[1]、廣岡 俊彦[4]、原田 やよい[5]、水野 亮[6]
*Hideharu Akiyoshi[1], Masanao Kadowaki[2], Haruna Nakamura[3], Takafumi Sugita[1], Toshihiko Hirooka[4], Yayoi Harada[5], Akira Mizuno[6]

1. 国立環境研究所、2. 日本原子力研究開発機構、3. 富士通エフ・アイ・ピー、4. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、5. 気象研究所、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Fujitsu FIP Corporation, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, 5. Meteorological Research Institute, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

2009年11月に南米南端部において、約3週間にわたるオゾン量の低下が続いた。南米では初夏にあたり、紫外線への影響が懸念された。この現象は、9月～10月にかけて最盛期を迎えるオゾンホールの場となっている南極渦が、季節の進行に伴って11月になって不安定になり、南米方面へ変形・移動し、南米上空にとどまりながら崩壊を始めたことが原因である。では、どのようなメカニズムによってこの南極渦の南米方面への変形・移動が起こったのであろうか？また、同様な現象は過去にも起こっていたのであろうか？この２つの疑問を明らかにするため、1979年～2015年の37年間のERA-Interim再解析データおよびOMIオゾン全量データの解析を行った。成層圏で極渦の崩壊が起こり始める、あるいは崩壊直前となる場合が多い11月の、500hPaジオポテンシャルハイトについてブロッキングパターンの診断を行ったところ、ブロッキングパターンが生じた時に対流圏から成層圏への波動伝搬が強化され、それに伴いブロッキングが起こった領域の東の成層圏に南極渦が伸張あるいは移動し、南極周辺の中高緯度域のオゾン量を低下させる場合が多いことがわかった。また、11月におけるブロッキングパターンの出現と南極渦の大規模な伸張・移動との同様な関係は、2009年の他にも5回程度あり、そのうち3回（1994年、1997年、2011年）は南米付近で見られた。しかしながらこれらの年のオゾン量低下の持続期間は2009年ほど長くはなかった。以上の結果から、11月のブロッキングパターンの診断を行うことで、南極渦が崩壊するときの移動・変形の方向（経度）をある程度予想できることが示唆され、それはオゾンホール空気塊のその地域への襲来とそれによってもたらされる紫外線増加の予測に役立つ。対流圏の気象場を診断することで、現在南米で行われている紫外線予測の精度を上げることができるかもしれない。

本研究は地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「南米における大気環境リスク管理システムの開発」（2012～2017年度、代表：水野亮　名古屋大学）によって行われた。

キーワード：オゾンホール、南米、極渦、ブロッキング、2009年11月、ERA-Interim 再解析データ
Keywords: ozone hole, South America, polar vortex, blocking, November 2009, ERA-Interim reanalysis data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of relatively low ozone in Arctic spring during the QBO-westerly and solar-minimum years

*山下 陽介[1,2]、秋吉 英治[2]、高橋 正明[2]
*Yousuke Yamashita[1,2], Hideharu Akiyoshi[2], Masaaki Takahashi[2]

1. 海洋研究開発機構、2. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute for Environmental Studies

The equatorial quasi-biennial oscillation (QBO) and the 11-year solar cycle are known to cause year-to-year variability of the Northern Hemisphere (NH) polar vortex (e.g. Holton and Tan, 1980; Labitzke, 1987). Labitzke (1987) and several studies following her work have been used the four categories of the QBO and 11-year solar cycle, according to the westerly/easterly phase of the QBO (QBO-W/QBO-E) and the maximum/minimum phase of the 11-year solar cycle (S_{max}/ S_{min}). Camp and Tung (2007) suggested that the NH polar vortex is the most stable and the least perturbed state in late winter during the QBO-W/S_{min} years relative to the other three groups (QBO-W/S_{max}, QBO-E/S_{max}, and QBO-E/S_{min}), in agreement with the work of Labitzke and van Loon (1988). Their findings are in agreement with the smallest magnitude of the Arctic total ozone in QBO-W/S_{min} years among the four categories (Li and Tung 2014), because the ozone depletion is enhanced in the stable and cold polar vortex associated with an increase in chemical destruction through heterogeneous reactions on the Polar Stratospheric Clouds (PSCs). Since the Arctic ozone amount is related to the ozone transport as well as the chemical ozone destruction, the estimation of their influences is still challenging issue for understanding the small amount of the Arctic total ozone in March.

In this study, we analyze the Arctic ozone amount using TOMS/OMI observations, ERA-interim reanalysis data, and the outputs of a chemistry climate model (CCM) with REF-C1SD hindcast simulation, in which the model’s zonal/meridional wind and temperature are nudged toward those of the ERA-interim reanalysis data with a 6-hour interval. The anomaly from the average for all the years of 1979–2011 in the Arctic total ozone amount is calculated for QBO-W/S_{min} group in late winter. We estimate the amounts of ozone transport and chemical ozone destruction and their effects on the derived Arctic ozone anomaly for the QBO-W/S_{min} group with CCM outputs.

Result of the composite mean for QBO-W/S_{min} years shows negative anomaly (relatively small amount) of total ozone in February–March compared to the 1979–2011 average from the CCM output, in agreement with the satellite observation, reanalysis data. To distinguish the effect of chemical ozone destruction from that of ozone transport for the total ozone anomaly in February–March, we analyze the total ozone anomaly of the passive ozone tracer without any chemical change in the CCM. The negative anomalies of the passive ozone tracer have a similar distribution to that of chemically reactive ozone with similar magnitude, suggesting that the negative anomalies of total ozone are mainly caused by ozone transport.

The outputs of CCM are also analyzed for vertical profile of ozone concentration, which indicates negative anomaly of the Arctic ozone in the upper troposphere and the lower stratosphere for the QBO-W/S_{min} condition, the maximum anomaly of ozone partial column is located around 50–70 hPa. The partial column of the passive ozone tracer at these levels also shows negative anomalies, whilst their magnitudes are small, especially at 50 hPa in March. These results suggest the significant influence of ozone transport on the negative ozone anomaly in February–March, whilst the influence of chemistry is partially large at 50 hPa in March.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：成層圏オゾン、北極渦、化学気候モデル
Keywords: stratospheric ozone, Northern Hemisphere polar vortex, chemistry climate mode

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多成分衛星データ同化から得られた上部対流圏・下部成層圏オゾンの評価
Evaluation of ozone in the upper troposphere and lower stratosphere derived from multi-species satellite data assimilation

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1]
*Takashi Sekiya[1], Kazuyuki Miyazaki[2,1], Koji Ogochi[1], Kengo Sudo[3,1], Masayuki Takigawa[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3. 名古屋大学　大学院環境学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Jet Propulsion Laboratory/California Institute for Technology, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Ozone (O_3) in the upper troposphere and lower stratosphere (UTLS) has a stronger greenhouse effect than in the lower troposphere. However, information on O_3 in the UTLS from observations with the global coverage is still limited. Multi-species satellite data assimilation of stratospheric O_3, and tropospheric O_3 and its precursors is expected to provide better constraints on O_3 in the UTLS, because O_3 in the UTLS is controlled by stratospheric O_3 intrusions, O_3 transport from middle and lower troposphere, and in-situ O_3 chemical production. In this study, we evaluate O_3 in the UTLS derived from the multi-species data assimilation with horizontal resolutions of 2.8, 1.1, and 0.56 degree using ozonesonde observations (not used for data assimilation) in April 2008. Assimilated data were obtained from the OMI, GOME-2, and SCIAMACHY for tropospheric NO_2 column, the TES for O_3 profile, the MOPITT for total CO column, the MLS for O_3 and HNO_3 profiles, and the OMI for total SO_2 column. At 200 hPa, 300 hPa, and 500 hPa, the data assimilation at 0.56-degree resolution reduced root mean square errors (RMSEs) against ozonesonde observations in the northern midlatitudes by 32%, 31%, and 13%, respectively, compared to the model simulation without data assimilation. The overall data assimilation performance for O_3 concentrations is not sensitive to horizontal resolution in the altitudes between 200 hPa and 500 hPa (i.e., the RMSEs were within 7% at all resolutions). Meanwhile, the data assimilation at 0.56-degree resolution improved agreements with ozonesonde observations at 300 hPa by up to 55% compared to 1.1- and 2.8-degree resolutions during a deep stratospheric intrusion episode at Trinidad Head (124˚W, 41˚N) through resolving small-scale transport processes. These results confirm that O_3 analyses derived from multi-species data assimilation are suitable for understanding spatial and temporal variations in O_3 in the UTLS and their controlling processes.

キーワード：衛星データ同化、オゾン、大気化学
Keywords: Satellite data assimilation, Ozone, Atmospheric chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏突然昇温期における気象庁全球アンサンブル予報システムの初期摂動特性

Characteristics of Initial Perturbation of JMA GEPS during Sudden Stratospheric Warmings

*野口 峻佑[1,2]
*Shunsuke Noguchi[1,2]

1. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2. 気象庁 気象研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Meteorological Research institute, Japan Meteorological Agency

In order to sophisticate the ensemble forecasting and data assimilation system of the whole atmosphere, it is necessary to accumulate the knowledge about the uncertainty of the analysis in the stratosphere and mesosphere, which is poor in comparison with that in the troposphere. Therefore, this study investigates characteristics of initial perturbation of the Japan Meteorological Agency (JMA) Global Ensemble Prediction System (GEPS), which has been replaced in March 2017.

By focusing on two Sudden Stratospheric Warming (SSW) events occurred in 2017-2018 and 2018-2019 winters, several aspects of the new JMA GEPS are revealed as follows: (1) There is large uncertainty above the upper stratosphere (which has not been reflected in the previous system). (2) The analysis ensemble spread increases and penetrates downward from the upper stratosphere during the onset period of both SSW events, though its precursory nature is not so evident as pointed by previous studies (e.g. Enomoto et al. 2010). (3) After SSW events, the analysis ensemble spread in the middle and upper stratosphere shrinks in association with the change of dominant physical processes. However, relatively large spreads, which may have implications for the stratosphere-troposphere coupling, are sometimes found in the lower stratosphere.

The quality of forecasts and analyses above the upper stratosphere would be inevitable from the artificial effect of sponge layers near the model top. Therefore, it is worth comparing or communicating with results of some high-top system to validate the appropriateness of above-mentioned aspects (e.g. (1)) and recognize limitations of current operational settings.

キーワード：成層圏突然昇温、アンサンブル予報システム
Keywords: Sudden Stratospheric Warming, Ensemble Prediction System

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

[AAS05-P01] **An advanced impact of Arctic stratospheric ozone changes on spring precipitation in China**

*Fei Xie[1] (1.Beijing Normal University)

[AAS05-P02] 海岸に設置した人工対流と人工降雨による地球冷却化システム

*村上 英世[1] (1.ｲｲｴｺｹﾝｷｭｳｼｮ)

[AAS05-P03] Stratospheric front-like temperature structure and gravity wave activity during a stratospheric sudden warming event in 2016

*角 ゆかり[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS05-P04] The effects of a well-resolved stratosphere on the simulated boreal winter circulation in a climate model

*河谷 芳雄[1]、Kevin Hamilton[2]、Lesley J. Gray[3]、Scott M. Osprey[3]、渡辺 真吾[1]、山下 陽介[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.ハワイ大学国際太平洋研究センター、3.オックスフォード大学物理部門大気海洋惑星物理学)

[AAS05-P05] 固有位相速度を用いない波の擬運動量と3次元波活動度fluxの関係について
★招待講演

*木下 武也[1] (1.海洋研究開発機構)

[AAS05-P06] Hindcasts of the 2016 Disruption of the Stratospheric Quasi-biennial Oscillation

*渡辺 真吾[1]、Kevin Hamilton[2]、Scott Osprey[3]、河谷 芳雄[1]、西本 絵梨子 (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa、3.NCAS-Climate, University of Oxford)

[AAS05-P07] Selection bias of quasi-fixed-point observations in the ExUTLS and its impact on the seasonal record

*稲飯 洋一[1]、町田 敏暢[2]、松枝 秀和[3]、澤 庸介[3]、坪井 一寛[3]、勝又 啓一[2,4]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]、藤田 遼[5,1] (1.東北大学、2.環境研、3.気象研、4.高千穂化学工業、5.Imperial College London)

[AAS05-P08] Varying Rossby Wave Trains from the Developing to Decaying Period of the Upper Atmospheric Heat Source over the Tibetan Plateau in Boreal Summer

*Chuandong Zhu[1,2]、Rongcai Ren[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences)

[AAS05-P09] **Equilibrium Climate Responses of the East Asian Summer Monsoon to Various Anthropogenic Aerosol Species**

*Qiuyan Wang[2,1]、Zhili Wang[1,2]、Hua Zhang[3,2] (1.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing、

2.Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing)

[AAS05-P10] Analysis of specific energy in zonal currents focusing on the analogy between jet stream and open channel flow

*北野 慈和[1]、山田 朋人[2] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.北海道大学大学院工学研究院)

[AAS05-P11] 2009年11月の南米南端におけるオゾン量低下イベントに関する解析

*秋吉 英治[1]、門脇 正尚[2]、中村 東奈[3]、杉田 考史[1]、廣岡 俊彦[4]、原田 やよい[5]、水野 亮[6] (1.国立環境研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.富士通エフ・アイ・ピー、4.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、5.気象研究所、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[AAS05-P12] **Analysis of relatively low ozone in Arctic spring during the QBO-westerly and solar-minimum years**

*山下 陽介[1,2]、秋吉 英治[2]、高橋 正明[2] (1.海洋研究開発機構、2.国立環境研究所)

[AAS05-P13] 多成分衛星データ同化から得られた上部対流圏・下部成層圏オゾンの評価

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[AAS05-P14] 成層圏突然昇温期における気象庁全球アンサンブル予報システムの初期摂動特性
★招待講演

*野口 峻佑[1,2] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.気象庁 気象研究所)

An advanced impact of Arctic stratospheric ozone changes on spring precipitation in China

*Fei Xie[1]

1. Beijing Normal University

The effect of spring Arctic Stratospheric Ozone (ASO) changes on spring precipitation in China is analyzed using observations, reanalysis data, and the Whole Atmosphere Community Climate Model version 4 (WACCM4). We find that February–March mean ASO changes have a significant impact on April–May mean precipitation over the Loess Plateau and the middle–lower reaches of the Yangtze River—two important grain-producing regions with large populations. Changes in the polar vortex link the ASO to precipitation in China. Stratospheric circulation anomalies caused by ASO changes can propagate to the North Pacific. An increase in ASO leads to enhanced westerlies in the high and low latitudes of the North Pacific but weakened westerlies in the mid-latitudes of the North Pacific. The circulation anomalies over the North Pacific, forced by the increase of ASO, can extend westwards to East Asia, leading to an abnormal anticyclone in the East Asian upper and middle troposphere, and an abnormal cyclone in the lower troposphere. This enhances the warm and humid airstream from the Western Pacific to the Chinese mainland and strengthens upwelling over the Loess Plateau and the middle–lower reaches of the Yangtze River. These conditions enhance precipitation in central China during positive ASO anomaly events and reduce precipitation during negative events. The WACCM4 simulations support the results from our statistical analysis of observations and reanalysis data. Our results suggest that ASO variation can serve as a predictor of spring precipitation variation over the Loess Plateau and the middle–lower reaches of the Yangtze River.

Keywords: Arctic Stratospheric Ozone, Spring precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海岸に設置した人工対流と人工降雨による地球冷却化システム
Global Cooling System installed on the beach by means of Artificial Convection and Artificial Rain

*村上 英世[1]
*Murakami Hideyo[1]

1. ｲｲｴｺｹﾝｷｭｳｼｮ
1. Ii Ecology Development

近年、地球は温暖化しつつある。太陽は、地球に太陽光エネルギーを放射して、地球を暖めている。地球は、太陽光の一部を宇宙に反射放出し、かつ潜熱を含む赤外線等を宇宙に放射して、冷却している。地球が太陽から受けるエネルギーは、地球が放出しているエネルギーとほぼ同じである。地球が受信している太陽光エネルギーは一定値である。一方、増加したCO_2等の温室効果ガスが、大気の放射する熱エネルギーに対して大気が宇宙へ放出するエネルギーの比率を下げている。そのため、地球平均温度は増加しつつあり、それに起因する異常気象が多発している。多くの人々が大気中のCO_2 蓄積量を減少させて、地球平均温度を減少させるために研究している。しかし、大気中のCO_2 蓄積量を減少させるための有効なシステムは実用化されていない。

この論文は、地球冷却化システムを研究している。地球冷却化システムは人工対流装置（II型）と制御センタから構成される。地球冷却化システムは、例え大気に多量の温室効果ガスを含んで平均温度が2℃上昇したとしても、地球平均温度の増加を打ち消して、地球を冷却できる。

人工対流装置は大きな温室に似ていて、屋根、壁、大気入口、大気出口とヒーターで構成される。人工対流装置は、熱帯の海岸に設置される。海岸は、高温多湿（35℃, 26.2g kg^{-1}）で、日中は海風が吹いている。その屋根と壁は、透明なプラスチックシートで作られており、屋根の下にはヒーター(黒いシート)が装備されている。ヒーターは、屋根の下で太陽光エネルギーを受けて、太陽光エネルギーを熱エネルギー変換して大気入口から入った大気を熱して、大気出口から熱した大気を放出する。熱された大気は、周囲の大気に比べて軽く、対流圏に押し上げられる。多量の水蒸気を含んだ熱された大気は、対流圏で冷やされる。そこで、水蒸気は冷やされ、対流圏で雨か雪に人工的に作られる。人工的な雨か雪は、地上に降ってくる。結果として、人工対流装置は、加熱された大気を海岸の表面から対流圏に上昇させて、かつ高高度の大気を伴った人工雨もしくは雪を下に運ぶことで、海岸の表面と対流圏との間に人工的に対流を構築している。持ち上げられた大気は、海岸の表面の周囲の水蒸気を含んだ大気の潜熱と顕熱を宇宙に放出し、そして高高度の大気を伴った人工雨もしくは雪も、顕熱と溶解熱を周囲の大気から吸収し、大地の表面を冷却する。更に、暑く、雨量が少ない地域では、人工降雨の半分の雨量は、植物に吸収される。植物は、雨水を蒸発させて、潜熱を周囲の大気から吸収する。そのため、地球は、植物によっても冷却される。

この論文は、人工対流と人工降雨を用いた地球冷却化システムを分析しており、平均温度上昇が地球冷却化システムによって防止できることを示している。大規模な実験によって地球冷却化システムの特性を確認することが望まれる。

キーワード：地球冷却化、人工対流、潜熱、人工降雨
Keywords: global cooling, artificial convection, latent heat, artificial rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratospheric front-like temperature structure and gravity wave activity during a stratospheric sudden warming event in 2016

*角 ゆかり[1]、佐藤 薫[1]
*Yukari Sumi[1], Kaoru Sato[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. University of Tokyo

A large-scale front-like temperature structure is observed in the Arctic stratosphere during a stratospheric sudden warming (SSW) event in 2016. As reported by previous studies, it is shown that a stratospheric front with a vertical scale of about 15 km is formed near the polar vortex edge and vertically tilts toward a colder region. Moreover, we found that the front is the strongest a few days prior to the major warming and that a local maximum of temperature appears in the exit region of a jet streak. These characteristics of the front are roughly common among other SSW events. However, it is not clear as to why the front-like structure is strengthened during the SSW event, which still needs more observational analysis. In the present study, the semi-geostrophic system is considered to better understand the frontogenesis in the stratosphere. Q-vector and frontogenesis function are computed by using MERRA-2 reanalysis data. Near the front region, the geostrophic and ageostrophic parts of the frontogenesis function have large negative and small positive values, respectively. Therefore, it is suggested that the weakening of the front due to geostrophic flow is dominant over the strengthening of the front due to ageostrophic flow. The ageostrophic part is further separated into horizontal and vertical components. The vertical component is positive and significantly larger than the horizontal component. This result implies that the frontogenetic effect of the ageostrophic motion mainly comes from the vertical motion, which seems to be different from the tropospheric front: convergence of the horizontal ageostrophic wind is dominant for the tropospheric front because the vertical motion is suppressed near the ground surface. In addition, gravity wave (GW) activity near the front is examined by using dry temperature data from FORMOSAT-3/COSMIC satellite. The vertical wavelength of the GW is estimated from 1D-Stockwell transform (S-transform) for the temperature data. The S-transform spectra have a peak around 4–7 km in the vertical range between 25 and 35 km where the stratospheric front is the strongest.

キーワード：成層圏、成層圏突然昇温
Keywords: stratosphere, stratospheric sudden warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The effects of a well-resolved stratosphere on the simulated boreal winter circulation in a climate model

*河谷 芳雄[1]、Kevin Hamilton[2]、Lesley J. Gray[3]、Scott M. Osprey[3]、渡辺 真吾[1]、山下 陽介[1]
*Yoshio Kawatani[1], Kevin Hamilton[2], Lesley J. Gray[3], Scott M. Osprey[3], Shingo Watanabe[1], Yousuke Yamashita[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. ハワイ大学国際太平洋研究センター、3. オックスフォード大学物理部門大気海洋惑星物理学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. International Pacific Research Center, University of Hawaii, 3. Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics, Department of Physics, University of Oxford

The impact of stratospheric representation is investigated using the Model for Interdisciplinary Research On Climate Atmospheric General Circulation Model (MIROC-AGCM) run with different model-lid heights and stratospheric vertical resolutions, but unchanged horizontal resolutions (~1.125˚) and subgrid parameterizations. One hundred year integrations of the model were conducted using configurations with 34, 42, 72 and 168 vertical layers and model-lid heights of ~27 km (L34), 47 km (L42), 47 km (L72) and 100 km (L168). Analysis of the results focused on the Northern Hemisphere in winter. Compared with the L42 model, the L34 model produces a poorer simulation of the stratospheric Brewer-Dobson circulation (BDC) in the lower stratosphere, with weaker polar downwelling and accompanying cold pole and westerly jet biases. The westerly bias extends into the troposphere and even to the surface. The tropospheric westerlies and zone of baroclinic wave activity shift northward; surface pressure has negative (positive) biases in the high (mid) latitudes, with concomitant precipitation shifts. The L72/L168 models generate a Quasi-Biennial Oscillation (QBO) while the L34/42 models do not. The L168 model includes the mesosphere, and thus resolves the upper branch of the BDC. The L72 model simulates stronger polar downwelling associated with the BDC than does the L42 model. However, experiments with prescribed nudging of the tropical stratospheric winds suggest differences in the QBO representation cannot account for L72-L42 differences in the climatological polar night jet structure. The results show that the stratospheric vertical resolution and inclusion of the full middle atmosphere significantly affect tropospheric circulations.

キーワード：中層大気
Keywords: middle atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

固有位相速度を用いない波の擬運動量と3次元波活動度fluxの関係について

On the relation between three-dimensional wave activity flux and pseudo momentum without using intrinsic phase velocities

*木下 武也[1]
*Takenari Kinoshita[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

中層大気大循環は様々な波活動によって駆動されている。波活動と大循環の関係を診断するツールの1つとして、変形オイラー平均 (Transformed-Eulerian Mean: TEM)系がある。TEM系の残差流や波活動度fluxは3次元化が1980年代から行われ、最近の研究では成層圏突然昇温を引き起こすロスビー波活動の空間構造の解析に利用されるなどしている。TEM系の波活動度fluxの収束発散は擬運動量の時間変化に対応することが示されており (Eliassen-Palm relation)、3次元TEM系においても、同関係が成り立つことが証明されているが、ここで用いられている擬運動量は擾乱のエネルギーを固有位相速度で割ったものであり、データ解析には向いていない。そこで本研究では、Aiki et al. (2015)のDouble-Impulse 擬運動量を参考に、固有位相速度を用いない形の擬運動量を紹介するとともに、中層大気における擬運動量のラグランジュ変化と波活動度fluxの収束発散の関係について調べた結果を報告する。

キーワード：波活動度フラックス、擬運動量
Keywords: wave activity flux, pseudo momentum

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hindcasts of the 2016 Disruption of the Stratospheric Quasi-biennial Oscillation

*渡辺 真吾[1]、Kevin Hamilton[2]、Scott Osprey[3]、河谷 芳雄[1]、西本 絵梨子
*Shingo Watanabe[1], Kevin Hamilton[2], Scott Osprey[3], Yoshio Kawatani[1], Eriko Nishimoto

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa、3. NCAS-Climate, University of Oxford
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa, 3. NCAS-Climate, University of Oxford

In early 2016 the quasi-biennial oscillation in tropical stratospheric winds was disrupted by an anomalous easterly jet centered at ~40 hPa, a development that was completely missed by all operational extended range weather forecast systems. This event and its predictability are investigated through ensemble hindcasts using a global model notable for its sophisticated representation of the upper atmosphere. Key to prediction of this event is simulating the slowly evolving mean winds in the winter subtropics that provide a waveguide for Rossby waves propagating from the winter hemisphere. Its association to the strong El Nino condition in 2015 is also investigated by changing sea surface temperatures.

キーワード：quasi-biennial oscillation、Rossby wave、extended range hindcast
Keywords: quasi-biennial oscillation, Rossby wave, extended range hindcast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Selection bias of quasi-fixed-point observations in the ExUTLS and its impact on the seasonal record

*稲飯 洋一[1]、町田 敏暢[2]、松枝 秀和[3]、澤 庸介[3]、坪井 一寛[3]、勝又 啓一[2,4]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]、藤田 遼[5,1]
*Yoichi Inai[1], Toshinobu Machida[2], Hidekazu Matsueda[3], Yousuke Sawa[3], Kazuhiro Tsuboi[3], Keiichi Katsumata[2,4], Shinji Morimoto[1], Shuji Aoki[1], Takakiyo Nakazawa[1], Ryo Fujita[5,1]

1. 東北大学、2. 環境研、3. 気象研、4. 高千穂化学工業、5. Imperial College London
1. Tohoku Univ., 2. NIES, 3. MRI, 4. Takachiho Chem. Industrial, 5. Imperial College London

Fixed-point observations are essential for long-term monitoring of the atmospheric environment. However, some attention might be paid to the interpretation of seasonal variations appearing in the observational record, particularly for regions with large seasonal variations. In the extra-tropical upper troposphere/lower stratosphere (ExUTLS), the climatological tropopause height changes with season. This leads to a seasonal dependence of whether individual fixed-point observations are included in the stratosphere or the troposphere. In this study, using the reanalysis fields, quasi-fixed-point observations in the ExUTLS are simulated and categorized as being in the troposphere or stratosphere based on their position relative to the dynamic tropopause, to investigate seasonal tendencies of the categorization. The influence of these tendencies on seasonal variations of atmospheric composition in the categorized data is estimated. The seasonal cycles of CH_4, N_2O and SF_6 mixing ratios are found to change with the categorization method. In particular, the minimum values for these tropospheric tracers in observations categorized as stratospheric occur 1–2 months later than in uncategorized observations. This delay in stratospheric record is interpreted as the selection bias, that is, the air mass categorized as the stratospheric atmosphere biased to some specific meteorological situation due to the seasonal variation of ExUTLS meteorological field.

キーワード：地球大気、観測
Keywords: Earth atmosphere, Observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Varying Rossby Wave Trains from the Developing to Decaying Period of the Upper Atmospheric Heat Source over the Tibetan Plateau in Boreal Summer

*Chuandong Zhu[1,2], Rongcai Ren[1]

1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 2. University of Chinese Academy of Sciences

This study demonstrates the two different Rossby wave train (RWT) patterns related to the developing/decaying upper atmospheric heat source over the Tibetan Plateau (TPUHS) in boreal summer. The results show that the summer TPUHS is dominated by quasi-biweekly variability, particularly from late July to mid-August when the subtropical jet steadily stays to the north of the TP. During the developing period of TPUHS events, the intensifying TPUHS corresponds to an anomalous upper-tropospheric high over the TP, which acts as the main source of a RWT that extends northeastward, via North China, the central Pacific and Alaska, to the northeastern Pacific region. This RWT breaks up while the anomalous high is temporarily replaced by an anomalous low due to the further deepened convective heating around the TPUHS peak. However, this anomalous low, though existing for only three to four days due to the counteracting dynamical effects of the persisting upper/lower divergence/convergence over the TP, acts as a new wave source to connect to an anomalous dynamical high over the Baikal region. Whilst the anomalous low is diminishing rapidly, this Baikal high becomes the main source of a new RWT, which develops eastward over the North Pacific region till around eight days after the TPUHS peak. Nevertheless, the anomaly centers along this decaying-TPUHS-related RWT mostly appear much weaker than those along the previous RWT. Therefore, their impacts on circulation and weather differ considerably from the developing to the decaying period of TPUHS events.

Keywords: Tibetan Plateau, upper atmospheric heat source, Rossby wave train, circulation and weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Equilibrium Climate Responses of the East Asian Summer Monsoon to Various Anthropogenic Aerosol Species

*Qiuyan Wang[2,1], Zhili Wang[1,2], Hua Zhang[3,2]

1. State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of CMA, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 2. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 3. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing

The equilibrium climate responses of the East Asian summer monsoon (EASM) to increases in various types of anthropogenic aerosol emissions, including sulfate, organic carbon (OC), and black carbon (BC), from 1850 to 2000 are studied using an aerosol-climate online model. The results show that various aerosol species have substantially different impacts on the EASM by changing the local sea-land surface thermal difference and atmospheric circulation. The increased sulfate leads to decrease in the surface thermal difference between the land and ocean, the southward shift of the East Asian subtropical jet (EASJ), and significant northerly wind anomalies at 850 hPa over eastern China and the ambient oceans, thus dampening the EASM markedly. Pronounced surface cooling appears and an anomalous anticyclone is formed over the oceans north of 30˚N due to the increase of OC. These cause slight increase in sea-land surface thermal difference and southerly flow anomalies to the west of the anticyclonic center, thereby strengthening the northern East Asian summer monsoon (NEASM). However, the increased OC decreases the sea-land surface thermal contrast over southern China, which weakens the southern East Asian summer monsoon (SEASM). The responses of summer 850 hPa winds and rainfall over the East Asian monsoon region (EAMR) to increase in BC are generally consistent with those to increase in OC. The increased BC leads to the strengthening of the NEASM north of 35˚N and slight weakening of the SEASM south of 35˚N. Also, the simulated responses of the EASM to increase in BC are not changed when BC emission is scaled up by five times its 2000 levels, but the intensities of responses are enhanced. Overall, the increase in sulfate primarily weakens the EASM, while the increases in BC and OC mitigate the weakening of the NEASM to some extent.

Keywords: EASM, various aerosol species, equilibrium climate response

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of specific energy in zonal currents focusing on the analogy between jet stream and open channel flow

*北野 慈和[1]、山田 朋人[2]
*Yoshikazu Kitano[1], Tomohito J. Yamada[2]

1. 一般財団法人　電力中央研究所、2. 北海道大学大学院工学研究院
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

Atmospheric blocking is one of the important causes of meteorological extremes in mid-latitude, such as cold spells, heat waves and long-term heavy rainfalls. Rossby (1950) focused on dynamical analogies between the hydraulic jump in open channel flow and the atmospheric blocking in jet stream, and proposed a theoretical formula to explain the two dynamically possible states in zonal currents which are compatible with supercritical and subcritical flow in an open channel flow. Armi (1989) focused on the specific energy flux in zonal currents and showed that a dimensionless parameter, which is called Froude/Rossby number, is analogous to the Froude number of open channel flow. Kitano and Yamada (2017) extended these theories to realistic conditions in atmosphere and showed a relationship between typical blocking flow and specific energy flux in jet stream. In this study, we analyzed several blocking episodes using specific energy flux and found energetic signals over Japan and its surroundings before Pacific blocking occasions. These signals may contribute to prediction on blocking.

キーワード：大気ブロッキング、偏西風ジェット、開水路流れ
Keywords: atmospheric blocking, jet stream, open channel flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2009年11月の南米南端におけるオゾン量低下イベントに関する解析
Analysis of the ozone reduction event over the southern tip of South America in November 2009

*秋吉 英治[1]、門脇 正尚[2]、中村 東奈[3]、杉田 考史[1]、廣岡 俊彦[4]、原田 やよい[5]、水野 亮[6]
*Hideharu Akiyoshi[1], Masanao Kadowaki[2], Haruna Nakamura[3], Takafumi Sugita[1], Toshihiko Hirooka[4], Yayoi Harada[5], Akira Mizuno[6]

1. 国立環境研究所、2. 日本原子力研究開発機構、3. 富士通エフ・アイ・ピー、4. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、5. 気象研究所、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Fujitsu FIP Corporation, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, 5. Meteorological Research Institute, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

2009年11月に南米南端部において、約3週間にわたるオゾン量の低下が続いた。南米では初夏にあたり、紫外線への影響が懸念された。この現象は、9月～10月にかけて最盛期を迎えるオゾンホールの場となっている南極渦が、季節の進行に伴って11月になって不安定になり、南米方面へ変形・移動し、南米上空にとどまりながら崩壊を始めたことが原因である。では、どのようなメカニズムによってこの南極渦の南米方面への変形・移動が起こったのであろうか？また、同様な現象は過去にも起こっていたのであろうか？この２つの疑問を明らかにするため、1979年～2015年の37年間のERA-Interim再解析データおよびOMIオゾン全量データの解析を行った。成層圏で極渦の崩壊が起こり始める、あるいは崩壊直前となる場合が多い11月の、500hPaジオポテンシャルハイトについてブロッキングパターンの診断を行ったところ、ブロッキングパターンが生じた時に対流圏から成層圏への波動伝搬が強化され、それに伴いブロッキングが起こった領域の東の成層圏に南極渦が伸張あるいは移動し、南極周辺の中高緯度域のオゾン量を低下させる場合が多いことがわかった。また、11月におけるブロッキングパターンの出現と南極渦の大規模な伸張・移動との同様な関係は、2009年の他にも5回程度あり、そのうち3回（1994年、1997年、2011年）は南米付近で見られた。しかしながらこれらの年のオゾン量低下の持続期間は2009年ほど長くはなかった。以上の結果から、11月のブロッキングパターンの診断を行うことで、南極渦が崩壊するときの移動・変形の方向（経度）をある程度予想できることが示唆され、それはオゾンホール空気塊のその地域への襲来とそれによってもたらされる紫外線増加の予測に役立つ。対流圏の気象場を診断することで、現在南米で行われている紫外線予測の精度を上げることができるかもしれない。

本研究は地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「南米における大気環境リスク管理システムの開発」（2012～2017年度、代表：水野亮　名古屋大学）によって行われた。

キーワード：オゾンホール、南米、極渦、ブロッキング、2009年11月、ERA-Interim 再解析データ
Keywords: ozone hole, South America, polar vortex, blocking, November 2009, ERA-Interim reanalysis data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of relatively low ozone in Arctic spring during the QBO-westerly and solar-minimum years

*山下 陽介[1,2]、秋吉 英治[2]、高橋 正明[2]
*Yousuke Yamashita[1,2], Hideharu Akiyoshi[2], Masaaki Takahashi[2]

1. 海洋研究開発機構、2. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute for Environmental Studies

The equatorial quasi-biennial oscillation (QBO) and the 11-year solar cycle are known to cause year-to-year variability of the Northern Hemisphere (NH) polar vortex (e.g. Holton and Tan, 1980; Labitzke, 1987). Labitzke (1987) and several studies following her work have been used the four categories of the QBO and 11-year solar cycle, according to the westerly/easterly phase of the QBO (QBO-W/QBO-E) and the maximum/minimum phase of the 11-year solar cycle (S_{max}/ S_{min}). Camp and Tung (2007) suggested that the NH polar vortex is the most stable and the least perturbed state in late winter during the QBO-W/S_{min} years relative to the other three groups (QBO-W/S_{max}, QBO-E/S_{max}, and QBO-E/S_{min}), in agreement with the work of Labitzke and van Loon (1988). Their findings are in agreement with the smallest magnitude of the Arctic total ozone in QBO-W/S_{min} years among the four categories (Li and Tung 2014), because the ozone depletion is enhanced in the stable and cold polar vortex associated with an increase in chemical destruction through heterogeneous reactions on the Polar Stratospheric Clouds (PSCs). Since the Arctic ozone amount is related to the ozone transport as well as the chemical ozone destruction, the estimation of their influences is still challenging issue for understanding the small amount of the Arctic total ozone in March.

In this study, we analyze the Arctic ozone amount using TOMS/OMI observations, ERA-interim reanalysis data, and the outputs of a chemistry climate model (CCM) with REF-C1SD hindcast simulation, in which the model’s zonal/meridional wind and temperature are nudged toward those of the ERA-interim reanalysis data with a 6-hour interval. The anomaly from the average for all the years of 1979–2011 in the Arctic total ozone amount is calculated for QBO-W/S_{min} group in late winter. We estimate the amounts of ozone transport and chemical ozone destruction and their effects on the derived Arctic ozone anomaly for the QBO-W/S_{min} group with CCM outputs.

Result of the composite mean for QBO-W/S_{min} years shows negative anomaly (relatively small amount) of total ozone in February–March compared to the 1979–2011 average from the CCM output, in agreement with the satellite observation, reanalysis data. To distinguish the effect of chemical ozone destruction from that of ozone transport for the total ozone anomaly in February–March, we analyze the total ozone anomaly of the passive ozone tracer without any chemical change in the CCM. The negative anomalies of the passive ozone tracer have a similar distribution to that of chemically reactive ozone with similar magnitude, suggesting that the negative anomalies of total ozone are mainly caused by ozone transport.

The outputs of CCM are also analyzed for vertical profile of ozone concentration, which indicates negative anomaly of the Arctic ozone in the upper troposphere and the lower stratosphere for the QBO-W/S_{min} condition, the maximum anomaly of ozone partial column is located around 50–70 hPa. The partial column of the passive ozone tracer at these levels also shows negative anomalies, whilst their magnitudes are small, especially at 50 hPa in March. These results suggest the significant influence of ozone transport on the negative ozone anomaly in February–March, whilst the influence of chemistry is partially large at 50 hPa in March.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：成層圏オゾン、北極渦、化学気候モデル
Keywords: stratospheric ozone, Northern Hemisphere polar vortex, chemistry climate mode

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多成分衛星データ同化から得られた上部対流圏・下部成層圏オゾンの評価
Evaluation of ozone in the upper troposphere and lower stratosphere derived from multi-species satellite data assimilation

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[3,1]、滝川 雅之[1]
*Takashi Sekiya[1], Kazuyuki Miyazaki[2,1], Koji Ogochi[1], Kengo Sudo[3,1], Masayuki Takigawa[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3. 名古屋大学　大学院環境学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Jet Propulsion Laboratory/California Institute for Technology, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Ozone (O_3) in the upper troposphere and lower stratosphere (UTLS) has a stronger greenhouse effect than in the lower troposphere. However, information on O_3 in the UTLS from observations with the global coverage is still limited. Multi-species satellite data assimilation of stratospheric O_3, and tropospheric O_3 and its precursors is expected to provide better constraints on O_3 in the UTLS, because O_3 in the UTLS is controlled by stratospheric O_3 intrusions, O_3 transport from middle and lower troposphere, and in-situ O_3 chemical production. In this study, we evaluate O_3 in the UTLS derived from the multi-species data assimilation with horizontal resolutions of 2.8, 1.1, and 0.56 degree using ozonesonde observations (not used for data assimilation) in April 2008. Assimilated data were obtained from the OMI, GOME-2, and SCIAMACHY for tropospheric NO_2 column, the TES for O_3 profile, the MOPITT for total CO column, the MLS for O_3 and HNO_3 profiles, and the OMI for total SO_2 column. At 200 hPa, 300 hPa, and 500 hPa, the data assimilation at 0.56-degree resolution reduced root mean square errors (RMSEs) against ozonesonde observations in the northern midlatitudes by 32%, 31%, and 13%, respectively, compared to the model simulation without data assimilation. The overall data assimilation performance for O_3 concentrations is not sensitive to horizontal resolution in the altitudes between 200 hPa and 500 hPa (i.e., the RMSEs were within 7% at all resolutions). Meanwhile, the data assimilation at 0.56-degree resolution improved agreements with ozonesonde observations at 300 hPa by up to 55% compared to 1.1- and 2.8-degree resolutions during a deep stratospheric intrusion episode at Trinidad Head (124˚W, 41˚N) through resolving small-scale transport processes. These results confirm that O_3 analyses derived from multi-species data assimilation are suitable for understanding spatial and temporal variations in O_3 in the UTLS and their controlling processes.

キーワード：衛星データ同化、オゾン、大気化学
Keywords: Satellite data assimilation, Ozone, Atmospheric chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏突然昇温期における気象庁全球アンサンブル予報システムの初期摂動特性

Characteristics of Initial Perturbation of JMA GEPS during Sudden Stratospheric Warmings

*野口 峻佑[1,2]
*Shunsuke Noguchi[1,2]

1. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2. 気象庁 気象研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Meteorological Research institute, Japan Meteorological Agency

In order to sophisticate the ensemble forecasting and data assimilation system of the whole atmosphere, it is necessary to accumulate the knowledge about the uncertainty of the analysis in the stratosphere and mesosphere, which is poor in comparison with that in the troposphere. Therefore, this study investigates characteristics of initial perturbation of the Japan Meteorological Agency (JMA) Global Ensemble Prediction System (GEPS), which has been replaced in March 2017.

By focusing on two Sudden Stratospheric Warming (SSW) events occurred in 2017-2018 and 2018-2019 winters, several aspects of the new JMA GEPS are revealed as follows: (1) There is large uncertainty above the upper stratosphere (which has not been reflected in the previous system). (2) The analysis ensemble spread increases and penetrates downward from the upper stratosphere during the onset period of both SSW events, though its precursory nature is not so evident as pointed by previous studies (e.g. Enomoto et al. 2010). (3) After SSW events, the analysis ensemble spread in the middle and upper stratosphere shrinks in association with the change of dominant physical processes. However, relatively large spreads, which may have implications for the stratosphere-troposphere coupling, are sometimes found in the lower stratosphere.

The quality of forecasts and analyses above the upper stratosphere would be inevitable from the artificial effect of sponge layers near the model top. Therefore, it is worth comparing or communicating with results of some high-top system to validate the appropriateness of above-mentioned aspects (e.g. (1)) and recognize limitations of current operational settings.

キーワード：成層圏突然昇温、アンサンブル予報システム
Keywords: Sudden Stratospheric Warming, Ensemble Prediction System

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)

The East China Sea (ECS) is separated from the North Pacific basin by the Ryukyu Islands. On each side of the Ryukyu Islands, there lies two western boundary currents -the Kuroshio on the northwest and the Ryukyu Current on the southeast. These two currents play an important role in the global substance cycle and have a remarkable impact on the climate and adjacent marginal seas. Our knowledge of the Kuroshio and the Ryukyu Current's dynamics, variability, and impact has advanced significantly over the last decade, because of recent international collaborative field programs, improvement in satellite measurements, and advancement in high-resolution numerical models. This session seeks contributions from ECS-Kuroshio and Ryukyu Current studies and will cover a wide range of topics of observation, modeling and theory. The dynamics of the Kuroshio and the Ryukyu Current's variability at all spatio-temporal scales, the influence of the Kuroshio on typhoons and climate, the interactions among the Kuroshio, Ryukyu Current and eddies, internal waves including near-internal waves and their interactions with background currents, and the water mass exchanges through the gaps between the Ryukyu Islands are welcome to be discussed in this session.

[AOS08-P01] Impact of the mesosacle eddies on the western boundary current over the entire western North Pacific

*加古 真一郎[1]、中村 啓彦[2] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.鹿児島大学水産学部)

[AOS08-P02] Glider observations of interleaving layers in the Kuroshio

*Sen Jan[1]、Shih-Hong Wang[1]、Kai-Chieh Yang[1]、Yiing Jang Yang[1]、Ming-Huei Chang[1] (1.Institute of Oceanography, National Taiwan Univ.)

[AOS08-P03] Bottom Pressure in the East China Sea -Observation and modeling

*Hua Zheng[1]、Xiao-Hua Zhu[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Jae-Hun Park[3]、Chanhyung Jeon[4]、Ruixiang Zhao[1]、Ayako Nishina[2]、Chuanzheng Zhang[1]、Hanna Na[5]、Ze-Nan Zhu[1]、Hong Sik Min[6] (1.Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, China、2.Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan、3.Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Kore、4.Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea、5.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea、6.Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea)

[AOS08-P04] A numerical study on the dynamics of seasonal velocity variation in the East China Sea

*張 振龍[1]、中村 啓彦[1]、Zhu Xiao-Hua[2] (1.鹿児島大学、2.中国自然資源部)

[AOS08-P05] Temporal and spatial velocity variations over the Kuroshio Extension, Kuroshio and Ryukyu Current System in 1982-2014

*喬 煜翔[1]、中村 啓彦[2]、仁科 文子[2] (1.鹿児島大学　水産学研究科、2.鹿児島大学　水産学部)

[AOS08-P06] Characteristics of water in the southern Okinawa Trough.

*仁科 文子[1]、中村 啓彦[1]、朴 在勲[2]、朱 小華[3]、閔 泓植[4]、Hanna Na[5] (1.鹿児島大学、2.Inha University、3.Second Institute of Oceanography、4.Korea Institute of Ocean Science and Technology、5.Seoul National University)

Impact of the mesosacle eddies on the western boundary current over the entire western North Pacific

*加古 真一郎[1]、中村 啓彦[2]
*Kako Shinichiro[1], Hirohiko Nakamura[2]

1. 鹿児島大学大学院理工学研究科、2. 鹿児島大学水産学部
1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Faculty of Fisheries, Kagoshima University

Although many previous studies have suggested that the mesoscale eddies affect the variations of the Kuroshio and Ryukyu current systems, the generated regions and paths to the western boundary have not been well explained yet. We constructed a mesosacle eddy tracking dataset using FORA-WNP30 in conjunction with Okubo-Weiss parameters to investigate the effects of eddies on the western boundary current over the entire North Pacific. We observed that cyclonic eddies with relatively long durations (>120 days) were mainly generated around the southern Kuroshio Extension region, while anti-cyclonic eddies were generated around the subtropical counter current. In addition, we found that the cyclonic eddies propagate westward along the Kuroshio region and reach the western boundary, while the anti-cyclonic eddies propagate westward from their regions of origin and thereafter reach the Kuroshio recirculation region and Ryukyu current. The comparison of the Ryukyu-current at a depth of 600 m and the number of times the meso-scale eddies passed over the Ryukyu current demonstrated that the weakening (strengthening) of the northward current in the northern part of the Ryukyu region was consistent with the number of times the cyclonic (anti-cyclonic) eddies passed over the northern part of the Ryukyu current.

キーワード：中規模渦、黒潮、琉球海流
Keywords: mesoscale eddy, Kuroshio, Ryukyu current

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Glider observations of interleaving layers in the Kuroshio

*Sen Jan[1], Shih-Hong Wang[1], Kai-Chieh Yang[1], Yiing Jang Yang[1], Ming-Huei Chang[1]

1. Institute of Oceanography, National Taiwan Univ.

Interleaving layers (or thermohaline intrusions) were sometimes observed by repeated ship-based hydrographic surveys with coarse spacing between adjacent stations in the Kuroshio off Taiwan, but have never been examined in a dynamic context. A Seaglider was navigated along a triangle track east of Taiwan to complete two repeated high-resolution hydrographic observations from December 2016 to March 2017. Prominent interleaving layers were observed between dissimilar intermediate water masses across the Kuroshio. During the observations, a diple eddy pair and a relatively large anticyclonic eddy impinged on the offshore flank of the Kuroshio, respectively, which brought certain impacts on the formation and growth of the interleaving. Aside from the complicated physical processes in the upper 200 m, salinity profiles indicate that interleaving layers appeared within 500 and 800 m with vertical and horizontal length scales of O(50 m) and O(10-100 km), respectively. The time scale for the interleaving layers should be much less than 30 days, inferred from the discrepancy in the interleaving features between the two surveys. The instability analysis together with values of the Turner angle calculated from the hydrographic data suggests that the double-diffusive instability is the primary driving mechanism for the observed interleaving layers.

Keywords: Kuroshio, Interleaving, Double-diffusive instability, Glider observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bottom Pressure in the East China Sea -Observation and modeling

*Hua Zheng[1], Xiao-Hua Zhu[1], Hirohiko Nakamura[2], Jae-Hun Park[3], Chanhyung Jeon[4], Ruixiang Zhao[1], Ayako Nishina[2], Chuanzheng Zhang[1], Hanna Na[5], Ze-Nan Zhu[1], Hong Sik Min[6]

1. Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, China, 2. Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan, 3. Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Kore, 4. Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea, 5. School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea, 6. Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea

A two-year ocean bottom pressure record acquired between June 2015 and June 2017 observed by two pressure-recording inverted echo sounders (PIESs) and five current and pressure-recording inverted echo sounders (CPIESs) deployed along a section southwest of the Kerama Gap showed a significant 21-day variability. This 21-day bottom pressure variability (P_{bot21}) was particularly strong from July 2016 to January 2017, and it showed a squared coherence of 0.72 with wind stress curl around the Yangtze estuary in the East China Sea (ECS) during this period with a nearly 3-day time lag. A barotropic ocean model demonstrated the generation, spread, and dissipation of P_{bot21}. The modeling results showed that the P_{bot21} was driven by wind stress curl on the continental shelf of the ECS, where depths are shallower than 100 m, and spread southeastward to the Ryukyu Island Chain (RIC). The P_{bot21} was generated and remained on the shallow continental shelf, and only little power spread toward the RIC; thus, whether the signal could be observed by the mooring array was related to where it was generated. Significant P_{bot21} was generated southeast of the Yangtze estuary and measured by the mooring array from July 2016 to January 2017. However, P_{bot21} generated northeast of the Yangtze estuary, far from the mooring section, from January 2016 to April 2016 was exhausted before reaching the mooring array due to the long distance. It is suggested that the spatial pattern of 21-day wind stress curl over the ECS strongly influences P_{bot21} near the RIC.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A numerical study on the dynamics of seasonal velocity variation in the East China Sea

*張 振龍[1]、中村 啓彦[1]、Zhu Xiao-Hua[2]
*ZHENLONG ZHANG[1], Nakamura Hirohiko[1], Xiao-Hua Zhu[2]

1. 鹿児島大学、2. 中国自然資源部
1. Kagoshima University, 2. Ministry of Natural Resources, CHINA.

In our previous study, we investigated the seasonal velocity variations at different depths over the entire Kuroshio path. It showed that the upper layer (< ~500 m depth) velocity variation over the entire Kuroshio path has a coherent seasonal feature, which reaches a maximum in July and a minimum in autumn or winter, over most of the regions along the Kuroshio path. However, the lower layer velocity (> ~500 m depth, in the continental slope area from the east of Luzon Island to the east of the Ryukyu Island chain) shows a reversed seasonal variation with a maximum in winter. Several numerical experiments were carried out to clarify the essential mechanisms. Although it was shown that the local wind stress upon the current region is a key factor for the seasonal velocity variation in the upper layer, the detailed driving mechanism has been still unknown. Thus, we perform further numerical experiments to clarify the concreate mechanism in this study. Using a rectilinear regional model with idealized continental slope, we have successfully reproduced the seasonal velocity variation of the jet (the Kuroshio) by the seasonal wind stress variation over the jet. It turns out that the velocity of the jet increases (decreases) when the wind stress is directed to downstream (upstream) direction of the jet. We will report the concrete process underlying acceleration and deceleration processes of the upper layer velocity related to the local wind stress.

キーワード：黒潮、季節変動
Keywords: Kuroshio, Seasonal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Temporal and spatial velocity variations over the Kuroshio Extension, Kuroshio and Ryukyu Current System in 1982-2014

*喬 煜翔[1]、中村 啓彦[2]、仁科 文子[2]
*YUXIANG QIAO[1], Hirohiko Nakamura[2], AYAKO NISHINA[2]

1. 鹿児島大学　水産学研究科、2. 鹿児島大学　水産学部
1. Kagoshima University, Graduate School of Fisheries, 2. Kagoshima University, Faculty of Fishries

Four dimensional variational Ocean ReAnalysis for the Western North Pacific (FORA-WNP30) from 1982 to 2014 is used to investigate temporal and spatial velocity variations over the regions consisting of Kuroshio Extension (KE), Kuroshio and Ryukyu Current System (RCS). In order to identify such temporal and spatial features, we made Hovmöller diagrams at several depths, which display temporal variations of along-stream velocity along the current path from Luzon Island to KE region. In this study, we particularly examine long-term (> 1 year) variations for their regional characteristics (Luzon Island to KE region) and their vertical features (sea surface to 1000 m depth). The results revealed that 1) the KE is dominated by decadal signals while the upstream regions include clearer interannual signals in addition to decadal ones, 2) decadal variations in the KE tends to be almost out of phase to those variations in the upstream regions from Luzon Island to Izu-Ridge, and 3) the velocity variations at the sea surface tend to be similar to those variations at 1000 m depth.

キーワード：Kuroshio、Ryukyu Current、Kuroshio Extension、Velocity、Long-term variations
Keywords: Kuroshio, Ryukyu Current, Kuroshio Extension, Velocity, Long-term variations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of water in the southern Okinawa Trough.

*仁科 文子[1]、中村 啓彦[1]、朴 在勲[2]、朱 小華[3]、閔 泓植[4]、Hanna Na[5]
*Ayako Nishina[1], Hirohiko Nakamura[1], Jae-Hun Park[2], Xiao-Hua Zhu[3], Hong Sik Min[4], Hanna Na[5]

1. 鹿児島大学、2. Inha University、3. Second Institute of Oceanography、4. Korea Institute of Ocean Science and Technology、5. Seoul National University
1. Kagoshima University, 2. Inha University, 3. Second Institute of Oceanography, 4. Korea Institute of Ocean Science and Technology, 5. Seoul National University

The Okinawa Trough is a basin within the East China Sea, where maximum depth reaches 2300 m. There are two characteristic water masses in the Okinawa Trough. One is the high salinity water in the sub-surface layer shallower than 300 m and the other is the low salinity water in the intermediate layer from 400 m to 700 m. According to the previous studies, the former water is occupied by the South China Sea Tropical Water (SCSTW) and the Kuroshio Tropical Water (KTW), and the latter is dominated by modified water masses of the North Pacific Intermediate Water (NPIW) and the South China Sea Intermediate Water (SCSIW). However, in the previous studies, the southern part of the Okinawa Trough remains to be observed, and it should be confirmed whether the previous results can apply to the southern part.
In this study, water mass properties in the southern part of the Okinawa Trough are investigated in detail. We mainly used CTD data from T/V Kagoshima-maru cruises in Junes from 2013 to 2018. The high salinity waters in the sub-surface layer were classified into three groups: SCSTW, KTW and the tropical waters in the east of Ryukyu Islands chain. The low salinity water in the intermediate layer had a complicated distribution in which the low salinity water from the east of Taiwan and that from the Kerama Gap.

キーワード：沖縄トラフ、水塊
Keywords: Okinawa Trough, water mass

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)

The East China Sea (ECS) is separated from the North Pacific basin by the Ryukyu Islands. On each side of the Ryukyu Islands, there lies two western boundary currents -the Kuroshio on the northwest and the Ryukyu Current on the southeast. These two currents play an important role in the global substance cycle and have a remarkable impact on the climate and adjacent marginal seas. Our knowledge of the Kuroshio and the Ryukyu Current's dynamics, variability, and impact has advanced significantly over the last decade, because of recent international collaborative field programs, improvement in satellite measurements, and advancement in high-resolution numerical models. This session seeks contributions from ECS-Kuroshio and Ryukyu Current studies and will cover a wide range of topics of observation, modeling and theory. The dynamics of the Kuroshio and the Ryukyu Current's variability at all spatio-temporal scales, the influence of the Kuroshio on typhoons and climate, the interactions among the Kuroshio, Ryukyu Current and eddies, internal waves including near-internal waves and their interactions with background currents, and the water mass exchanges through the gaps between the Ryukyu Islands are welcome to be discussed in this session.

[AOS08-P01] Impact of the mesosacle eddies on the western boundary current over the entire western North Pacific

*加古 真一郎[1]、中村 啓彦[2] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科、2.鹿児島大学水産学部)

[AOS08-P02] Glider observations of interleaving layers in the Kuroshio

*Sen Jan[1]、Shih-Hong Wang[1]、Kai-Chieh Yang[1]、Yiing Jang Yang[1]、Ming-Huei Chang[1] (1.Institute of Oceanography, National Taiwan Univ.)

[AOS08-P03] Bottom Pressure in the East China Sea -Observation and modeling

*Hua Zheng[1]、Xiao-Hua Zhu[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Jae-Hun Park[3]、Chanhyung Jeon[4]、Ruixiang Zhao[1]、Ayako Nishina[2]、Chuanzheng Zhang[1]、Hanna Na[5]、Ze-Nan Zhu[1]、Hong Sik Min[6] (1.Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, China、2.Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan、3.Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Kore、4.Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea、5.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea、6.Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea)

[AOS08-P04] A numerical study on the dynamics of seasonal velocity variation in the East China Sea

*張 振龍[1]、中村 啓彦[1]、Zhu Xiao-Hua[2] (1.鹿児島大学、2.中国自然資源部)

[AOS08-P05] Temporal and spatial velocity variations over the Kuroshio Extension, Kuroshio and Ryukyu Current System in 1982-2014

*喬 煜翔[1]、中村 啓彦[2]、仁科 文子[2] (1.鹿児島大学　水産学研究科、2.鹿児島大学　水産学部)

[AOS08-P06] Characteristics of water in the southern Okinawa Trough.

*仁科 文子[1]、中村 啓彦[1]、朴 在勲[2]、朱 小華[3]、閔 泓植[4]、Hanna Na[5] (1.鹿児島大学、2.Inha University、3.Second Institute of Oceanography、4.Korea Institute of Ocean Science and Technology、5.Seoul National University)

Impact of the mesosacle eddies on the western boundary current over the entire western North Pacific

*加古 真一郎[1]、中村 啓彦[2]
*Kako Shinichiro[1], Hirohiko Nakamura[2]

1. 鹿児島大学大学院理工学研究科、2. 鹿児島大学水産学部
1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2. Faculty of Fisheries, Kagoshima University

Although many previous studies have suggested that the mesoscale eddies affect the variations of the Kuroshio and Ryukyu current systems, the generated regions and paths to the western boundary have not been well explained yet. We constructed a mesosacle eddy tracking dataset using FORA-WNP30 in conjunction with Okubo-Weiss parameters to investigate the effects of eddies on the western boundary current over the entire North Pacific. We observed that cyclonic eddies with relatively long durations (>120 days) were mainly generated around the southern Kuroshio Extension region, while anti-cyclonic eddies were generated around the subtropical counter current. In addition, we found that the cyclonic eddies propagate westward along the Kuroshio region and reach the western boundary, while the anti-cyclonic eddies propagate westward from their regions of origin and thereafter reach the Kuroshio recirculation region and Ryukyu current. The comparison of the Ryukyu-current at a depth of 600 m and the number of times the meso-scale eddies passed over the Ryukyu current demonstrated that the weakening (strengthening) of the northward current in the northern part of the Ryukyu region was consistent with the number of times the cyclonic (anti-cyclonic) eddies passed over the northern part of the Ryukyu current.

キーワード：中規模渦、黒潮、琉球海流
Keywords: mesoscale eddy, Kuroshio, Ryukyu current

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Glider observations of interleaving layers in the Kuroshio

*Sen Jan[1], Shih-Hong Wang[1], Kai-Chieh Yang[1], Yiing Jang Yang[1], Ming-Huei Chang[1]

1. Institute of Oceanography, National Taiwan Univ.

Interleaving layers (or thermohaline intrusions) were sometimes observed by repeated ship-based hydrographic surveys with coarse spacing between adjacent stations in the Kuroshio off Taiwan, but have never been examined in a dynamic context. A Seaglider was navigated along a triangle track east of Taiwan to complete two repeated high-resolution hydrographic observations from December 2016 to March 2017. Prominent interleaving layers were observed between dissimilar intermediate water masses across the Kuroshio. During the observations, a diple eddy pair and a relatively large anticyclonic eddy impinged on the offshore flank of the Kuroshio, respectively, which brought certain impacts on the formation and growth of the interleaving. Aside from the complicated physical processes in the upper 200 m, salinity profiles indicate that interleaving layers appeared within 500 and 800 m with vertical and horizontal length scales of O(50 m) and O(10-100 km), respectively. The time scale for the interleaving layers should be much less than 30 days, inferred from the discrepancy in the interleaving features between the two surveys. The instability analysis together with values of the Turner angle calculated from the hydrographic data suggests that the double-diffusive instability is the primary driving mechanism for the observed interleaving layers.

Keywords: Kuroshio, Interleaving, Double-diffusive instability, Glider observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bottom Pressure in the East China Sea -Observation and modeling

*Hua Zheng[1], Xiao-Hua Zhu[1], Hirohiko Nakamura[2], Jae-Hun Park[3], Chanhyung Jeon[4], Ruixiang Zhao[1], Ayako Nishina[2], Chuanzheng Zhang[1], Hanna Na[5], Ze-Nan Zhu[1], Hong Sik Min[6]

1. Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, China, 2. Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan, 3. Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Kore, 4. Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea, 5. School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea, 6. Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea

A two-year ocean bottom pressure record acquired between June 2015 and June 2017 observed by two pressure-recording inverted echo sounders (PIESs) and five current and pressure-recording inverted echo sounders (CPIESs) deployed along a section southwest of the Kerama Gap showed a significant 21-day variability. This 21-day bottom pressure variability (P_{bot21}) was particularly strong from July 2016 to January 2017, and it showed a squared coherence of 0.72 with wind stress curl around the Yangtze estuary in the East China Sea (ECS) during this period with a nearly 3-day time lag. A barotropic ocean model demonstrated the generation, spread, and dissipation of P_{bot21}. The modeling results showed that the P_{bot21} was driven by wind stress curl on the continental shelf of the ECS, where depths are shallower than 100 m, and spread southeastward to the Ryukyu Island Chain (RIC). The P_{bot21} was generated and remained on the shallow continental shelf, and only little power spread toward the RIC; thus, whether the signal could be observed by the mooring array was related to where it was generated. Significant P_{bot21} was generated southeast of the Yangtze estuary and measured by the mooring array from July 2016 to January 2017. However, P_{bot21} generated northeast of the Yangtze estuary, far from the mooring section, from January 2016 to April 2016 was exhausted before reaching the mooring array due to the long distance. It is suggested that the spatial pattern of 21-day wind stress curl over the ECS strongly influences P_{bot21} near the RIC.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A numerical study on the dynamics of seasonal velocity variation in the East China Sea

*張 振龍[1]、中村 啓彦[1]、Zhu Xiao-Hua[2]
*ZHENLONG ZHANG[1], Nakamura Hirohiko[1], Xiao-Hua Zhu[2]

1. 鹿児島大学、2. 中国自然資源部
1. Kagoshima University, 2. Ministry of Natural Resources, CHINA.

In our previous study, we investigated the seasonal velocity variations at different depths over the entire Kuroshio path. It showed that the upper layer (< ~500 m depth) velocity variation over the entire Kuroshio path has a coherent seasonal feature, which reaches a maximum in July and a minimum in autumn or winter, over most of the regions along the Kuroshio path. However, the lower layer velocity (> ~500 m depth, in the continental slope area from the east of Luzon Island to the east of the Ryukyu Island chain) shows a reversed seasonal variation with a maximum in winter. Several numerical experiments were carried out to clarify the essential mechanisms. Although it was shown that the local wind stress upon the current region is a key factor for the seasonal velocity variation in the upper layer, the detailed driving mechanism has been still unknown. Thus, we perform further numerical experiments to clarify the concreate mechanism in this study. Using a rectilinear regional model with idealized continental slope, we have successfully reproduced the seasonal velocity variation of the jet (the Kuroshio) by the seasonal wind stress variation over the jet. It turns out that the velocity of the jet increases (decreases) when the wind stress is directed to downstream (upstream) direction of the jet. We will report the concrete process underlying acceleration and deceleration processes of the upper layer velocity related to the local wind stress.

キーワード：黒潮、季節変動
Keywords: Kuroshio, Seasonal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Temporal and spatial velocity variations over the Kuroshio Extension, Kuroshio and Ryukyu Current System in 1982-2014

*喬 煜翔[1]、中村 啓彦[2]、仁科 文子[2]
*YUXIANG QIAO[1], Hirohiko Nakamura[2], AYAKO NISHINA[2]

1. 鹿児島大学　水産学研究科、2. 鹿児島大学　水産学部
1. Kagoshima University, Graduate School of Fisheries, 2. Kagoshima University, Faculty of Fishries

Four dimensional variational Ocean ReAnalysis for the Western North Pacific (FORA-WNP30) from 1982 to 2014 is used to investigate temporal and spatial velocity variations over the regions consisting of Kuroshio Extension (KE), Kuroshio and Ryukyu Current System (RCS). In order to identify such temporal and spatial features, we made Hovmöller diagrams at several depths, which display temporal variations of along-stream velocity along the current path from Luzon Island to KE region. In this study, we particularly examine long-term (> 1 year) variations for their regional characteristics (Luzon Island to KE region) and their vertical features (sea surface to 1000 m depth). The results revealed that 1) the KE is dominated by decadal signals while the upstream regions include clearer interannual signals in addition to decadal ones, 2) decadal variations in the KE tends to be almost out of phase to those variations in the upstream regions from Luzon Island to Izu-Ridge, and 3) the velocity variations at the sea surface tend to be similar to those variations at 1000 m depth.

キーワード：Kuroshio、Ryukyu Current、Kuroshio Extension、Velocity、Long-term variations
Keywords: Kuroshio, Ryukyu Current, Kuroshio Extension, Velocity, Long-term variations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of water in the southern Okinawa Trough.

*仁科 文子[1]、中村 啓彦[1]、朴 在勲[2]、朱 小華[3]、閔 泓植[4]、Hanna Na[5]
*Ayako Nishina[1], Hirohiko Nakamura[1], Jae-Hun Park[2], Xiao-Hua Zhu[3], Hong Sik Min[4], Hanna Na[5]

1. 鹿児島大学、2. Inha University、3. Second Institute of Oceanography、4. Korea Institute of Ocean Science and Technology、5. Seoul National University
1. Kagoshima University, 2. Inha University, 3. Second Institute of Oceanography, 4. Korea Institute of Ocean Science and Technology, 5. Seoul National University

The Okinawa Trough is a basin within the East China Sea, where maximum depth reaches 2300 m. There are two characteristic water masses in the Okinawa Trough. One is the high salinity water in the sub-surface layer shallower than 300 m and the other is the low salinity water in the intermediate layer from 400 m to 700 m. According to the previous studies, the former water is occupied by the South China Sea Tropical Water (SCSTW) and the Kuroshio Tropical Water (KTW), and the latter is dominated by modified water masses of the North Pacific Intermediate Water (NPIW) and the South China Sea Intermediate Water (SCSIW). However, in the previous studies, the southern part of the Okinawa Trough remains to be observed, and it should be confirmed whether the previous results can apply to the southern part.
In this study, water mass properties in the southern part of the Okinawa Trough are investigated in detail. We mainly used CTD data from T/V Kagoshima-maru cruises in Junes from 2013 to 2018. The high salinity waters in the sub-surface layer were classified into three groups: SCSTW, KTW and the tropical waters in the east of Ryukyu Islands chain. The low salinity water in the intermediate layer had a complicated distribution in which the low salinity water from the east of Taiwan and that from the Kerama Gap.

キーワード：沖縄トラフ、水塊
Keywords: Okinawa Trough, water mass

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)、座長:中村 啓彦(鹿児島大学)、Jae-Hun Park(Inha University)

The East China Sea (ECS) is separated from the North Pacific basin by the Ryukyu Islands. On each side of the Ryukyu Islands, there lies two western boundary currents -the Kuroshio on the northwest and the Ryukyu Current on the southeast. These two currents play an important role in the global substance cycle and have a remarkable impact on the climate and adjacent marginal seas. Our knowledge of the Kuroshio and the Ryukyu Current's dynamics, variability, and impact has advanced significantly over the last decade, because of recent international collaborative field programs, improvement in satellite measurements, and advancement in high-resolution numerical models. This session seeks contributions from ECS-Kuroshio and Ryukyu Current studies and will cover a wide range of topics of observation, modeling and theory. The dynamics of the Kuroshio and the Ryukyu Current's variability at all spatio-temporal scales, the influence of the Kuroshio on typhoons and climate, the interactions among the Kuroshio, Ryukyu Current and eddies, internal waves including near-internal waves and their interactions with background currents, and the water mass exchanges through the gaps between the Ryukyu Islands are welcome to be discussed in this session.

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:10

[AOS08-01] Downstream Evolution of the Kuroshio Velocity Structure and Transport

★Invited Papers

*Magdalena Andres[1]、Sen Jan[2] (1.Woods Hole Oceanographic Institution、2.National Taiwan University)

14:10 ~ 14:25

[AOS08-02] **Non-seasonal variability of the Kuroshio shelf intrusion and its associated changes in the ocean environment over the East China Sea during 1993-2017**

*Jiwon Kang[1]、Hanna Na[1] (1.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Republic of Korea)

14:25 ~ 14:40

[AOS08-03] The temporal and spatial variability of the Kuroshio in the East China Sea and its associated mechanisms

*Yanzhou Wei[1] (1.State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou, China)

14:40 ~ 14:55

[AOS08-04] The Joint Kuroshio–Ryukyu Current System Study and a rapid report about mooring observations southeast of Miyakojima

*Xiao-Hua Zhu[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Jae-Hun Park[3]、Ruixiang Zhao[1]、Ayako Nishina[2]、Chuanzheng Zhang[1]、Chanhyung Jeon[4]、Hanna Na[5]、Ze-Nan Zhu[1]、Hong Sik Min[6] (1.State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou, China、2.Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan、3.Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Korea、4.Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea、5.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea、6.Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea)

14:55 ~ 15:10

[AOS08-05] Relationship of the Kuroshio with the current fields in the East China Sea from observations and model results

*Hong Sik Min[1]、Chorong Hwang[1]、Dong Guk Kim[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Ayako Nishina[2]、Xiao-Hua Zhu[3]、Jae-Hun Park[4]、Chanhyung Jeon[4]、Hanna Na[5]、Naoki Hirose[6] (1.Korea Institute of Ocean Science & Technology、2.Kagoshima University、3.Second Institute of Oceanography、4.Inha University、5.Seoul National University、6.Kyushu University)

15:10 ~ 15:15

Discussion

Downstream Evolution of the Kuroshio Velocity Structure and Transport

*Magdalena Andres[1], Sen Jan[2]

1. Woods Hole Oceanographic Institution, 2. National Taiwan University

The Kuroshio flows along the North Pacific western boundary carrying heat, mass and momentum poleward. Along this route, the Kuroshio’ s strength and vertical structure undergo significant temporal and spatial variability. Recent observational studies have examined the Kuroshio between Luzon and Taiwan, just before the Kuroshio flows into the East China Sea and upstream of the beginning of the Ryukyu Current (a subsurface-intensified current that carries part of the total poleward western boundary current flow). These observations were part of the recent US Origins of the Kuroshio and Mindanao Currents (OKMC) and Taiwan Observations of Kuroshio Transport Variability (OKTV) and Study of the Kuroshio II (SK-II) observational programs. These studies, together with previous observational efforts, build a comprehensive picture of the Kuroshio on its route from its origins near Luzon to southeastern Japan, where the current finally transitions from a western boundary current into the Kuroshio Extension, a vigorously meandering free jet. Through the joint OKMC/OKTV efforts, Kuroshio strength and velocity structure were measured between June 2012 and November 2014 with pressure-sensor equipped inverted echo sounders (PIESs) and upward- looking acoustic Doppler current profilers (ADCPs) deployed across the current northeast of Luzon, Philippines, and east of Taiwan with an 8 month overlap in the two arrays’ deployment periods. The time-mean net (i.e., integrated from the surface to the bottom) absolute transport increases downstream and the observed downstream increase is consistent with the return flow predicted by the simple Sverdrup relation and the mean wind stress curl field over the North Pacific (despite the complicated bathymetry and gaps along the North Pacific western boundary). Northeast of Luzon, the Kuroshio is shallower than 750 dbar, while east of Taiwan areas of positive flow reach to the seafloor (3000 m). A similar deepening of the subtropical western boundary current is observed in the North Atlantic in the region where the Gulf Stream leaves Cape Hatteras. In addition, there is a deep counterflow beneath the poleward-flowing Kuroshio. Time-varying transports and velocities indicate the strong influence at both sections of westward propagating eddies from the ocean interior. Topography associated with the ridges east of Taiwan also influences the mean and time-varying velocity structure there. By comparison, in the North Atlantic there is also a deep counterflow beneath the Gulf Stream at Cape Hatteras, however, this is likely due to different processes than those at play in the North Pacific, due to the presence of the Deep Western Boundary Current there which carries equatorward flow in the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) cold limb flow.

Keywords: Kuroshio, mesoscale eddies, PIES, ADCP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Non-seasonal variability of the Kuroshio shelf intrusion and its associated changes in the ocean environment over the East China Sea during 1993-2017

*Jiwon Kang[1], Hanna Na[1]

1. School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Republic of Korea

The Kuroshio in the East China Sea (ECS) exhibits strong variability over the northeast of Taiwan; weakening of the Kuroshio has been understood to be associated with shelf-ward shift of the Kuroshio axis, which induces shelf intrusion of the Kuroshio water. The Kuroshio intrusion plays an important role for understanding the characteristics of water masses over the shelf region that, in turn, influences ocean environment in the marginal seas. In this study, non-seasonal variability of the intrusion, which was reported to be more significant in comparison with its seasonal variability, is examined during 1993-2017.

The Kuroshio intrusion index was defined based on the Empirical Orthogonal Function analysis of satellite-altimetry-derived geostrophic velocity data. The composite analysis of oceanic and atmospheric variables according to the intrusion index reveals that strong Kuroshio intrusion is associated with increase of sea surface temperature and eddy kinetic energy, strengthening of northwesterly wind and upward surface heat flux in the continental shelf region. The strong Kuroshio intrusion would also be related to sub-mesoscale eddy variability inside the ECS, and its relationship is discussed by examining surface drifter data over the region.

Keywords: Kuroshio, shelf intrusion, East China Sea, sub-mesoscale eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The temporal and spatial variability of the Kuroshio in the East China Sea and its associated mechanisms

*Yanzhou Wei[1]

1. State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou, China

The Kuroshio is a strong western boundary current of the North Pacific subtropical gyre. It transports huge amounts of heat and nutrients poleward, and has a profound effect on the hydrography, fisheries, and climate of countries surrounding the Northwestern Pacific. As such, the temporal and spatial variability of the Kuroshio on multiple scales is of wide interest to the oceanographic and climate communities. In this study, we examine the temporal and spatial variability of the Kuroshio based on long term hydrographic observation and satellite data, and discuss the associated mechanisms.

Keywords: Kuroshio, East China Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Joint Kuroshio–Ryukyu Current System Study and a rapid report about mooring observations southeast of Miyakojima

*Xiao-Hua Zhu[1], Hirohiko Nakamura[2], Jae-Hun Park[3], Ruixiang Zhao[1], Ayako Nishina[2], Chuanzheng Zhang[1], Chanhyung Jeon[4], Hanna Na[5], Ze-Nan Zhu[1], Hong Sik Min[6]

1. State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou, China, 2. Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan, 3. Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon, South Korea, 4. Department of Marine Science and Biological Engineering, Inha University, Incheon, Korea, 5. School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea, 6. Ocean Circulation and Climate Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Korea

From June 2015 to June 2017, an international cooperative research project called “Joint Kuroshio-Ryukyu Current System Study” (JKRYCSS) was conducted by scientists from Japan, China, and South Korea. Tall moorings with current meters (CMs) and upward-looking acoustic Doppler current profilers (ADCPs), and current and pressure-recording inverted echo sounders (CPIESs) were deployed on northwestern and southeastern sides of Miyakojima Island to observe the Kuroshio and the Ryukyu Current, simultaneously. These mooring sites lay along the altimeter track used by TOPEX/Poseidon and Jason-1/2/3, which is roughly perpendicular to the isobath of the continental shelf break.

In this talk, we will illustrate the velocity structure and variability of the Ryukyu Current by analyzing the 2-year record from a mooring array southeast of Miyakojima Island. The results showed that the shoreward intensified currents flowed northeastward. The subsurface core of the Ryukyu Current was located near the 1000 m isobath, with a maximum of 19.4 cm/s at 500 m. The observed velocity structure was reproduced well by the HYCOM reanalysis, except that the observed current core was stronger and shallower. The mean estimated volume transport across the observation section was 9.0 Sv with a standard deviation of 8.7 Sv, with a near 100-day variability dominant in the upper layer but absent in the deep layer.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relationship of the Kuroshio with the current fields in the East China Sea from observations and model results

*Hong Sik Min[1], Chorong Hwang[1], Dong Guk Kim[1], Hirohiko Nakamura[2], Ayako Nishina[2], Xiao-Hua Zhu[3], Jae-Hun Park[4], Chanhyung Jeon[4], Hanna Na[5], Naoki Hirose[6]

1. Korea Institute of Ocean Science & Technology, 2. Kagoshima University, 3. Second Institute of Oceanography, 4. Inha University, 5. Seoul National University, 6. Kyushu University

We investigated relationship between variations of the Kuroshio in the southern East China Sea (ECS) and the current structure across the Korea/Tsushima Strait (KTS) using observational data and numerical simulation results. Variability of the Kuroshio in the southern ECS was obtained from moored current measurements located near the Kuroshio axis for 2 years (June 2015-June 2017), while current pattern across the KTS was obtained from acoustic Doppler current profiler (ADCP) measurements by a ferryboat between Hakata and Pusan. Comparisons between the two time series of observations reveal a significant relationship : when the Kuroshio in the southern ECS was strengthened the current in the western channel of KTS was also strengthened with a shift of the Tsushima Current (TC) to the coast. This correlated feature was also seen in the data-assimilated HYCOM, confirming that the HYCOM can reasonably reproduce the current field in the ECS. Further investigations using 25-year-long HYCOM outputs exhibit that the Kuroshio can vary the TC in the KTS. This presentation will show the connectivity of current fields in the northern ECS to the Kuroshio in the southern ECS.

Keywords: Kuroshio, East China Sea, observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 105 1F

[A-OS08] ECS-Kuroshio and Ryukyu Current System -Observation, modeling and theory-

コンビーナ:中村 啓彦(鹿児島大学　水産学部)、Xiao-Hua Zhu(Second Institute of Oceanography)、座長:Jae-Hun Park(Inha University)、中村 啓彦(鹿児島大学)

The East China Sea (ECS) is separated from the North Pacific basin by the Ryukyu Islands. On each side of the Ryukyu Islands, there lies two western boundary currents -the Kuroshio on the northwest and the Ryukyu Current on the southeast. These two currents play an important role in the global substance cycle and have a remarkable impact on the climate and adjacent marginal seas. Our knowledge of the Kuroshio and the Ryukyu Current's dynamics, variability, and impact has advanced significantly over the last decade, because of recent international collaborative field programs, improvement in satellite measurements, and advancement in high-resolution numerical models. This session seeks contributions from ECS-Kuroshio and Ryukyu Current studies and will cover a wide range of topics of observation, modeling and theory. The dynamics of the Kuroshio and the Ryukyu Current's variability at all spatio-temporal scales, the influence of the Kuroshio on typhoons and climate, the interactions among the Kuroshio, Ryukyu Current and eddies, internal waves including near-internal waves and their interactions with background currents, and the water mass exchanges through the gaps between the Ryukyu Islands are welcome to be discussed in this session.

15:30 ~ 15:35

Introduction

15:35 ~ 15:55

[AOS08-06] Separating Small-Scale Oceanic Internal Waves and Vortical Motions

★Invited Papers

*Ren-Chieh Lien[1] (1.University of Washington, Seattle, WA, USA)

15:55 ~ 16:10

[AOS08-07] Structure and variability of the Kuroshio current in the Tokara Strait

*劉 昭君[1]、中村 啓彦[2]、朱 小華[1]、仁科 文子[2]、郭 新宇[3]、Menghong Dong[1] (1.Second Institute of Oceanography, China、2.Kagoshima University, Japan、3.Ehime University, Japan)

16:10 ~ 16:25

[AOS08-08] **Near-inertial waves advected by the Kuroshio from observation and simulation**

*CHANHYUNG JEON[1]、Jae-Hun Park[1]、Hirohiko Nakamura[2]、Ayako Nishina[2]、Xiao-Hua Zhu[3]、Dong Guk Kim[4]、Hong Sik Min[4]、Sok Kuh Kang[4]、Hanna Na[5]、Naoki Hirose[6]、Youngseok Choi[1] (1.Inha University、2.Kagoshima University、3.Second Institute of Oceanography、4.Korea Institute of Ocean Science and Technology、5.Seoul National University、6.Kyushu University)

16:25 ~ 16:40

[AOS08-09] Turbulent mixing and near-inertial internal waves induced by the Kuroshio over seamounts in the Tokara Strait

*長井 健容[1]、長谷川 大介[2]、堤 英輔[3]、中村 啓彦[4]、仁科 文子[4]、千手 智晴[3]、遠藤 貴洋[3]、松野 健[3]、井上 龍一郎[5]、Amit Tandon[6] (1.東京海洋大学 海洋環境科学部門、2.東北区水産研究所・国立研究開発法人水産研究・教育機構、3.九州大学応用力学研究所、4.鹿児島大学　水産学部、5.海洋研究開発機構、6.マサチューセッツ大学ダートマス校)

16:40 ~ 16:55

[AOS08-10] Microstructure and mooring observations of enhanced mixing in the Kerama Gap

*井上 龍一郎[1]、中村 啓彦[2]、田中 雄大[3]、藤尾 伸三[4]、柳本 大吾[4]、安田 一郎[4] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構 、2.鹿児島大学水産学部、3.国立研究開発法人水産研究・教育機構東北区水産研究所 、4.東京大学大気海洋研究所)

16:55 ~ 17:00
Discussion

Separating Small-Scale Oceanic Internal Waves and Vortical Motions

*Ren-Chieh Lien[1]

1. University of Washington, Seattle, WA, USA

Internal waves and vortical motions coexist in the ocean, sometimes at same temporal and spatial scales. Observations taken by 20 EM-APEX floats in the upper ocean thermocline of the summer Sargasso Sea capture the temporal and vertical variations of Ertel potential vorticity (PV) in 7–70 m vertical scale, averaged over horizontal scales of *O*(4–8 km). PV is dominated by its linear components —vertical vorticity and vortex stretching, each with rms value of ~0.15 *f*. In the internal wave frequency band, they are coherent and in phase, expected for linear internal waves. Packets of strong vertical vorticity and vortex stretching, > 0.2 *f*, balance each other closely such that the rms PV ~0.03 *f*. PV is dominant at frequencies less than 1.4 *f* and peaks at vertical wavenumber *<~0.1* cpm , our highest resolvable vertical wavenumber. PV frequency spectrum plateaus at subinertial frequencies and has a −1 spectral slope in the internal wave frequencies with a small peak at inertial frequency. The PV at near-inertial frequency is likely attributed to the differential advection of background PV by near inertial waves. Measurement errors might also contribute to PV in the internal wave frequency band. Vertical vorticity and vortex stretching are separated into linear vortical mode and internal wave components following the normal mode decomposition. The theoretical prediction of a negative correlation between vertical vorticity and vortex stretching for the linear vortical mode, i.e., reinforcing PV, is confirmed at subinertial frequencies. The Burger number of the vortical mode is ~0.84, implying HKE/APE of ~0.7. The vortical mode frequency and vertical wavenumber spectra are 1-2 decades less than internal wave components. A joint experiment will be conducted in Tokara Strait in the next 3 years to study Kuroshio interaction with seamounts in Tokara Strait. We will discuss the importance of separating internal lee waves and vortical motions behind the seamount on quantifying turbulence mixing and watermass transformation.

Keywords: Internal Lee Waves, Vortical Motions, Turbulence, Kuroshio, Tokara Strait

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structure and variability of the Kuroshio current in the Tokara Strait

Structure and variability of the Kuroshio current in the Tokara Strait

*劉 昭君[1]、中村 啓彦[2]、朱 小華[1]、仁科 文子[2]、郭 新宇[3]、Menghong Dong[1]
*Zhao-Jun Liu[1], Hirohiko Nakamura[2], Xiao-Hua Zhu[1], Ayako Nishina[2], Xinyu Guo[3], Menghong Dong[1]

1. Second Institute of Oceanography, China、2. Kagoshima University, Japan、3. Ehime University, Japan
1. Second Institute of Oceanography, China, 2. Kagoshima University, Japan, 3. Ehime University, Japan

Transverse-vertical structure and temporal variability of the Kuroshio current across the Tokara Strait during 2003–2012 measured by ferryboat acoustic Doppler current profiler (ADCP) with a 2-km horizontal resolution and a 2-day interval are presented. The Kuroshio passing through the Tokara Strait exhibits a nearly permanent multicore velocity structure. The mean eastward Kuroshio transport is 25.84 Sv (1 Sv ≡10^6 m^3 s^{-1}) and the net baroclinic transport relative to 700 m is 19.57 Sv. The seasonal variation of the Kuroshio transport via the Tokara Strait is a “W”-shaped curve with a maximum in July and a second maximum in December–January. The baroclinic transport shows seasonal variation similar to that of the undecomposed transport, with a maximum in July. However, the barotropic transport displays a reversed seasonal variation—a “V”-shaped distribution—with a maximum in December. In the empirical orthogonal function (EOF) analyses of the cross-sectional velocity, with the exception of the well-known meander (EOF1: 41.1%) and transport (EOF2: 26.3%) modes, the third mode (EOF3: 19.2%) is first observed. The EOF3 mode exhibits a band-like structure, with a smaller horizontal scale than the first two EOF modes; such a band-like structure may be related to the wakes in the lee of the Tokara Islands. Additional analysis based on high-resolution JCOPE-T reanalysis data revealed that (1) many vortexes were generated around the Tokara Strait due to the strong flow-topography interaction; (2) the intensities of the island-induced wakes depend on the Kuroshio path position around the Tokara Strait.

キーワード：Tempo-spatial variations、Kuroshio、Tokara Strait
Keywords: Tempo-spatial variations, Kuroshio, Tokara Strait

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Near-inertial waves advected by the Kuroshio from observation and simulation

*CHANHYUNG JEON[1], Jae-Hun Park[1], Hirohiko Nakamura[2], Ayako Nishina[2], Xiao-Hua Zhu[3], Dong Guk Kim[4], Hong Sik Min[4], Sok Kuh Kang[4], Hanna Na[5], Naoki Hirose[6], Youngseok Choi[1]

1. Inha University, 2. Kagoshima University, 3. Second Institute of Oceanography, 4. Korea Institute of Ocean Science and Technology, 5. Seoul National University, 6. Kyushu University

Advection of near-inertial waves (NIWs) by background currents has been predicted using numerical simulations, while supporting in-situ observations were rare. A pair of tall current moorings, deployed around 26˚N and 125˚E in Okinawa Trough from June 2015 to June 2016, provides a clear evidence exhibiting NIWs advected by the Kuroshio. Energetic NIWs are observed after two-typhoon passages in early August and late September 2015. Both typhoon passages occurred across the Kuroshio east of Taiwan upstream of the observation sites about 250-km southwest with a difference of about 2-degree in latitude. One site (KCM1), relatively close to the center of the Kuroshio axis, exhibits more energetic NIWs than near the edge of the Kuroshio (KCM2), ~32 km away from KCM1. The frequency of NIWs shifts to the lower band from the local inertial frequency (0.91*f*), inferring propagation from the south. The data-assimilative three-dimensional numerical model forced by 6-hourly atmospheric forcings including tides and oceanic circulation demonstrates local NIW generation is weak at observation sites during and after typhoon passages, while its generation upstream of observation sites is quite energetic. Current patterns and frequency shifts of NIWs between observation and simulation agree well at observation sites. Analyses of simulation provide that negative relative vorticity region works like a waveguide for NIW propagation, and the strong Kuroshio current advects the waves poleward with a speed ~85% of the local current.

Keywords: Near-inertial waves, Advection, Kuroshio, observation, simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Turbulent mixing and near-inertial internal waves induced by the Kuroshio over seamounts in the Tokara Strait

*長井 健容[1]、長谷川 大介[2]、堤 英輔[3]、中村 啓彦[4]、仁科 文子[4]、千手 智晴[3]、遠藤 貴洋[3]、松野 健[3]、井上 龍一郎[5]、Amit Tandon[6]
*Takeyoshi Nagai[1], Daisuke Hasegawa[2], Eisuke Tsutsumi[3], Hirohiko Nakamura[4], Ayako Nishina[4], Tomoharu Senjyu[3], Takahiro Endoh[3], Takeshi Matsuno[3], Ryuichiro Inoue[5], Amit Tandon[6]

1. 東京海洋大学 海洋環境科学部門、2. 東北区水産研究所・国立研究開発法人水産研究・教育機構、3. 九州大学応用力学研究所、4. 鹿児島大学　水産学部、5. 海洋研究開発機構、6. マサチューセッツ大学ダートマス校
1. Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Tohoku National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 3. Kyushu University, Research Institute for Applied Mechanics, 4. Faculty of Fisheries Kagoshima University, 5. Ocean Circulation Research Group, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Mechanical Engineering Department & SMAST, University of Massachusetts Dartmouth

Recent observations in the upstream side of the Tokara Strait during November 2016, where the Kuroshio south of Kyushu flows over a number of seamounts, show banded structures of large amplitude high vertical wavenumber shear roughly along isopycnal, which are suggestive of near-inertial internal waves. The measured vertical section of laterally high resolution (~1 km) tow-yo microstructure measurements show the banded layers of large turbulent kinetic energy dissipation rates clearly associated with the near inertial shear banding. In this study, the results from the similar tow-yo microstructure surveys during November 2017 and June 2018 cruise, which are extended further downstream side of the Tokara Strait in the Kuroshio are analyzed. It is found that the high vertical wavenumber near-inertial shear is amplified near the seamounts in the Kuroshio, and that turbulent kinetic energy dissipation rates are elevated near the seamounts over 100 km along the Kuroshio axis by a factor of 100-1000. This length scale, over 100 km, is much larger than that of the hydraulically controlled isopycnal displacements with large Froude number in close proximity to the seamounts ~5km. In the presentation, mechanisms of the amplified near-inertial shear and elevated turbulence over such a wide length scale are discussed with the results from June 2018 cruise and using numerical simulations with and without tide.

キーワード：黒潮、近慣性内部波、乱流
Keywords: Kuroshio, Near-inertial internal waves, Turbulence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microstructure and mooring observations of enhanced mixing in the Kerama Gap

*井上 龍一郎[1]、中村 啓彦[2]、田中 雄大[3]、藤尾 伸三[4]、柳本 大吾[4]、安田 一郎[4]
*Ryuichiro Inoue[1], Hirohiko Nakamura[2], Takahiro Tanaka[3], Shinzou Fujio[4], Daigo Yanagimoto[4], Ichiro Yasuda[4]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構 、2. 鹿児島大学水産学部、3. 国立研究開発法人水産研究・教育機構東北区水産研究所 、4. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kagoshima University, Faculy of Fisheries, 3. Tohoku National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 4. The University of Tokyo, Atmosphere and Ocean Research Institute

Microstructure and mooring observations were conducted around the Kerama Gap, near the midpoint of the Ryukyu Island chain, in December 2016. We observed the enhanced mixing near the topography, with vertical diffusivities of 10^{-2}~10^{-1} m^2 s^{-1} and found that tides are important to drive the enhanced mixing at the sill. To understand tidal processes, we conducted two-dimensional numerical simulations. The numerical simulation indicated that hydraulic jump or lee wave breaking are important for the enhanced mixing behind the sill. It also indicated that there are interferences between M2 internal tides radiated from entrance and exit of the Kerama Gap, which may correspond to observed enhanced vertical shear and mixing at a bottom of the North Pacific Intermediate Water in the Kerama Gap. These results suggest that enhanced mixing around Kerama Gap is important for ventilating deep water as well as renewal of the North Pacific Intermediate Water in the Okinawa Trough.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 301A 3F

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)、座長:升本 順夫、Swadhin Behera(海洋研究開発機構)

本セッションは2010年大会から2018年大会まで9回にわたって開催してきた。初期はENSO/IODと河川流出について、中期は特に原発事故による河川流出に注力した。いずれのテーマも今日まで継続しており、研究成果と発表を経ている。例年宇宙分野との連携を探って来た。昨年度より、特に地球惑星システムと、他の惑星における水循環についての話題に地球惑星科学全体で「海洋」に関する関心は高く、特に木星衛星（エウロパなど）の内部海、古火星の海、そして太陽系外惑星の海などがある。これらの全てにおいて、陸域（固相）・海洋（液相）の関連が重要となっている。今年度のテーマは、地球における陸域・海洋におけるモデリング・リモートセンシングによる計算・観測技術と、それらを火星などの惑星観測とモデリングにおいてどのように応用可能であるかの視点について議論を進める。

9:00 ~ 9:15

[AOS11-01] Explorations and current understandings for subsurface ocean of icy bodies

★Invited Papers

*木村 淳[1] (1.大阪大学)

9:15 ~ 9:30

[AOS11-02] Climate predictability for societal applications including AI/ML

*Swadhin Behera[1]、Manali Pal[2]、J.V. Ratnam[1]、Rajib Maity[2]、Takeshi Doi[1]、Yushi Morioka[1]、Masami Nonaka[1] (1.Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001、2.Indian Institute of Technology, Kharagpur, India)

9:30 ~ 9:45

[AOS11-03] Re-entry of giant-impact fragments and early evolution of the Earth's ocean

*佐々木 貴教[1] (1.京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)

9:45 ~ 10:00

[AOS11-04] Modeling of Extreme Freshwater Discharge and influence from Japanese First-Class Rivers to Coastal zones

*黒木 龍介、山敷 庸亮[1]、Varlamov Sergey[2]、宮澤 泰正[2]、Racault Marie[3]、Hoshin Gupta[4] (1.京都大学、2.Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Japan、3.Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom、4.University of Arizona)

10:00 ~ 10:15

[AOS11-05] Establishment of new curriculum at Biosphere 2

*三木 健司[1]、土井 隆雄[2]、山敷 庸亮[3]、寺田 昌弘[2] (1.京都大学大学院農学研究科、2.京都大学宇宙総合学研究ユニット、3.京都大学総合生存学館)

10:15 ~ 10:30

[AOS11-06] Development of the highly precise high-speed photometry technique with the photometer mounted with PIRKA telescope

*木村 なみ[1] (1.北海道大学)

Explorations and current understandings for subsurface ocean of icy bodies

*木村 淳[1]
*Jun Kimura[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

Most of solid bodies in the outer solar system, around Jupiter's orbit and beyond, are covered with ice on its surface, which are called as "Icy bodies".
In these icy bodies, e.g., Jovian moon Europa and Saturnian moon Enceladus, existence of the global liquid water ocean under the icy crust, called as "subsurface ocean", has been strongly suggested through the past remote sensing (mainly by geodetic and electromagnetic measurement) and theoretical modelling.
In this talk, I introduce the results of previous observations and theoretical calculations, and summarize the current
understandings focusing on the geophysical knowledge about the subsurface ocean of icy bodies.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Climate predictability for societal applications including AI/ML

*Swadhin Behera[1], Manali Pal[2], J.V. Ratnam[1], Rajib Maity[2], Takeshi Doi[1], Yushi Morioka[1], Masami Nonaka[1]

1. Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001, 2. Indian Institute of Technology, Kharagpur, India

The tropical Indo-Pacific domain is important for global climate. Particularly, the warm pool region rooted in both basins plays an important role in the modulation of ocean and atmosphere variability on several spatio-temporal scales. While both basins share the extended warm pool, each of the two basins has its own modes of ocean and climate variations. Tropical Pacific Ocean is well-known for the El Niñ o/Southern Oscillation (ENSO) phenomenon, the influence of which is seen world-wide during ENSO occurrence years. Recently, another mode of climate variability called the ENSO Modoki is discovered in the tropical Pacific Ocean. The ENSO Modoki is distinct from ENSO in terms of its characteristics and global impacts. Therefore, predictability of ENSO and ENSO Modoki is important for reducing their impacts on the society. Coupled models like SINTEX-F has been predicting the ENSO Modokis quite well. Here an attempt is made to compare those predictabilities using predictions from an AI/ML based statistical approach.

Keywords: ENSO , ENSO Modoki, Prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Re-entry of giant-impact fragments and early evolution of the Earth's ocean

*佐々木 貴教[1]
*Takanori Sasaki[1]

1. 京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室
1. Department of Astronomy, Kyoto University

The late stages of Earth's formation remain a mystery. No building blocks remain in Earth's orbit and no geological evidence is available for the first 700 million years Earth's history. Herein we propose that protoplanetary fragments produced by the giant impacts during terrestrial planet formation may give some important clues to the era. Iron-bearing giant impact fragments provide significant reducing agent that could transform primitive CO2–H2O atmosphere and ocean into more reducing H2-bearing atmosphere. Re-entry of the giant-impact fragments into eary Earth would be important for the origin of Earth’ s life and its early evolution.

キーワード：地球、海洋、巨大衝突
Keywords: Earth, ocean, giant impact

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modeling of Extreme Freshwater Discharge and influence from Japanese First-Class Rivers to Coastal zones

Modeling of Extreme Freshwater Discharge and influence from Japanese First-Class Rivers to Coastal zones

*黒木 龍介、山敷 庸亮[1]、Varlamov Sergey[2]、宮澤 泰正[2]、Racault Marie[3]、Hoshin Gupta[4]
*Ryusuke Kuroki, Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Sergey Varlamov[2], Yasumasa Miyazawa[2], Racault Fanny Marie[3], Hoshin Vijai Gupta[4]

1. 京都大学、2. Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Japan、3. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom、4. University of Arizona
1. Kyoto University, 2. Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Japan, 3. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom, 4. University of Arizona

We estimated the effects of extreme fresh water discharge from Japanese first-class rivers to coastal zones of the Japanese coast. Our targeted event was a typhoon Etau from 06/09/2015 to 12/09/2015, a week, and we could success to optimize 5 parameters, soil roughness coefficient, river roughness coefficient, effective porosity, saturated hydraulic conductivity, and effective rainfall by using Shuffled Complex Evolution method developed by University of Arizona (SCE-UA method), that is one of the optimization method for hydrologic model during this week. In addition to this, we made a set of hourly simulated river outflow data of almost all of Japanese first-class rivers from these basins to the Pacific Ocean and the Sea of Japan during the period by using our model “Cell Distributed Runoff Model Version 3.1.1 (CDRMV3.1.1)”. After the simulation, we used these calculated discharge data with a coupled hydrological-oceanographic model JCOPE-T for estimation of sea surface salinity distribution (SSS) in Japanese coastal zones. And simulated SSS results were verified by comparison with Chlorophyll-a distribution, observed by satellite re-mote sensing. Therefore we successfully reproduced peak discharge prediction of extreme typhoon events on river mouth and the coastal oceanic circulation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Establishment of new curriculum at Biosphere 2

*三木 健司[1]、土井 隆雄[2]、山敷 庸亮[3]、寺田 昌弘[2]
*Kenji Miki[1], Takao Doi[2], Yosuke Yamashiki[3], Masahiro Terada[2]

1. 京都大学大学院農学研究科、2. 京都大学宇宙総合学研究ユニット、3. 京都大学総合生存学館
1. Kyoto University Graduate School of Agriculture, 2. Kyoto University Unit of Synergetic Studies for Space, 3. Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability

We are currently planning to start up a new practical training programme at Biosphere 2 under a contract between Kyoto University and Arizona State University.
Biosphere 2 was established in1991 and was designed to produce a closed-complete ecosystem in the institute. Although the ecosystem-establishment was not fully successful, the institute still has been used for various research such as ecology, terraforming, and closed-environental impact to human health.
Our practical training programme will include hands-on training for exoplanet observation, and lectures about water-cycle and atmospheric science.
Although the programme is going to be carried out in August 2019, the pilot programme were put into practice with ten participants including lecturers and students from the states and Japan.
At the conference, we would give a presentation about the detailed programme schedule and expected educational and academic results from this programme.

キーワード：Biosphere 2、エコシステム
Keywords: Biosphere 2, ecosystem

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the highly precise high-speed photometry technique with the photometer mounted with PIRKA telescope

*木村 なみ[1]
*Nami Kimura[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

There is a few striped pattern on Jupiter when we observe by visible light, and we can see white bands called " belt” and dark band called " zone". The cloud top altitude is high at zone, low at belt by infrared observation.Various models are proposed to figure out, but we cannot elucidate the mechanism of this large scale structure.The Galileo datas tell us that the zonal jets are located on boundaries between the belts and zones, with the westward jets on the poleward edges of belts and the eastward jets on the poleward edges of zones.It is still not clear that the wind occurs by sun light in atmospheric layer or internal heat source makes the global structure including the wind.One of the mechanism making zonal wind is that small eddies combine each other and make eddy flow, but it is not sufficiently to observe the cumulonimbus the source of small eddies. In the case of thunders of the earth, the study of the activity of cumulonimbus such a strong upward current and thunder storms makes progress. Upward current can help hydrologic cycle. There is a relationship of frequency of thunders and the altitude go the cumulonimbus on the earth, and the CMC is known to be proportion to brightness of the thunder, too. I developed a photometer equipped to PIRKA telescope to arrest the time change and the frequency of thunder lightning in the Jupiter.First I estimated the time of the duration and freqency and spatial distribution of lightnings of Jupiter by using parameters of lightnings on the earth and observation data of satellites.Then it is necessary to divide into 10 to observe lightning activity which continue 1ms and to focus on one cumulonimbus and to get high signal-noise ratio. I designed the equipment which can achieve these numerical goal and examined observation methods for example exposure time and field of view.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 301A 3F

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)、座長:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、佐々木 貴教(京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室)

本セッションは2010年大会から2018年大会まで9回にわたって開催してきた。初期はENSO/IODと河川流出について、中期は特に原発事故による河川流出に注力した。いずれのテーマも今日まで継続しており、研究成果と発表を経ている。例年宇宙分野との連携を探って来た。昨年度より、特に地球惑星システムと、他の惑星における水循環についての話題に地球惑星科学全体で「海洋」に関する関心は高く、特に木星衛星（エウロパなど）の内部海、古火星の海、そして太陽系外惑星の海などがある。これらの全てにおいて、陸域（固相）・海洋（液相）の関連が重要となっている。今年度のテーマは、地球における陸域・海洋におけるモデリング・リモートセンシングによる計算・観測技術と、それらを火星などの惑星観測とモデリングにおいてどのように応用可能であるかの視点について議論を進める。

10:45 ~ 11:00

[AOS11-07] The Drivers of early Archean Earth’s Hydrology: Resolving the Faint Young Sun's Paradox

★Invited Papers

*Vladimir Airapetian[1]、Guillaume Gronoff[2]、Michael Way[3]、Meng Jin[4] (1.NASA Goddard Space Flight Center/SEEC and American University、2.NASA LaRC/SSAI、3.NASA GISS/SEEC、4.SETI)

11:00 ~ 11:15

[AOS11-08] Experimental study on elementary hydrological process of rainfall in a forested continental hinterland

*村上 茂樹[1] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所　九州支所)

11:15 ~ 11:30

[AOS11-09] Radiological Assessment of Martian and Terrestrial Surface during Young Sun

*山敷 庸亮[1]、前原 裕之[6]、野津 湧太[3]、佐藤 達彦[2]、アイラペディアン ウラジミール[7]、野津 翔太[3]、黒木 龍介[1]、村嶋 慶哉[5]、佐藤 啓明[4]、坂東 日菜[5]、行方 宏介[3]、佐々木 貴教[3]、スコット トーマス[8]、野上 大作[3]、柴田 一成[9] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.日本原子力機構、3.京都大学大学院理学研究科、4.京都大学工学部、5.京都大学理学部、6.国立天文台、7.NASAゴダード宇宙飛行センター、8.ブリストル大学、9.京都大学理学部附属花山天文台)

11:30 ~ 11:45

[AOS11-10] Evaluation of scintillator detection materials for application within environmental radiation monitoring

*Peter George Martin[1]、D. Connor[1]、M. Lowden[1]、T. B. Scott[1] (1.School of Physics, University of Bristol, Bristol, UK)

11:45 ~ 12:00

[AOS11-11] The important factors for future human space activity in terms of space medicine

*寺田 昌弘[1]、山敷 庸亮[1]、三木 健司[1]、辻廣 智子[1]、土井 隆雄[1] (1.京都大学　宇宙総合学研究ユニット)

12:00 ~ 12:15

[AOS11-12] Storm Surge Response to Freshwater Outflow from Typhoons on the Ibaraki Coast

*Josko Troselj[1]、Nobuhito Mori[1] (1.Coastal Engineering Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

The Drivers of early Archean Earth’ s Hydrology: Resolving the Faint Young Sun's Paradox

*Vladimir Airapetian[1], Guillaume Gronoff[2], Michael Way[3], Meng Jin[4]

1. NASA Goddard Space Flight Center/SEEC and American University, 2. NASA LaRC/SSAI, 3. NASA GISS/SEEC, 4. SETI

Understanding how the early Archean Earth supported standing bodies of liquid surface water under the faint young Sun is one of the greatest challenges of modern science. Can this problem be resolved as a part of the puzzle of understanding of the origin of building blocks of life on early Earth? Here, we present a new concept of how these two pieces of the mystery of life can be reconciled if we reconstruct the eruptive history of space weather from the young Sun at the time when life started on Earth. Our three-dimensional (3D) magnetohydrodynamic model of the young Sun suggests that energetic protons can be accelerated in shock waves driven by frequent and powerful Coronal Mass Ejection events and Corotating Interacting Regions produced by the young Sun's wind. Accelerated protons at energies > 300 MeV penetrated into the nitrogen-rich weakly reducing atmosphere and initiated the reactive chemistry by breaking molecular nitrogen, carbon dioxide, and methane, producing nitrous oxide, the potent greenhouse gas, and hydrogen cyanide, an essential feedstock molecule of life. Our Global Climate Model, ROCKE-3D, suggests that at 4(1000) ppmv of nitrous oxide produced in a 1(0.5) bar atmospheres outputs the mean annualized Earth’ s temperature of +16(5.2)C, and thus may provide a resolution of the FYS paradox and explain the presence of early oceans.

Keywords: Earth, Sun, climate, chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental study on elementary hydrological process of rainfall in a forested continental hinterland

*村上 茂樹[1]
*Shigeki Murakami[1]

1. 国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所　九州支所
1. Kyushu Research Cente, Forestry and Forest Products Research Institute

There is an observational fact that a rainfall amount is constant or increases with increasing the distance from the coast (x) in a forest covered continent up to a few thousands kilometers, e.g. Amazon and Yenisei river basins. However, it contradicts the basic law of hydrology as shown in Fig 1a; rainfall (P) is partitioned into evapotranspiration (ET) and discharge (Q) that means P_0 at $x = x_0$ is larger than P_1 at $x = x_1$ ($x_0 < x_1$), because $P_0 = ET_0 + Q_0$ and $P_1 =< ET_0$. The contradiction is solved by Makarieva and Gorshkov (2007, hereafter refer to MG 2007) in which they proposed Biotic Pump of Atmospheric Moisture (BP) as illustrated in Fig. 1b. The principle of BP is that ET from forests (ET(F)) is greater than that from the ocean (ET(O)) that is the driving force to transport moisture from the ocean to a forested continental hinterland.

Nonetheless, MG (2007) and their series of studies did not explicitly mention the reason of large ET from forests. It is great in forests because evaporation of canopy interception (hereafter refer to interception; typically some 20% of rainfall) at the time of rainfall is larger than that from any other vegetative surfaces, though the amount of transpiration is similar independent of vegetation types under a certain climate condition.

Some studies showed that interception is proportional to the rainfall amount on an hourly basis. For example Hashino et al. (2012) observed evaporation rate of more than 10 mm/hour during rainfall that requires latent heat of five times as large as the solar constant. To explain such huge amount of evaporation during rainfall Murakami (2006) proposed splash droplet evaporation mechanism. I believe it is the only explanation of enormous evaporation because small droplets can evaporate and disappear quickly even under very high humidity based on the theory and experiments of cloud physics. On top of that, latent heat is supplied from clouds upon condensation of water vaper. However, splash droplet evaporation along with BP is still a hypothesis.

To prove the splash droplet evaporation hypothesis stable isotope of water is used. Over 1000 of rainwater samples were collected on an hourly basis both under the forest canopy and at the opening simultaneously (Fig. 2). The isotopic ratios are measured and are being analyzed in combine with the meteorological data. The outline of the methodology is presented at the meeting.

References

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hashino, M., Yao H., Tamura T. 2010 Micro-Droplet Flux in Forest and its Contribution to Interception Loss of Rainfall –Theoretical Study and Field Experiment. Journal of Water Resource and Protection, 2, 872-879. DOI: 10.4236/jwarp.2010.2101

Makarieva, A. M., Gorshkov V. G. 2007 Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. 11, 1013–1033. DOI: 10.5194/hess-11-1013-2007

Murakami, S. 2006 A proposal for a new forest canopy interception mechanism: Splash droplet evaporation. Journal of Hydrology, 319, 72-82. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.07.002

キーワード：Biotic Pump of Atmospheric Moisture、canopy interception、splash droplet evaporation、stable isotope of water
Keywords: Biotic Pump of Atmospheric Moisture, canopy interception, splash droplet evaporation, stable isotope of water

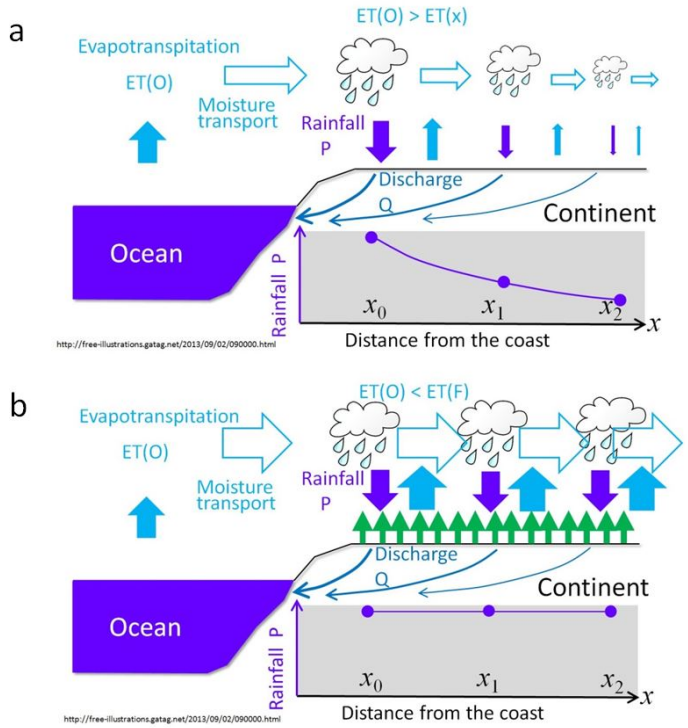


Fig. 1

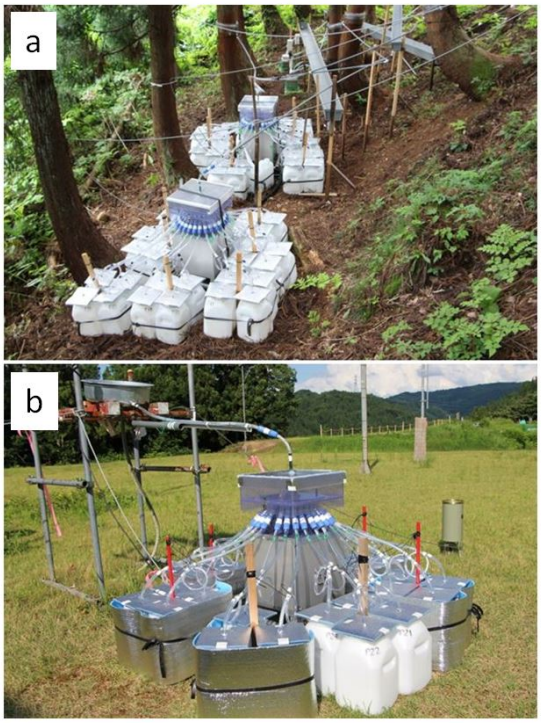


Fig. 2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiological Assessment of Martian and Terrestrial Surface during Young Sun

*山敷 庸亮[1]、前原 裕之[6]、野津 湧太[3]、佐藤 達彦[2]、アイラペディアン ウラジミール[7]、野津 翔太[3]、黒木 龍介[1]、村嶋 慶哉[5]、佐藤 啓明[4]、坂東 日菜[5]、行方 宏介[3]、佐々木 貴教[3]、スコット トーマス[8]、野上 大作[3]、柴田 一成[9]
*Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Hiroyuki Maehara[6], Yuta Notsu[3], Tatsuhiko Sato[2], Airapetian Vladimir[7], Shota Notsu[3], Ryusuke Kuroki[1], keiya murashima[5], Hiroaki Sato[4], Hina Bando[5], Kosuke Namekata[3], Takanori Sasaki[3], Scott Thomas[8], Nogami Daisaku[3], Kazunari Shibata[9]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. 日本原子力機構、3. 京都大学大学院理学研究科、4. 京都大学工学部、5. 京都大学理学部、6. 国立天文台、7. NASAゴダード宇宙飛行センター、8. ブリストル大学、9. 京都大学理学部附属花山天文台
1. Earth & Planetary Water Resources Assessment Laboratory Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Graduate School of Science, Kyoto University, 4. School of Engineering, 5. School of Science, 6. National Astronomical Observatory of Japan, 7. NASA / Goddard Space Flight Center, 8. University of Bristol , 9. Kwasan Astronomical Observatory, Kyoto University

For a terrestrial planetary system, during the initiation period of planetary formation, the activity of a young Sun is extremely important in order to comprehend the atmospheric behavior of the planet. Relatively lower luminosity associated with lower surface temperature of the young Sun brings the planets a cooler surface environment. Terrestrial and Martian surfaces become icy cold in this environment without considering extensive GHG formation. Within such environments, the dose from SEP from a young Sun might play an important role in primordial atmospheric composition.

Here, we propose a reasonable radiological assssessment of the possible exposure intensity in SEP from a young Sun, by evaluating the possible magnitude and frequency of early solar flares by using possible star spot area, derived from their rotational period. We evaluated annual and maximum flare energy in different cases of solar spot areas for 3 %, 5 % ,and 10 % of solar surfaces. The maximum dose at the Martian TOA reaches 5.86 k Gy (265 Sv) when the solar spot area reaches 10 % of the solar surface. Such higher radiation dose may have influenced significantly atmospheric composition of Early Mars and Young Earth.

キーワード：若い太陽、太陽フレア、放射線環境
Keywords: Young Sun, Solar Flare, Radiological Condition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of scintillator detection materials for application within environmental radiation monitoring

*Peter George Martin[1], D. Connor[1], M. Lowden[1], T. B. Scott[1]

1. School of Physics, University of Bristol, Bristol, UK

The last five years has seen the unabated growth in the number of airborne platforms performing radiation mapping –each using various iterations of low-altitude unmanned aerial vehicle (UAV). Alongside the associated advancements in the base airborne system transporting the radiation detection payload, from the earliest radiological analyses performed using gas-filled Geiger-Muller tube detectors, modern radiation mapping platforms are now based near-exclusively on solid-state scintillator (and to a lesser-extent semiconductor) detectors. With numerous types of these light-emitting crystalline materials now in existence, this combined desk and computational modelling study sought to evaluate the best-available detector material compatible with the requirements for low-altitude autonomous radiation mapping –of naturally-occurring but also anthropogenically-derived radionuclides.

Aside from ground-based radiation surveying undertaken by humans; environmental mapping of radiation distribution (resulting from both anthropogenic activities as well as from naturally-occurring radioactive material) has been performed historically using manned, fixed-wing aircraft. In contrast to the more limited detector volumes carried during on-ground operations (due to size and weight practicalities), the systems carried during these extensive spatial extent aerial surveys are typically not less than 33 litres in detector volume. For the gamma-ray measurements of naturally-occurring radionuclides, the key emission peaks are associated with the daughter products of the U (^{214}Bi) and Th (^{208}Tl) decay chains, alongside a strong contribution from radiogenic potassium (^{40}K). In contrast to the higher-energy (>1.0 MeV) gamma-ray emissions characteristic of the aforementioned naturally-occurring radionuclides, the primary anthropogenically-derived radionuclide released into the environment in extensive quantities during an emergency release event (such as at both Fukushima and Chernobyl) is radiocesium –specifically ^{137}Cs (half-life: 30.17 years), which emits a single gamma-ray photon at 0.662 MeV.

While the currently and widely-used NaI and CsI (both of which are Tl-doped) are the mainstays of radiation monitoring, during this study, LaBr scintillator detectors were determined to possess not only a greater sensitivity to incident gamma-radiation, but also a far superior spectral (energy) resolution over existing detector materials. Combined with their current competitive cost, an array of three such composition cylindrical detectors were determined to provide the best means of detecting and discriminating the various incident gamma-rays incident onto the detector owing to both naturally-occurring or anthropogenically-derived sources.
In this talk, we will present the results of multiple GEANT4 simulations that will inform the potential future development of the next generation of radiation detection materials and their optimal configurations for deployment.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The important factors for future human space activity in terms of space medicine

*寺田 昌弘[1]、山敷 庸亮[1]、三木 健司[1]、辻廣 智子[1]、土井 隆雄[1]
*Masahiro Terada[1], Yosuke Yamashiki[1], Kenji Miki[1], Satoko Tsujihiro[1], Takao Doi[1]

1. 京都大学　宇宙総合学研究ユニット
1. Kyoto University, Unit of Synergetic Studies for Space

When humans stay in space for long term, our body has various phyisiological effects by the specific space environments. Recently, space agency, such as NASA and JAXA, has the plan to send human to Moon or Mars. Therefore, it is very important to understand how we are effected during space staying. For example, our skeletal muscles on the leg become atrophy and bone volume decrease by spaceflight. And, astronauts must spend time in closed environment during human space mission. So, we need to know the mental or emotional changes during space mission.
Now, we have space camps which is simulated for future space misson. In this time, I will present the phyisiological data of mental factors in simulated space camps.

キーワード：宇宙医学、有人宇宙活動、隔離環境
Keywords: Space medicine, Human space activity, Closed environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Storm Surge Response to Freshwater Outflow from Typhoons on the Ibaraki Coast

*Josko Troselj[1], Nobuhito Mori[1]

1. Coastal Engineering Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Introduction and Objective

Collaborative results (Troselj et al., 2017) have permitted for the first time to quantitatively evaluate the influence of extreme freshwater outflow to the coastal ocean due to typhoon passage by combining river and ocean models using hourly time step data and remote-sensing technology. They found that projection of coastal Sea Surface Salinity was improved (up to 10 PSU difference) and became more realistic with included freshwater impact and concluded that extreme events freshwater outflows significantly decrease Sea Surface Salinity distribution in the coastal zone.

With the advance of weather forecasting systems and specific availability of forecasting typhoon trajectory and intensity, the research team aims to be able to apprehend freshwater impacts on the coastal marine environment in advance of typhoon events, and contribute to the comprehensive management and protection of coastal zones.

In our JpGU presentation (2018), we concluded that our findings that the freshwater outflow impact to the storm surge is negligible during the typhoon passage but is important to be considered in evaluating an after-runner storm surge mechanism should be further confirmed in future works by testing the applicability of using the same method with many other typhoon event cases.

A follow up of the previous studies is shown here. As parameters which affect the total sea level are storm surge, tides, waves and freshwater impact, the main objective of the study is to test dependence between storm surge heights and the freshwater impact before and after passing of several typhoons over the Ibaraki Coast, Japan.

Methods

We continued the study from Troselj et al. (2018) with improved downscaling model methodology and extended analyzed period into 7 years (2000-2006). We applied better vertical transformation equation (Vtransform=2, new formulation developed by A. Shchepetkin) and different vertical stretching function (Vstretching=4, where A. Shchepetkin improved double stretching) compared to Troselj et al. (2018). River forcing conditions were applied as observed river temperature and discharge (MLIT, 2017) with constant salinity of 0.5 PSU for Tone, Naka and Kuji rivers.

Discussions

We compared coastal storm surge heights for cases with and without freshwater outflow impact and discussed differences in results, for several typhoons passing over Ibaraki Coast during the analysed period. With new results, our conclusions from JpGU presentation (2018) cannot yet be certainly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

confirmed. The mechanism which we found then, presence of so called after-runner storm surge occurring about 4 days after passage of the event, is occurring in some typhoon cases but not every time. Therefore, its occurrence is function of many parameters occurring simultaneously such as typhoon trajectory, intensity and central pressure, actual state of the ocean (tides, waves), river discharge magnitude and temporal distribution and model conditions.

Summary

Using dynamic downscaling for reanalysis of coastal current system in the Ibaraki Coast, our goal was to test dependence between storm surge heights and the freshwater impact before and after typhoon events. We found that the mechanism found in the previous study is not occurring every time on the same way but is rather function of many other dependent parameters.

References

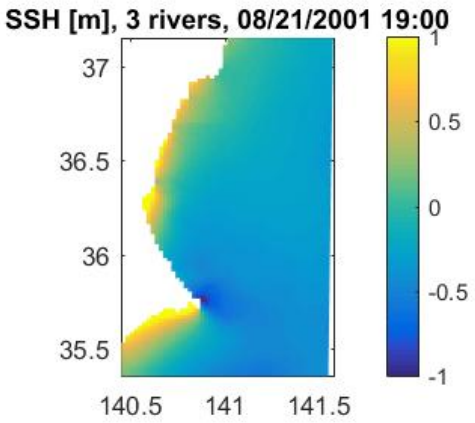
Troselj J, Sayama T, Varlamov SM, Sasaki T, Racault M-F, Takara K, Miyazawa Y, Kuroki R, Yamagata T, Yamashiki Y (2017). Modeling of extreme freshwater outflow from the north-eastern Japanese river basins to western Pacific Ocean, Journal of Hydrology, Vol. 555, pp. 956-970, doi:10.1016/j.jhydrol.2017.10.042.

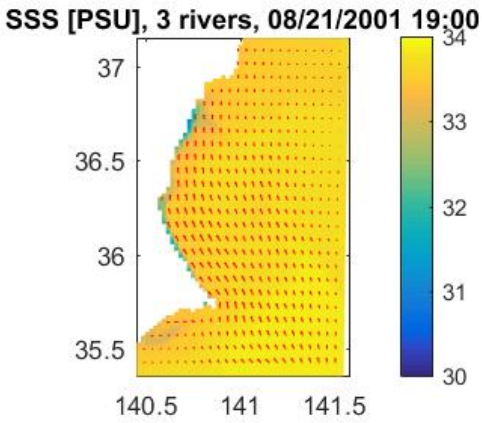
Troselj, J, Imai, Y, Ninomiya, J, Mori, N (2018). Coastal Current Downscaling Emphasizing Freshwater Impact on Ibaraki Coast, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering), vol.74, no.2, pp. 1357-1362.

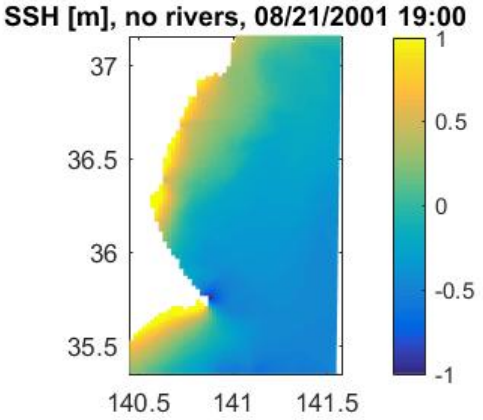
Keywords: storm surge, freshwater impact, typhoon events, downscaling, coastal current, COAWST

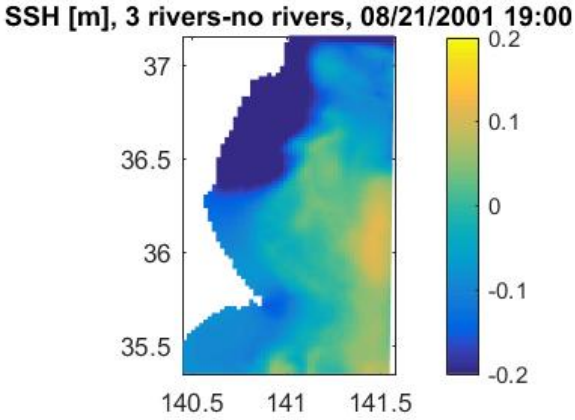
Keywords: storm surge, freshwater impact, typhoon events, downscaling, coastal current, COAWST

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.









©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)

本セッションは2010年大会から2018年大会まで9回にわたって開催してきた。初期はENSO/IODと河川流出について、中期は特に原発事故による河川流出に注力した。いずれのテーマも今日まで継続しており、研究成果と発表を経ている。例年宇宙分野との連携を探って来た。昨年度より、特に地球惑星システムと、他の惑星における水循環についての話題に地球惑星科学全体で「海洋」に関する関心は高く、特に木星衛星（エウロパなど）の内部海、古火星の海、そして太陽系外惑星の海などがある。これらの全てにおいて、陸域（固相）・海洋（液相）の関連が重要となっている。今年度のテーマは、地球における陸域・海洋におけるモデリング・リモートセンシングによる計算・観測技術と、それらを火星などの惑星観測とモデリングにおいてどのように応用可能であるかの視点について議論を進める。

[AOS11-P01] **Remote Sensing of Chlorophyll-a and Submerged Aquatic Vegetation for a Freshwater Lake in Japan**

*Shweta Yadav[1]、Yamashiki Yosuke[1]、Junichi Susaki[1]、Kanako Ishikawa[2] (1.Kyoto University、2.Lake Biwa Environmental Research Institute)

[AOS11-P02] Hydrological and Debris-flow simulation of Martian Surface in Hesperian & early Amazonian epoch

*佐藤 啓明[2]、山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、宮本 英昭[3]、逸見 良道[3] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学工学部、3.東京大学工学系研究科)

[AOS11-P03] Global Lakes & reservoirs Repository and their application for terrestrial surface environment

*山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、高 博通[1]、坂東 日菜[2]、高木 風香[3]、ヤダヴ シュエタ[4] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学理学部、3.京都大学農学部、4.京都大学森里海連環学教育研究ユニット)

[AOS11-P04] Numerical simulation of Tidal Heating using SPH and its application to inner sea formation

*村嶋 慶哉[1]、山敷 庸亮[1]、細野 七月[2] (1.京都大学、2.海洋開発研究機構)

Remote Sensing of Chlorophyll-a and Submerged Aquatic Vegetation for a Freshwater Lake in Japan

*Shweta Yadav[1], Yamashiki Yosuke[1], Junichi Susaki[1], Kanako Ishikawa[2]

1. Kyoto University, 2. Lake Biwa Environmental Research Institute

Freshwater lakes, particularly shallow lakes often exhibit alternative vegetative states, a clear-water state dominated by submerged aquatic vegetation (SAV) and a turbid-water state dominated by phytoplankton. Phytoplankton and SAV constitute the base of the aquatic food web and are the primary driver of the biogeochemical process in both the freshwater and coastal water bodies. The abundance of phytoplankton biomass can potentially indicate the degree of eutrophication in a specific waterbody. On the other hand, the massive overgrowth of invasive SAV species can also pose a serious threat to the aquatic ecosystem. Conventional methods (eg. Site-specific Boat survey) used to monitor the large water bodies are often time-consuming and expensive. In this study, we used a remote sensing based approach to monitor SAV and phytoplankton of the Lake. A multi-spectral satellite image (Landsat-8 Operational Land Imager) was used to assess the phytoplankton concentration and SAV biomass. A spectral decomposing algorithm was used to estimate and quantify both phytoplankton and SAV. Based on the peak growth period of SAV in the lake, the estimations were limited to a certain period of the year (i.e. mainly August and September). The image was used to classify and map the SAV coverage area using the spectral mixture analysis. The SAV biomass estimation model was used to determine the biomass of the SAV classified pixels in the lake. The satellite-derived phytoplankton and SAV were validated using the in-situ measured data of the lake. The result indicates the time and location-specific variation in the dominance of the phytoplankton and SAV.

Keywords: Phytoplankton, Submerged Aquatic Vegetation, Remote Sensing, Lake Water Quality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydrological and Debris-flow simulation of Martian Surface in Hesperian & early Amazonian epoch

*佐藤 啓明[2]、山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、宮本 英昭[3]、逸見 良道[3]
*Hiroaki Sato[2], Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Ryusuke Kuroki[1], Hideaki Miyamoto[3], Ryodo Hemmi[3]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. 京都大学工学部、3. 東京大学工学系研究科
1. Earth & Planetary Water Resources Assessment Laboratory Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, 2. Faculty of Engineering, Kyoto University, 3. Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

It is considered that the Mars in Noachian ecoch to early Amazonian was much warmer temperature than current condition, with atmosphere and ocean supported by its magnetic activity. Several valley which seems to be developed by ancient hydrological processes are obsered in Martian surface, is being considered to be built long time before. Some fluvial fun was formed during the following Hesperian to early Amazonian epoch, which is considered as much cooler and drier than Noachian epoch. In this study, we applied Hydro-debris 2D model into Martian surface in Hesperian epoch in order to try develping surface vallay formation throughout hydrological processes.

Sediment transport and associated small-scale debris-flow occurrence may be the key for valley formation, where might be the micro-habitable zone in ancient period. At the same time it is still uncertain how much precipitation and erosion should have been required to formulate such topography. Following the last year’s calculation we attempted to compare several cases of debris flow experiments by changing hypothetical precipitation rate and erosive coefficients in the initially distributed regolith.

キーワード：ヘスペリア紀、土石流
Keywords: Hesperian Epoch, Debris flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global Lakes & reservoirs Repository and their application for terrestrial surface environment

*山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、高 博通[1]、坂東 日菜[2]、高木 風香[3]、ヤダヴ シュエタ[4]
*Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Ryusuke Kuroki[1], Botong Gao[1], Hina Bando[2], Fuka Takagi[3], Shweta Yadav[4]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. 京都大学理学部、3. 京都大学農学部、4. 京都大学森里海連環学教育研究ユニット
1. Earth & Planetary Water Resources Assessment Laboratory Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, 2. Faculty of Science, Kyoto University, 3. Faculty of Agriculture, Kyoto University, 4. Educational Unit for Studies on Connectivity of Hills, Humans and Ocean, Kyoto University

Global Lakes & Reservoirs Repository (GLR) has been developed in order to list global scale freshwater storage focusing on Lakes & Reservoirs. In this presentation we'll introduce their application, combining this with the ecological model for lakes & reservoirs for their surface environmental assessment under different climatic conditions. A two-layer aquatic ecological model (consisted with three types of phytoplanktons & zooplankton) is linked for a number of global lakes for the evaluation of future trends of aquatic ecosystems, mainly focusing on phytoplankton growth. The application of the database, by coupling it with satellite remote sensing for monitoring aquatic environment, together with the three-dimensional lake & reservoir aquatic environment model, are also introduced in the database.

キーワード：全球湖貯水池レポジトリ、水環境リモートセンシング
Keywords: GLR, Remote sensing of aquatic environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical simulation of Tidal Heating using SPH and its application to inner sea formation

*村嶋 慶哉[1]、山敷 庸亮[1]、細野 七月[2]
*keiya murashima[1], Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Natsuki Hosono[2]

1. 京都大学、2. 海洋開発研究機構
1. Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

There are some traces of liquid in icy moons, such as a plume of vapor of Europa acquired by Hubble Space Telescope and tiger stripes of Enceladus observed by Cassini. Since liquid water is essential for the origin of life, it can be important to understand the development of inner sea and also the temperature distribution inside of such icy moons.

It is considered that the tidal heating caused by tidal acceleration melts the inner icy layer which results in the presence of liquid water beneath its surface. Thus, we aim at simulating the tidal heating of an icy moon by 3-dimensional numerical fluid calculation in Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method. As the tidal heating model, we apply the viscosity model which was used for numerical calculation of tidal stripping.

It is confirmed that this viscosity model lead to qualitatively correct result about tidal disruption, but the possibility of its application to tidal heating is not validiated. Therefore, as a first step, we tried to compare the result of this simulation with the result which is estimated theoretically. We made a rotation of a differentiated Titan-sized tidally locked object around a Saturn-mass material point with the radius of orbit being 1.1 times larger than its Roche limit. We also considered how to applicate this simulation to the calculation of actual icy moons. We will report the progress.

キーワード：氷衛星、潮汐加熱
Keywords: icy moon, tidal heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[A-OS11] 陸域海洋相互作用-惑星スケール物質循環

コンビーナ:山敷 庸亮(京都大学大学院総合生存学館)、升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、Behera Swadhin(Climate Variation Predictability and Applicability Research Group, Application Laboratory, JAMSTEC, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001)、佐々木 貴教(京都大学 大学院理学研究科 宇宙物理学教室)

本セッションは2010年大会から2018年大会まで9回にわたって開催してきた。初期はENSO/IODと河川流出について、中期は特に原発事故による河川流出に注力した。いずれのテーマも今日まで継続しており、研究成果と発表を経ている。例年宇宙分野との連携を探って来た。昨年度より、特に地球惑星システムと、他の惑星における水循環についての話題に地球惑星科学全体で「海洋」に関する関心は高く、特に木星衛星（エウロパなど）の内部海、古火星の海、そして太陽系外惑星の海などがある。これらの全てにおいて、陸域（固相）・海洋（液相）の関連が重要となっている。今年度のテーマは、地球における陸域・海洋におけるモデリング・リモートセンシングによる計算・観測技術と、それらを火星などの惑星観測とモデリングにおいてどのように応用可能であるかの視点について議論を進める。

[AOS11-P01] Remote Sensing of Chlorophyll-a and Submerged Aquatic Vegetation for a Freshwater Lake in Japan

*Shweta Yadav[1]、Yamashiki Yosuke[1]、Junichi Susaki[1]、Kanako Ishikawa[2] (1.Kyoto University、2.Lake Biwa Environmental Research Institute)

[AOS11-P02] Hydrological and Debris-flow simulation of Martian Surface in Hesperian & early Amazonian epoch

*佐藤 啓明[2]、山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、宮本 英昭[3]、逸見 良道[3] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学工学部、3.東京大学工学系研究科)

[AOS11-P03] Global Lakes & reservoirs Repository and their application for terrestrial surface environment

*山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、高 博通[1]、坂東 日菜[2]、高木 風香[3]、ヤダヴ シュエタ[4] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.京都大学理学部、3.京都大学農学部、4.京都大学森里海連環学教育研究ユニット)

[AOS11-P04] Numerical simulation of Tidal Heating using SPH and its application to inner sea formation

*村嶋 慶哉[1]、山敷 庸亮[1]、細野 七月[2] (1.京都大学、2.海洋開発研究機構)

Remote Sensing of Chlorophyll-a and Submerged Aquatic Vegetation for a Freshwater Lake in Japan

*Shweta Yadav[1], Yamashiki Yosuke[1], Junichi Susaki[1], Kanako Ishikawa[2]

1. Kyoto University, 2. Lake Biwa Environmental Research Institute

Freshwater lakes, particularly shallow lakes often exhibit alternative vegetative states, a clear-water state dominated by submerged aquatic vegetation (SAV) and a turbid-water state dominated by phytoplankton. Phytoplankton and SAV constitute the base of the aquatic food web and are the primary driver of the biogeochemical process in both the freshwater and coastal water bodies. The abundance of phytoplankton biomass can potentially indicate the degree of eutrophication in a specific waterbody. On the other hand, the massive overgrowth of invasive SAV species can also pose a serious threat to the aquatic ecosystem. Conventional methods (eg. Site-specific Boat survey) used to monitor the large water bodies are often time-consuming and expensive. In this study, we used a remote sensing based approach to monitor SAV and phytoplankton of the Lake. A multi-spectral satellite image (Landsat-8 Operational Land Imager) was used to assess the phytoplankton concentration and SAV biomass. A spectral decomposing algorithm was used to estimate and quantify both phytoplankton and SAV. Based on the peak growth period of SAV in the lake, the estimations were limited to a certain period of the year (i.e. mainly August and September). The image was used to classify and map the SAV coverage area using the spectral mixture analysis. The SAV biomass estimation model was used to determine the biomass of the SAV classified pixels in the lake. The satellite-derived phytoplankton and SAV were validated using the in-situ measured data of the lake. The result indicates the time and location-specific variation in the dominance of the phytoplankton and SAV.

Keywords: Phytoplankton, Submerged Aquatic Vegetation, Remote Sensing, Lake Water Quality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydrological and Debris-flow simulation of Martian Surface in Hesperian & early Amazonian epoch

*佐藤 啓明[2]、山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、宮本 英昭[3]、逸見 良道[3]
*Hiroaki Sato[2], Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Ryusuke Kuroki[1], Hideaki Miyamoto[3], Ryodo Hemmi[3]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. 京都大学工学部、3. 東京大学工学系研究科
1. Earth & Planetary Water Resources Assessment Laboratory Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, 2. Faculty of Engineering, Kyoto University, 3. Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

It is considered that the Mars in Noachian ecoch to early Amazonian was much warmer temperature than current condition, with atmosphere and ocean supported by its magnetic activity. Several valley which seems to be developed by ancient hydrological processes are obsered in Martian surface, is being considered to be built long time before. Some fluvial fun was formed during the following Hesperian to early Amazonian epoch, which is considered as much cooler and drier than Noachian epoch. In this study, we applied Hydro-debris 2D model into Martian surface in Hesperian epoch in order to try develping surface vallay formation throughout hydrological processes.

Sediment transport and associated small-scale debris-flow occurrence may be the key for valley formation, where might be the micro-habitable zone in ancient period. At the same time it is still uncertain how much precipitation and erosion should have been required to formulate such topography. Following the last year’s calculation we attempted to compare several cases of debris flow experiments by changing hypothetical precipitation rate and erosive coefficients in the initially distributed regolith.

キーワード：ヘスペリア紀、土石流
Keywords: Hesperian Epoch, Debris flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global Lakes & reservoirs Repository and their application for terrestrial surface environment

*山敷 庸亮[1]、黒木 龍介[1]、高 博通[1]、坂東 日菜[2]、高木 風香[3]、ヤダヴ シュエタ[4]
*Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Ryusuke Kuroki[1], Botong Gao[1], Hina Bando[2], Fuka Takagi[3], Shweta Yadav[4]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. 京都大学理学部、3. 京都大学農学部、4. 京都大学森里海連環学教育研究ユニット
1. Earth & Planetary Water Resources Assessment Laboratory Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, 2. Faculty of Science, Kyoto University, 3. Faculty of Agriculture, Kyoto University, 4. Educational Unit for Studies on Connectivity of Hills, Humans and Ocean, Kyoto University

Global Lakes & Reservoirs Repository (GLR) has been developed in order to list global scale freshwater storage focusing on Lakes & Reservoirs. In this presentation we'll introduce their application, combining this with the ecological model for lakes & reservoirs for their surface environmental assessment under different climatic conditions. A two-layer aquatic ecological model (consisted with three types of phytoplanktons & zooplankton) is linked for a number of global lakes for the evaluation of future trends of aquatic ecosystems, mainly focusing on phytoplankton growth. The application of the database, by coupling it with satellite remote sensing for monitoring aquatic environment, together with the three-dimensional lake & reservoir aquatic environment model, are also introduced in the database.

キーワード：全球湖貯水池レポジトリ、水環境リモートセンシング
Keywords: GLR, Remote sensing of aquatic environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical simulation of Tidal Heating using SPH and its application to inner sea formation

*村嶋 慶哉[1]、山敷 庸亮[1]、細野 七月[2]
*keiya murashima[1], Yosuke Alexandre Yamashiki[1], Natsuki Hosono[2]

1. 京都大学、2. 海洋開発研究機構
1. Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

There are some traces of liquid in icy moons, such as a plume of vapor of Europa acquired by Hubble Space Telescope and tiger stripes of Enceladus observed by Cassini. Since liquid water is essential for the origin of life, it can be important to understand the development of inner sea and also the temperature distribution inside of such icy moons.

It is considered that the tidal heating caused by tidal acceleration melts the inner icy layer which results in the presence of liquid water beneath its surface. Thus, we aim at simulating the tidal heating of an icy moon by 3-dimensional numerical fluid calculation in Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method. As the tidal heating model, we apply the viscosity model which was used for numerical calculation of tidal stripping.

It is confirmed that this viscosity model lead to qualitatively correct result about tidal disruption, but the possibility of its application to tidal heating is not validiated. Therefore, as a first step, we tried to compare the result of this simulation with the result which is estimated theoretically. We made a rotation of a differentiated Titan-sized tidally locked object around a Saturn-mass material point with the radius of orbit being 1.1 times larger than its Roche limit. We also considered how to applicate this simulation to the calculation of actual icy moons. We will report the progress.

キーワード：氷衛星、潮汐加熱
Keywords: icy moon, tidal heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)

近年の観測や数値計算技術を用いた研究により沿岸海域における諸現象の詳細が明らかとなりつつある．これらの沿岸海域で発生する現象は，地球規模の海洋・大気循環や生態系にとって非常に重要であると考えられている．本セッションは沿岸・縁辺海域，河口域や湖沼における混合，渦，非線形内部波等の研究発表を集め議論を行う．その他，沿岸海域の物理現象と大スケールの外洋における黒潮や海洋循環を関連づける研究発表も本セッションの議論の対象とする．

[AOS14-P01] 鉛直混合と観測手法・システム開発と広域観測(OMIX-A01-1)

*安田 一郎[1]、李 根淙[1]、藤尾 伸三[1]、柳本 大吾[1]、長澤 真樹[1]、川口 悠介[1]、岡 英太郎[1]、翟 燦[1]、木村 詩乃[1]、井上 龍一郎[2]、長谷川 大介[3]、田中 雄大[3]、石井 雅男[4]、中野 俊也[4]、後藤 恭敬[4] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.水産研究教育機構、4.気象庁)

[AOS14-P02] Observation of enhanced nonlinear interactions after the passage of typhoon in the western South China Sea

*gui ying Chen、chang rong Liang、xiao dong Shang

[AOS14-P03] Investigating vertical mixing in estuarine pycnocline: a case study in the Ariake Sea, Japan

*Takeshi Matsuno[1]、Eisuke Tsutsumi[1] (1.Kyushu University)

[AOS14-P04] 富山トラフ周辺における対馬暖流沿岸・沖合分枝の相互作用の可能性

*Igeta Yosuke[1]、Yankovsky Alexander [2]、Kuga Mizuki [1]、Hirose Naoki[3]、Fukudome Kenichi[4] (1.Japan Sea National Fishseries Research Institute、2.University of South Carolina、3.RIAM Kyushu Univ.、4.National Institute of Technology, Toyama College)

鉛直混合と観測手法・システム開発と広域観測(OMIX-A01-1)
Development of methods and systems for vertical mixing and observations (OMIX-A01-1)

*安田 一郎[1]、李 根淙[1]、藤尾 伸三[1]、柳本 大吾[1]、長澤 真樹[1]、川口 悠介[1]、岡 英太郎[1]、翟 燦[1]、木村 詩乃[1]、井上 龍一郎[2]、長谷川 大介[3]、田中 雄大[3]、石井 雅男[4]、中野 俊也[4]、後藤 恭敬[4]
*Ichiro Yasuda[1], Koenjong Lee[1], Shinzo Fujio[1], Daigo Yanagimoto[1], Maki Nagasawa[1], Yusuke Kawaguchi[1], Eitarou Oka[1], Shuo Zhai[1], Shino Kimura[1], Ryuichiro Inoue[2], Daisuke Hasegawa[3], Takahiro Tanaka[3], Masao Ishii[4], Toshiya Nakano[4], Yasutaka Goto[4]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 水産研究教育機構、4. 気象庁
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan Agency of Marine-Earth Science and Technology, 3. Fisheries Research Agency, 4. Japan Meteorological Agency

In order to know the distribution of vertical mixing and generating mechanisms in the western North Pacific and to elucidate the influence on ocean circulations, this team developed/introduced/made practical following three observational systems that are capable to concurrently observe turbulence with vertical mm-scales and currents with 10m-scale which can be resolved by numerical models, and perform in-situ observations. 1) Developed turbulence estimate method with fast response thermistors attached to CTD platform, and obtained numerous microstructure data down to deep/intermediate depths or bottom by use of Japan Meteorological Agency, JAMSTEC and fisheries-related CTD observational array. 2) Developed autonomous observation system of underwater gliders with turbulence sensors and ADCP. 3) Developed long-term time series observation system with autonomous floats or moorings with turbulence sensors or current sensors. These new observing systems were or being tested in the real oceans. This team conducted cruises of R/V Hakuho-maru KH-16-3, KH-16-7, KH-17-5 and R/V Shinsei-maru KS-15-5, KS-16-10, KS-19-6, and microstructure and mooring observations in the Multanovskiiy 2018 cruise. This poster presentation reports this team activity and some results.

キーワード：乱流、海洋混合、観測システム
Keywords: Turbulence, Ocean Mixing, Observation system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation of enhanced nonlinear interactions after the passage of typhoon in the western South China Sea

*gui ying Chen, chang rong Liang, xiao dong Shang

Typhoon Chanchu passed the subsurface mooring in the western South China Sea (SCS) in June 2004 and the effects of typhoon on the internal wave field and nonlinear interactions were examined. The internal wave field was characterized by diurnal (D_1) and semidiurnal (D_2) tides before typhoon. After the passage of typhoon, the internal wave field was characterized not only by diurnal and semidiurnal tides but also by near-inertial (f) waves, higher harmonic ($fD_2=f+D_2$ and $D_3=D_1+D_2$) frequency internal waves, and enhanced diurnal currents. Analysis on the rotary coefficient and bicoherence suggests that the observed fD_2 waves, D_3 waves, and enhanced diurnal currents were derived from nonlinear interactions of $f+D_2=fD_2$, $D_1+D_2=D_3$, and $f+f=2f$, respectively. Previous researches indicated that nonlinear interactions induced by typhoon mainly occur between near-inertial waves and internal tides ($f+D_1=fD_1$ or $f+D_2=fD_2$). Our observations first indicate that typhoon can also induce the self-interaction of near-inertial waves ($f+f=2f$) and enhance the nonlinear interaction between diurnal tides and semidiurnal tides ($D_1+D_2=D_3$). Critical diurnal latitudes (where $2f\approx D_1$) play an important role in the occurrence of these nonlinear interactions. Typhoon-induced near-inertial waves undergo self-interaction ($f+f=2f$) near the critical diurnal latitudes and transfer energy to diurnal waves. Enhanced diurnal waves further contribute to the nonlinear interaction of $D_1+D_2=D_3$. These nonlinear processes might promote the energy cascade of the typhoon-induced near-inertial waves near the critical diurnal latitudes and play an important role in ocean mixing.

Keywords: typhoon, nonlinear interaction, internal wave, near-inertial wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigating vertical mixing in estuarine pycnocline: a case study in the Ariake Sea, Japan

*Takeshi Matsuno[1], Eisuke Tsutsumi[1]

1. Kyushu University

Turbulent mixing controls coastal environment and primary production through transportation of heat, freshwater, and various materials. Vertical mixing in pycnocline plays a key role in occurrence of major environmental problems in semi-enclosed seas and estuaries, such as bottom hypoxia and red tides, although it is not fully understood. For better understanding and prediction of coastal mixing processes, we investigate pycnocline mixing in a tidally-energetic shallow (~20 m) estuary, the Ariake Sea, Japan, where stratification is maintained almost throughout a year by large amounts of freshwater inputs from major rivers. We collected more than 5,000 microstructure turbulence profiles (~530-hour measurements) in several stations in the central area of the sea during 24-cruises conducted in various seasons over 2002-2012, and examined Turbulent kinetic energy (TKE) dissipation rate in the shear- and buoyancy-frequency space. TKE dissipation rates in pycnocline exhibited a broad variability, $O(10^{-9})$ - $O(10^{-5})$ W kg^{-1} , while most of them fell into a range where the gradient Richardson number is larger than a critical value, i.e., $Ri_g > 1/4$. In stratified seasons, we frequently observed high-vertical wavenumber internal tides in the pycnocline around the microstructure stations from separately-conducted mooring observations using acoustic Doppler current profilers. The large variability in the mixing around pycnocline is therefore likely to be originated from internal wave breaking and shear instability. We found an ordered structure of mean dissipation rate where it correlates positively with vertical shear, which gives a clue to improving a “background” vertical diffusion parameterization in numerical ocean models.

Keywords: turbulent mixing, stratification, vertical shear, parameterization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富山トラフ周辺における対馬暖流沿岸・沖合分枝の相互作用の可能性
Possibility of interactions between the coastal and offshore branch of Tsushima Warm Current over the submarine canyon in the Sea of Japan.

*Igeta Yosuke[1]、Yankovsky Alexander [2]、Kuga Mizuki [1]、Hirose Naoki[3]、Fukudome Kenichi[4]
*Yosuke Igeta[1], Alexander Yankovsky [2], Mizuki Kuga[1], Naoki Hirose[3], Kenichi Fukudome[4]

1. Japan Sea National Fishseries Research Institute、2. University of South Carolina、3. RIAM Kyushu Univ.、4. National Institute of Technology, Toyama College
1. Japan Sea National Fishseries Research Institute, 2. University of South Carolina, 3. RIAM Kyushu Univ., 4. National Institute of Technology, Toyama College

Tsushima warm current (TWC) is known to flow northeastward over continental shelf off the northern coast of Japan. Coastal branch of TWC (CBTWC) is fundamentally current trapped by the coastline, whereas offshore branch of TWC (OBTWC) are interpreted as current steered by continental slope. The coastal line and continental shelf have alongshore discontinuity around the Toyama Trough (TT) which is a submarine canyon cutting across the continental shelf off the downstream side of the Noto Peninsula (NP) and almost reaching the coastline. The CBTWC is observed to change its path from coastal mode to offshore mode when encountering the TT (Igeta et al., 2017). This process results in transformation from the barotropic coastal current into baroclinic jet detached from the coast over the TT. On the other hand, the details of the OBTWC current path change are not well understood, as well as interaction between the CBTWC and OBTWC.
To clarify these, we analyzed re-analysis current data calculated by DR_C (Hirose et al., 2017) that is high resolution nested ocean model. Current paths of CBTWC around the TT were extracted by using current data from 2005 to 2014. The results showed that complete and incomplete current path transition of the CBTWC from coastal mode to offshore mode in 2013 and 2014, respectively. The OBTWC-like current was explicitly confirmed over continental slope just off the current path of the CBTWC over continental shelf around the northern off the NP in 2013, however such current was not able to be found out in 2014. These results suggest that interaction between the CBTWC and the OBTWC makes current path transition of the CBTWC fast.
To interpret these simply, we demonstrated numerical experiment using 2-layered ocean model with simplified continental shelf, continental slope and submarine canyon. Barotropic current trapped by continental slope, modeling the OBTWC, was applied from the upstream boundary. The OBTWC changed its current path from coast to offshore almost in the same manner as the CBTWC over the TT. The detached current over the submarine canyon was re-arrested by the continental slope on the opposite side of the submarine canyon. The OBTWC continued to take its current path in the offshore region after reaching steady state. Once the OBTWC has reached a steady state, the CBTWC was specified at the upstream boundary. The CBTWC flowed along the coast despite the existence of the OBTWC bridging over the TT. Although the CBTWC and OBTWC merged around the northern coast of the NP, they seemed to behave independently. Time scale of the CBTWC current path transition, however, was shorten in the presence of the OBTWC. This indicates the OBTWC let the current path transition of the CBTWC accelerate through vorticity generated around the upstream boundary of the TT. It is considered that vorticity supplied from the OBTWC accelerate eddy growth by the CBTWC that results in current path transition.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：対馬暖流、流路遷移、流れ一流れ相互作用、地形成渦、数値実験
Keywords: Tushima Warm current, current path transition, current-current interaction, topographic eddy, numerucal experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)

近年の観測や数値計算技術を用いた研究により沿岸海域における諸現象の詳細が明らかとなりつつある．これらの沿岸海域で発生する現象は，地球規模の海洋・大気循環や生態系にとって非常に重要であると考えられている．本セッションは沿岸・縁辺海域，河口域や湖沼における混合，渦，非線形内部波等の研究発表を集め議論を行う．その他，沿岸海域の物理現象と大スケールの外洋における黒潮や海洋循環を関連づける研究発表も本セッションの議論の対象とする．

[AOS14-P01] 鉛直混合と観測手法・システム開発と広域観測(OMIX-A01-1)

*安田 一郎[1]、李 根淙[1]、藤尾 伸三[1]、柳本 大吾[1]、長澤 真樹[1]、川口 悠介[1]、岡 英太郎[1]、翟 燦[1]、木村 詩乃[1]、井上 龍一郎[2]、長谷川 大介[3]、田中 雄大[3]、石井 雅男[4]、中野 俊也[4]、後藤 恭敬[4] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.水産研究教育機構、4.気象庁)

[AOS14-P02] Observation of enhanced nonlinear interactions after the passage of typhoon in the western South China Sea

*gui ying Chen、chang rong Liang、xiao dong Shang

[AOS14-P03] Investigating vertical mixing in estuarine pycnocline: a case study in the Ariake Sea, Japan

*Takeshi Matsuno[1]、Eisuke Tsutsumi[1] (1.Kyushu University)

[AOS14-P04] 富山トラフ周辺における対馬暖流沿岸・沖合分枝の相互作用の可能性

*Igeta Yosuke[1]、Yankovsky Alexander [2]、Kuga Mizuki [1]、Hirose Naoki[3]、Fukudome Kenichi[4] (1.Japan Sea National Fishseries Research Institute、2.University of South Carolina、3.RIAM Kyushu Univ.、4.National Institute of Technology, Toyama College)

鉛直混合と観測手法・システム開発と広域観測(OMIX-A01-1)
Development of methods and systems for vertical mixing and observations (OMIX-A01-1)

*安田 一郎[1]、李 根淙[1]、藤尾 伸三[1]、柳本 大吾[1]、長澤 真樹[1]、川口 悠介[1]、岡 英太郎[1]、翟 燦[1]、木村 詩乃[1]、井上 龍一郎[2]、長谷川 大介[3]、田中 雄大[3]、石井 雅男[4]、中野 俊也[4]、後藤 恭敬[4]
*Ichiro Yasuda[1], Koenjong Lee[1], Shinzo Fujio[1], Daigo Yanagimoto[1], Maki Nagasawa[1], Yusuke Kawaguchi[1], Eitarou Oka[1], Shuo Zhai[1], Shino Kimura[1], Ryuichiro Inoue[2], Daisuke Hasegawa[3], Takahiro Tanaka[3], Masao Ishii[4], Toshiya Nakano[4], Yasutaka Goto[4]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 水産研究教育機構、4. 気象庁
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan Agency of Marine-Earth Science and Technology, 3. Fisheries Research Agency, 4. Japan Meteorological Agency

In order to know the distribution of vertical mixing and generating mechanisms in the western North Pacific and to elucidate the influence on ocean circulations, this team developed/introduced/made practical following three observational systems that are capable to concurrently observe turbulence with vertical mm-scales and currents with 10m-scale which can be resolved by numerical models, and perform in-situ observations. 1) Developed turbulence estimate method with fast response thermistors attached to CTD platform, and obtained numerous microstructure data down to deep/intermediate depths or bottom by use of Japan Meteorological Agency, JAMSTEC and fisheries-related CTD observational array. 2) Developed autonomous observation system of underwater gliders with turbulence sensors and ADCP. 3) Developed long-term time series observation system with autonomous floats or moorings with turbulence sensors or current sensors. These new observing systems were or being tested in the real oceans. This team conducted cruises of R/V Hakuho-maru KH-16-3, KH-16-7, KH-17-5 and R/V Shinsei-maru KS-15-5, KS-16-10, KS-19-6, and microstructure and mooring observations in the Multanovskiiy 2018 cruise. This poster presentation reports this team activity and some results.

キーワード：乱流、海洋混合、観測システム
Keywords: Turbulence, Ocean Mixing, Observation system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation of enhanced nonlinear interactions after the passage of typhoon in the western South China Sea

*gui ying Chen, chang rong Liang, xiao dong Shang

Typhoon Chanchu passed the subsurface mooring in the western South China Sea (SCS) in June 2004 and the effects of typhoon on the internal wave field and nonlinear interactions were examined. The internal wave field was characterized by diurnal (D_1) and semidiurnal (D_2) tides before typhoon. After the passage of typhoon, the internal wave field was characterized not only by diurnal and semidiurnal tides but also by near-inertial (f) waves, higher harmonic ($fD_2=f+D_2$ and $D_3=D_1+D_2$) frequency internal waves, and enhanced diurnal currents. Analysis on the rotary coefficient and bicoherence suggests that the observed fD_2 waves, D_3 waves, and enhanced diurnal currents were derived from nonlinear interactions of $f+D_2=fD_2$, $D_1+D_2=D_3$, and $f+f=2f$, respectively. Previous researches indicated that nonlinear interactions induced by typhoon mainly occur between near-inertial waves and internal tides ($f+D_1=fD_1$ or $f+D_2=fD_2$). Our observations first indicate that typhoon can also induce the self-interaction of near-inertial waves ($f+f=2f$) and enhance the nonlinear interaction between diurnal tides and semidiurnal tides ($D_1+D_2=D_3$). Critical diurnal latitudes (where $2f\approx D_1$) play an important role in the occurrence of these nonlinear interactions. Typhoon-induced near-inertial waves undergo self-interaction ($f+f=2f$) near the critical diurnal latitudes and transfer energy to diurnal waves. Enhanced diurnal waves further contribute to the nonlinear interaction of $D_1+D_2=D_3$. These nonlinear processes might promote the energy cascade of the typhoon-induced near-inertial waves near the critical diurnal latitudes and play an important role in ocean mixing.

Keywords: typhoon, nonlinear interaction, internal wave, near-inertial wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigating vertical mixing in estuarine pycnocline: a case study in the Ariake Sea, Japan

*Takeshi Matsuno[1], Eisuke Tsutsumi[1]

1. Kyushu University

Turbulent mixing controls coastal environment and primary production through transportation of heat, freshwater, and various materials. Vertical mixing in pycnocline plays a key role in occurrence of major environmental problems in semi-enclosed seas and estuaries, such as bottom hypoxia and red tides, although it is not fully understood. For better understanding and prediction of coastal mixing processes, we investigate pycnocline mixing in a tidally-energetic shallow (~20 m) estuary, the Ariake Sea, Japan, where stratification is maintained almost throughout a year by large amounts of freshwater inputs from major rivers. We collected more than 5,000 microstructure turbulence profiles (~530-hour measurements) in several stations in the central area of the sea during 24-cruises conducted in various seasons over 2002-2012, and examined Turbulent kinetic energy (TKE) dissipation rate in the shear- and buoyancy-frequency space. TKE dissipation rates in pycnocline exhibited a broad variability, $O(10^{-9})$ - $O(10^{-5})$ W kg^{-1} , while most of them fell into a range where the gradient Richardson number is larger than a critical value, i.e., $Ri_g > 1/4$. In stratified seasons, we frequently observed high-vertical wavenumber internal tides in the pycnocline around the microstructure stations from separately-conducted mooring observations using acoustic Doppler current profilers. The large variability in the mixing around pycnocline is therefore likely to be originated from internal wave breaking and shear instability. We found an ordered structure of mean dissipation rate where it correlates positively with vertical shear, which gives a clue to improving a “background” vertical diffusion parameterization in numerical ocean models.

Keywords: turbulent mixing, stratification, vertical shear, parameterization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富山トラフ周辺における対馬暖流沿岸・沖合分枝の相互作用の可能性
Possibility of interactions between the coastal and offshore branch of Tsushima Warm Current over the submarine canyon in the Sea of Japan.

*Igeta Yosuke[1]、Yankovsky Alexander [2]、Kuga Mizuki [1]、Hirose Naoki[3]、Fukudome Kenichi[4]
*Yosuke Igeta[1], Alexander Yankovsky [2], Mizuki Kuga[1], Naoki Hirose[3], Kenichi Fukudome[4]

1. Japan Sea National Fishseries Research Institute、2. University of South Carolina、3. RIAM Kyushu Univ.、4. National Institute of Technology, Toyama College
1. Japan Sea National Fishseries Research Institute, 2. University of South Carolina, 3. RIAM Kyushu Univ., 4. National Institute of Technology, Toyama College

Tsushima warm current (TWC) is known to flow northeastward over continental shelf off the northern coast of Japan. Coastal branch of TWC (CBTWC) is fundamentally current trapped by the coastline, whereas offshore branch of TWC (OBTWC) are interpreted as current steered by continental slope. The coastal line and continental shelf have alongshore discontinuity around the Toyama Trough (TT) which is a submarine canyon cutting across the continental shelf off the downstream side of the Noto Peninsula (NP) and almost reaching the coastline. The CBTWC is observed to change its path from coastal mode to offshore mode when encountering the TT (Igeta et al., 2017). This process results in transformation from the barotropic coastal current into baroclinic jet detached from the coast over the TT. On the other hand, the details of the OBTWC current path change are not well understood, as well as interaction between the CBTWC and OBTWC.
To clarify these, we analyzed re-analysis current data calculated by DR_C (Hirose et al., 2017) that is high resolution nested ocean model. Current paths of CBTWC around the TT were extracted by using current data from 2005 to 2014. The results showed that complete and incomplete current path transition of the CBTWC from coastal mode to offshore mode in 2013 and 2014, respectively. The OBTWC-like current was explicitly confirmed over continental slope just off the current path of the CBTWC over continental shelf around the northern off the NP in 2013, however such current was not able to be found out in 2014. These results suggest that interaction between the CBTWC and the OBTWC makes current path transition of the CBTWC fast.
To interpret these simply, we demonstrated numerical experiment using 2-layered ocean model with simplified continental shelf, continental slope and submarine canyon. Barotropic current trapped by continental slope, modeling the OBTWC, was applied from the upstream boundary. The OBTWC changed its current path from coast to offshore almost in the same manner as the CBTWC over the TT. The detached current over the submarine canyon was re-arrested by the continental slope on the opposite side of the submarine canyon. The OBTWC continued to take its current path in the offshore region after reaching steady state. Once the OBTWC has reached a steady state, the CBTWC was specified at the upstream boundary. The CBTWC flowed along the coast despite the existence of the OBTWC bridging over the TT. Although the CBTWC and OBTWC merged around the northern coast of the NP, they seemed to behave independently. Time scale of the CBTWC current path transition, however, was shorten in the presence of the OBTWC. This indicates the OBTWC let the current path transition of the CBTWC accelerate through vorticity generated around the upstream boundary of the TT. It is considered that vorticity supplied from the OBTWC accelerate eddy growth by the CBTWC that results in current path transition.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：対馬暖流、流路遷移、流れ一流れ相互作用、地形成渦、数値実験
Keywords: Tushima Warm current, current path transition, current-current interaction, topographic eddy, numerucal experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、堤 英輔

近年の観測や数値計算技術を用いた研究により沿岸海域における諸現象の詳細が明らかとなりつつある．これらの沿岸海域で発生する現象は，地球規模の海洋・大気循環や生態系にとって非常に重要であると考えられている．本セッションは沿岸・縁辺海域，河口域や湖沼における混合，渦，非線形内部波等の研究発表を集め議論を行う．その他，沿岸海域の物理現象と大スケールの外洋における黒潮や海洋循環を関連づける研究発表も本セッションの議論の対象とする．

13:45 ~ 14:00

[AOS14-01] エクマン輸送と海峡内での潮汐混合の複合効果に伴うインドネシア多島海南部の海面水温冷却

*永井 平[1]、日比谷 紀之[1] (1.東京大学理学系研究科)

14:00 ~ 14:15

[AOS14-02] HYCOM-ROMSモデルを用いた南シナ海南部における海洋流動構造に関する研究

*高浦 育[1]、内山 雄介[1]、Nizamani Zafarullah[2]、中山 昭彦[2] (1.神戸大学、2.Tunku Abdul Rahman University)

14:15 ~ 14:30

[AOS14-03] 東シナ海陸棚縁辺部における黒潮フロント渦と栄養塩・植物プランクトン動態

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、大城 一輝[1]、堤 英輔[2]、武田 重信[3]、石坂 丞二[4]、郭 新宇[1] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.九州大学応用力学研究所、3.長崎大学水産学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[AOS14-04] Dissipation and transport due to internal tides generated by multiple submarine canyons

*Qiang Li[1]、Xianzhong Mao[1]、Ran Liao[1] (1.Tsinghua University)

14:45 ~ 15:00

[AOS14-05] 高解像度曳航式観測装置を用いた霞ヶ浦における物理構造計測

*浅岡 大輝[1]、増永 英治[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

15:00 ~ 15:15

[AOS14-06] 成層が発達する浅水湖における混合と傾圧構造に関する研究

*増永 英治[1]、浅岡 大輝[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

エクマン輸送と海峡内での潮汐混合の複合効果に伴うインドネシア多島海南部の海面水温冷却

The cooling of sea surface temperature in the southern Indonesian Seas due to a combination of the Ekman transport and tidal mixing in narrow straits

*永井 平[1]、日比谷 紀之[1]
*Taira Nagai[1], Toshiyuki Hibiya[1]

1. 東京大学理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

The Indonesian archipelago is characterized by the warmest sea surface temperatures (SSTs) in the world and is a key region of the world climate system. Kida and Wijffels (2012) reported that SST cooling around the Nusa Tenggara Islands (NTIs) located at the southern Indonesia plays a crucial role in the seasonal variation of SST over a large area in the Indonesian Seas. Although they suggested that both the monsoonal winds and tidal mixing might significantly impact such SST cooling, their numerical model settings were somewhat idealized.

In this study, to investigate the mechanisms of SST cooling around the NTIs, we carry out a numerical simulation using a regional ocean model where the realistic distribution of vertical diffusivity estimated from a high resolution baroclinic tide model is incorporated. The simulated results show that significant mixing in the narrow tidal straits between the NTIs creates well-mixed waters, which spread out northward (southward) during Austral summer (winter) and finally causes significant SST cooling over a large area of southern Indonesian Seas.

We therefore carry out numerical experiments where either of the monsoonal wind or localized tidal mixing in the narrow straits is switched off. These numerical experiments show that well-mixed waters in the narrow straits are continuously advected by the northward (southward) flow driven by the western (eastern) monsoonal wind during Austral summer (winter) until the Indonesian Throughflow spreads them out over a large area of southern Indonesian Seas, demonstrating the importance of the combined effect of the Ekman transport and tidal mixing.

キーワード：インドネシア海の海面水温、狭い海峡内の潮汐混合、エクマン輸送
Keywords: SST in the Indonesian Seas, Tidal mixing in narrow straits, Ekman transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

HYCOM-ROMSモデルを用いた南シナ海南部における海洋流動構造に関する研究

A reanalysis of regional circulations in the Southern South China Sea using a HYCOM-ROMS downscaling ocean model

*高浦 育[1]、内山 雄介[1]、Nizamani Zafarullah[2]、中山 昭彦[2]
*Naru Takaura[1], Yusuke Uchiyama[1], Nizamani Zafarullah[2], Akihiko Nakayama[2]

1. 神戸大学、2. Tunku Abdul Rahman University
1. Kobe Univ, 2. Tunku Abdul Rahman University

A high-resolution, high-precision downscaling oceanic circulation model for the Southern China Sea (SCS) was developed based on the Regional Oceanic Modeling System (ROMS) at a lateral resolution of 5 km, initialized and forced by the Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) global reanalysis product. A multi-year reanalysis was conducted for the four-year period from 2012 to 2015 with the HYCOM-ROMS system that properly accounts for wind stress and heat budget at surface, freshwater influences from the atmosphere and major rivers, and tidal variability.
The model results were confirmed to agree well with satellite and in situ measurement, and generally consistent with the findings in previous studies. For instance, prevailing strong meridional currents are provoked along the continental shelves between China and the southern Vietnam, which are driven by seasonally varying monsoons dominated in the winter and summer, followed by current separation to the east off the southern Vietnam occurred in summer.
Prospective applications of the system include assessments of oceanic dispersal of wastewater, quantification of marine ecosystem network, analyses of micro plastic transport, its coastal accumulation and maintenance of offshore structure. In the present study, we utilized the model outcome to evaluate external forcing conditions on offshore oil platforms along the coast of the Malay Peninsular and Borneo Island by using extreme value statistics for surface currents and wind. The maximum surface velocity was found to occur off the coast of Borneo Island, which is influenced by the Mindanao Current. It was suggested that water mass exchange between the Pacific and the SCS is extremely significant as it subsequently controls regional circulations in the coastal margins in the SCS.

キーワード：南シナ海、物質輸送、HYCOM-ROMS、季節循環流
Keywords: South China Sea, mass transport, HYCOM-ROMS, seasonal circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東シナ海陸棚縁辺部における黒潮フロント渦と栄養塩・植物プランクトン動態

Nutrient and phytoplankton dynamics in the continental slope region of the East China Sea associated with the Kuroshio frontal eddy

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、大城 一輝[1]、堤 英輔[2]、武田 重信[3]、石坂 丞二[4]、郭 新宇[1]
*Naoki Yoshie[1], Anri Kabe[1], Kazuki Ohgi[1], Eisuke Tsutsumi[2], Shigenobu Takeda[3], Joji Ishizaka[4], Xinyu Guo[1]

1. 愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2. 九州大学応用力学研究所、3. 長崎大学水産学部、4. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, 2. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 3. Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 4. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

The lower-trophic level ecosystem in the continental slope region of the East China Sea (ECS) during summer generally shows typical subtropical features, i.e., small size pico-phytoplankton such as cyanobacteria dominates in the euphotic layer under the oligotrophic condition due to the stable stratification. It is also known that such stable physical and chemical conditions are often disturbed by the Kuroshio frontal eddy. In this study, we investigated the phytoplankton dynamics associated with the passing of Kuroshio frontal eddies. We conducted comprehensive observations with the high horizontal resolution (7km) around the continental slope region in the ECS in the late-July, 2018. We observed drastic changes in the depth of subsurface chlorophyll maximum (SCM) and nitrate concentrations around the SCM, and micro-phytoplankton such as diatom mainly changed around SCM. We found cyclonic frontal eddies with 15-35 km diameter around the 40-80 m depth near the drastic change of the SCM. These changes were caused by the horizontal advection of nutrient-rich shelf water associated with the passing of the cyclonic frontal eddies.

キーワード：フロント渦、栄養塩、植物プランクトン、東シナ海
Keywords: frontal eddy, nutrient, phytoplankton, East China Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

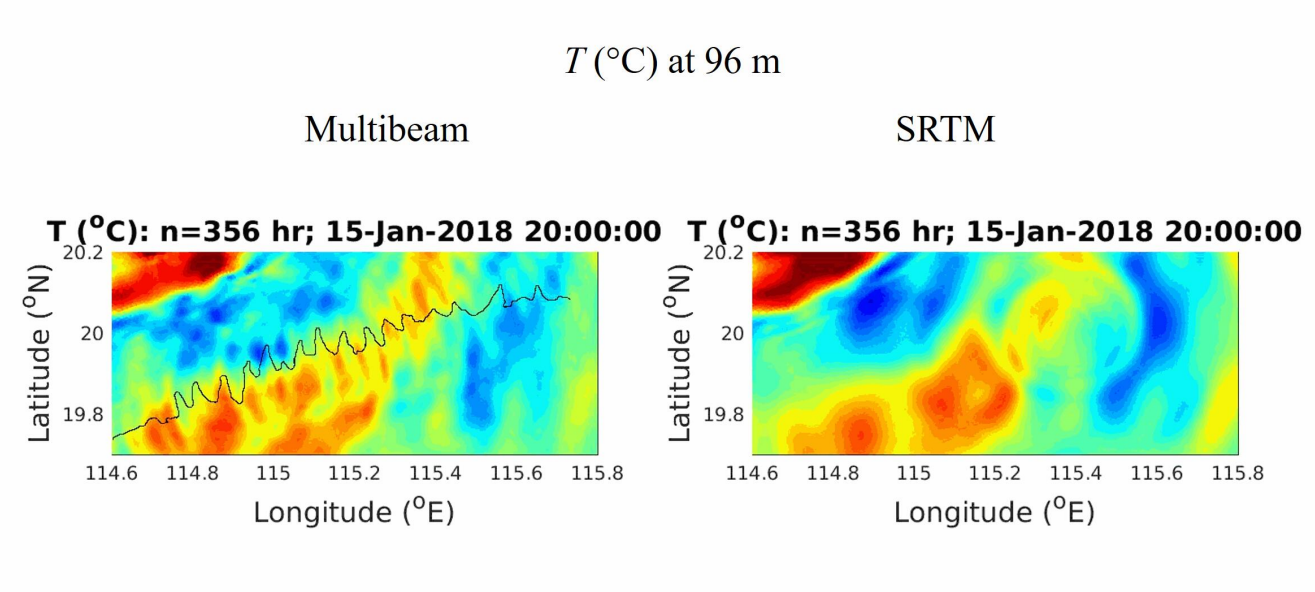
Dissipation and transport due to internal tides generated by multiple submarine canyons

*Qiang Li[1], Xianzhong Mao[1], Ran Liao[1]

1. Tsinghua University

Rough seafloor is a major source to generate internal waves in the ocean. High-resolution multibeam survey reveals detailed seafloor with complicated features, however, some are not shown in commonly used topography datasets, such as Smith and Sandwell (1997). A group of canyons on the continental shelf of the northern South China Sea were recently discovered during a geographic survey. Interaction between barotropic tides and concave-shape canyons generates internal tides, showing complex interference patterns. A linear model, based on normal-mode decomposition, reveals complex beam generation and interaction inside and between the canyons. Then, a very high resolution and three dimensional numerical model is employed to validate the linear model result and estimate local energy dissipation for internal wave generation by a group of canyons. Instead of complicated turbulence models, constant viscosity coefficients are used. Nonlinear interaction or shear instability during internal tide generation and propagation causes local diapycnal mixing, which is one of the key processes to drive material transport in continental shelf. Transport due to internal tides in the canyon region is also calculated and its relationship with local internal tide generation and propagation is discussed.

Keywords: internal waves, canyons, mixing



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度曳航式観測装置を用いた霞ヶ浦における物理構造計測
Measurement of Physical structure in Kasumigaura using high resolution tow-yo instrument

*浅岡 大輝[1]、増永 英治[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3]
*Daiki Asaoka[1], Eiji Masunaga[1], Shunsuke Komuro[2], Shunichi Matsumoto[2], Masahiko Ono[3], Hiroaki Banba[3]

1. 茨城大学、2. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3. 国土交通省
1. Ibaraki University, 2. Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center, 3. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

霞ヶ浦では貧酸素水塊や富栄養化の影響により水質汚濁が発生し，生態系に悪影響をもたらしている．富栄養化や貧酸素水塊の発生の原因を明らかにするには物理構造の理解が不可欠である．そこで本研究では高解像度な観測を可能とするYODA Profiler及び係留系を用い，霞ヶ浦（北浦）の夏季における物理構造を把握し，湖沼内における詳細な物理プロセスを明らかにすることを目的とした．北浦は南北約25 km，東西約4 kmに広がる南北に長い地形を伴う湖であり，夏季には成層が強められ，水温躍層が発達する．湖盆中央における係留系による観測データから水温躍層以浅の薄い混合層が風応力により次第に分厚くなり，その後数時間で消失するという混合状態を計測した．この混合状態の詳細をYODA Profilerで計測した結果，上層の温水が下層の冷水と不安定構造を伴いながら混合すると同時に温水が風下側に移動していた．YODA Profilerから取得したデータから東西方向の物理構造はおおよそWedderburn numberで説明することができた．しかしながら定量的な水温躍層の鉛直変位は，密度構造の複雑さのために密度差を考慮したWedderburn numberで説明することは難しく，単純に風応力で説明できることが分かった．係留観測で取得した鉛直方向の水温時系列変化から表層混合層の厚さの時系列変化を求めた．日平均風速が8 m/s以上の日には表層混合層は湖底に到達し全層混合を引き起こす可能性が高いことが分かった．また南北方向の観測結果から，湖内では数kmスケールの波状の水温分布が形成されていることが分かった．観測された水温構造を3次元水理モデルSUNTANSを用いた数値計算と共に解析した結果，風応力に対する東西方向の水温変化の応答は複雑な湖岸地形に影響を受け，卓越する風向（東西）に対し垂直方向（南北）に帯状の水温構造を形成していた．この帯状の構造は，風下側の湾状地形内では温水が吹き寄せられ収束する傾向にあるため発生したと考えられる．観測された物理構造は，湖内の酸素濃度や植物プランクトン分布に強く影響していることも分かった．

キーワード：水温躍層、混合層、風応力
Keywords: Thermocline, Mixed layer, Wind stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層が発達する浅水湖における混合と傾圧構造に関する研究
Mixing and baroclinic structure in a stratified shallow lake, Lake Kasumigaura, Japan

*増永 英治[1]、浅岡 大輝[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3]
*Eiji Masunaga[1], Daiki Asaoka[1], Shunsuke Komuro[2], Shunichi Matsumoto[2], Masahiko Ono[3], Hiroaki Banba[3]

1. 茨城大学、2. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3. 国土交通省
1. Ibaraki University, 2. Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center, 3. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

This study presents mixing and baroclinic structure associated with hypoxia in a shallow lake, Lake Kasumigaura, using field observations and numerical simulations. Hypoxia in stratified lakes is one of the pressing issues for maintaining water environment and ecosystems. Mooring observations show that hypoxia events occur when the stratification is enhanced by the surface heat flux. The stratification (N^2) is controlled by the ratio between the surface wind stress and surface heat (buoyanvy) flux. The strength of the stratification/mixing can be simply explained by the Monin-Obukov length scale, L_{MO}. N^2 is linearly related with L_{MO} in a log scale with a correlation coefficient of approximately 0.7. According to the heat budget analysis, the bottom sediment heat flux toward the bottom significantly contribute to the heat content as well as the surface heat flux. The heat flux toward the bottom is roughly an order of 100 W m^{-2} during the summer season, which suppresses mixing near the bottom. The internal wave-like baroclinic structure was observed by high resolution survey using the YODA Profiler. Baroclinic motions are enhanced by the surface wind stress, and they transport the hypoxic water, suspended sediments and phytoplanktons. In addition to field surveys, three-dimensional simulations were conducted with SUNTANS to further investigate physical processes in the lake. Numerical results well agree to observational results and show that baroclinic motions influence in the whole of the lake basin. The wind-induced baroclinic energy is generated in the middle of the lake basin and propagate to the onshore. This study suggests that mixing and baroclinic motions due to buoyancy and wind effects play an important role in the oxygen distribution in Lake Kasumigaura.

キーワード：混合、貧酸素水塊、内部波
Keywords: Mixing, Hypoxia, Internal waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、永井 平

近年の観測や数値計算技術を用いた研究により沿岸海域における諸現象の詳細が明らかとなりつつある．これらの沿岸海域で発生する現象は，地球規模の海洋・大気循環や生態系にとって非常に重要であると考えられている．本セッションは沿岸・縁辺海域，河口域や湖沼における混合，渦，非線形内部波等の研究発表を集め議論を行う．その他，沿岸海域の物理現象と大スケールの外洋における黒潮や海洋循環を関連づける研究発表も本セッションの議論の対象とする．

15:30 ~ 15:45

[AOS14-07] 豊後水道における乱流混合と鉛直硝酸塩フラックス

*堤 英輔[1]、吉江 直樹[2]、眞野 能[3]、神田 泰成[3]、藤井 直紀[4]、郭 新宇[2] (1.九州大学　応用力学研究所、2.愛媛大学　沿岸環境科学研究センター、3.愛媛大学大学院　理工学研究科、4.佐賀大学　農学部)

15:45 ~ 16:00

[AOS14-08] Numerical Analysis of Submerged Turbulent Buoyant Jet in River Mouth

*Yen-Chen Mou[1]、Gene You[1]、Chih-Chieh Young[2] (1.National Taiwan University、2.National Taiwan Ocean University)

16:00 ~ 16:15

[AOS14-09] 多段ネスト ROMS モデルに基づいた STEAMER におけるダウンスケーリング機能の実装

*上平 雄基[1]、川村 英之[1]、小林 卓也[1]、内山 雄介[2] (1.日本原子力研究開発機構、2.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[AOS14-10] Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送・拡散の評価

*木村 和久[1]、増永 英治[1]、小硲 大地[2]、内山 雄介[3] (1.茨城大学、2.港湾空港技術研究所、3.神戸大学)

16:30 ~ 16:45

[AOS14-11] 黒潮続流ジェットから放出される切離中規模渦の挙動と力学的効果について

*内山 雄介[1]、岡田 信瑛[1]、Changming Dong[2] (1.神戸大学大学院工学研究科、2.Nanjing University of Information Science & Technology)

16:45 ~ 17:00

Discussion

豊後水道における乱流混合と鉛直硝酸塩フラックス
Turbulent mixing and vertical nitrate flux in the Bungo Channel, Japan

*堤 英輔[1]、吉江 直樹[2]、眞野 能[3]、神田 泰成[3]、藤井 直紀[4]、郭 新宇[2]
*TSUTSUMI EISUKE[1], Naoki Yoshie[2], Takashi Mano[3], Kanda Taisei[3], Naoki Fujii[4], Xinyu Guo[2]

1. 九州大学　応用力学研究所、2. 愛媛大学　沿岸環境科学研究センター、3. 愛媛大学大学院　理工学研究科、4. 佐賀大学　農学部
1. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 2. Center for Marine Environmental Studies, Ehime Univeristy, 3. Graduate School for Science and Engineering, Ehime University, 4. Faculty of Agriculture, Saga Univerisity

Turbulent mixing plays a key role in primary production in coastal seas through supplying nutrients to the euphotic zone from deeper layers and to the ocean from rivers. Understanding of turbulent dynamics in coastal seas is therefore essential for prediction, conservation and management of coastal ecosystems. Here, we studied turbulent mixing and the associated vertical nitrate transport in a tidally-energetic channel between the Kuroshio region and the Seto Inland Sea (Bungo Channel, Japan). Takeoka [1993] hypothesized that strong vertical mixing and the associated secondary circulation in the channel maintains primary production through supplying large amount of nutrients coming from the Kuroshio region. We conducted simultaneous measurements of turbulence and nitrate concentration along a section in the Bungo Channel using a microstructure turbulence profiler (TurboMAP-5, JFE Advantech) and optical nitrate sensor (SUNA-V2, Sea-Bird Scientific) on 27 August, 2017. We found nitrate-rich cold waters in the bottom of the southern part of the section, which coincide with a typical bottom intrusion from the Kuroshio region. Largest vertical eddy diffusivity of O(10^{-2}) m^2 s^{-1} and the associated upward nitrate flux of O(10) mmol m^{-2} day^{-1} were obtained at 20-30 m depth south of deep and narrow strait (Hoyo Strait). Also, subsurface maximum in chlorophyll fluorescence is observed just above the strong turbulence layer, possibly suggesting phytoplankton blooms in response to the high turbulent nitrate flux. The strong vertical turbulent diffusion was associated with density overturns and elevated vertical shear, indicating internal wave breaking. We hypothesis that internal tides generated in the Hoyo Strait is one of the key processes in enhancement of turbulent mixing and nutrient transport in the Bungo Channel.

キーワード：乱流混合、鉛直硝酸塩フラックス、内部潮汐
Keywords: turbulent mixing, vertical nitrate flux, internal tides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical Analysis of Submerged Turbulent Buoyant Jet in River Mouth

*Yen-Chen Mou[1], Gene You[1], Chih-Chieh Young[2]

1. National Taiwan University, 2. National Taiwan Ocean University

The purpose of this study is to investigate the characteristics of submerged turbulent buoyant jet in river mouth by simulating basic fluid mechanisms. The numerical model composes two-dimensional continuity equation, momentum equation, and advective diffusion equation. Since our model is building on basic fluid mechanics formulas, we can test the movement of buoyant jet in the river mouth depends on different parameters, such as environmental and geometrical factors. One of our focuses will be how the phenomena be influenced by inflow hydrograph and sediment concentration, as well as real events and analyze their effect submerged turbulent buoyant jet motion pattern.

Our model will be applied to simulated several characteristic behaviors that are consistent with prior knowledge, including: (1) the inflow concentration is higher at the fixed inflow rate and calculation time, the formed buoyant jet has a large influence range and higher concentration; (2) when the inflow rate is high in a fixed flow concentration and calculation time, the generated buoyant jet has a large influence range and that shape more bulging. Moreover, we will adjust the downstream boundary conditions. When the downstream water level is high, the range and the duration time of the buoyant jet are great. As expected, the concentration of the same location is also higher than other situation that has a lower downstream water level. So far, this model will progress to the extent that it can capture the overall trend of buoyant jet movements, and this simulation is based only on the physical mechanism of the sand-containing fluid itself.

Keywords: Submerged Turbulent Buoyant Jet, River Mouth, Numerical Analysis, Finite-Difference Methods, Buoyancy, Plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多段ネスト ROMS モテ゛ルに基つ゛いた STEAMER におけるタ゛ウンスケーリンク゛機能の実装

Implementing regional downscaling capability in the STEAMER radionuclide dispersion prediction system based on multi-nested ROMS model

*上平 雄基[1]、川村 英之[1]、小林 卓也[1]、内山 雄介[2]
*Kamidaira Yuki[1], Hideyuki Kawamura[1], Takuya Kobayashi[1], Yusuke Uchiyama[2]

1. 日本原子力研究開発機構、2. 神戸大学
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Kobe University

Oceanic regional downscaling capability was implemented into Short-Term Emergency Assessment system of Marine Environmental Radioactivity (STEAMER) developed by Japan Atomic Energy Agency (JAEA) to enable us to predict more realistically the oceanic dispersion of radionuclides at higher spatiotemporal resolutions for broader applications. The system consisted of double-nested Regional Ocean Modeling System (ROMS) with tidal forcing embedded in the Multivariate Ocean Variational Estimation system for the Western North Pacific (MOVE-WNP), assimilative reanalysis/forecast product and an oceanic radionuclide dispersion model SEA-GEARN developed by JAEA. Surface wind stress was provided by the Grid Point Value of the Global Spectral Model (GPV-GSM) atmospheric reanalysis/forecast while surface heat and freshwater fluxes are from the Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (COADS) monthly climatology. Ten principal tidal constituents from the TPXO 7.0 global tidal reanalysis were additionally imposed on the sea surface height as boundary condition along the perimeter to include barotropic tides and the resultant intrinsic baroclinic tides. The horizontal grid spacing was decreased from ~10 km in the outermost MOVE-WNP, to 3 km in the intermediate ROMS-L1 model, and further down to 1 km in the innermost ROMS-L2 model. The model results showed reasonable agreement with tidal observations. The system was used to comparatively examine downscaling and tidal effects on the dispersion of radionuclides hypothetically released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. The simulated dissolved ^{137}Cs distribution had seasonal variability and was different from that obtained using coarser-resolution models because downscaling enhanced both horizontal and vertical mixing. Temporal ^{137}Cs fluctuations were slightly amplified as a result of the suppression of horizontal mixing and enhancement of vertical mixing by tides. In addition, the submesoscale effects strengthened the three-dimensional ^{137}Cs fluctuations by <10 times, while the tidal effects promoted slightly increased the intensity of three-dimensional ^{137}Cs fluctuations by approximately 3-30%. This indicated that the submesoscale effects substantially surpassed tidal forcing in oceanic mixing in the coastal margin off Fukushima.

キーワード：領域海洋モデリングシステム、放射性物質拡散モデル
Keywords: ROMS, radionuclide dispersion model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送・拡散の評価

Transport processes around the Izu-chain islands investigated with a Lagrangian particle tracking model

*木村 和久[1]、増永 英治[1]、小俗 大地[2]、内山 雄介[3]
*Waku Kimura[1], Eiji Masunaga[1], Taichi Kosako[2], Yusuke Uchiyama[3]

1. 茨城大学、2. 港湾空港技術研究所、3. 神戸大学
1. Ibaraki University, 2. Port and Airport Research Institute, 3. Kobe University

伊豆諸島周辺海域は，黒潮や渦，潮汐が複合的に影響する海域の一つである．伊豆諸島周辺海域において詳細な物質輸送や拡散についての知見は乏しいが，北太平洋全体の海洋環境や生態系を解明する上では重要と言える．そこで本研究では，領域海洋循環モデルROMSを用いた伊豆諸島周辺海域の流動再解析値に対してLagrange粒子追跡計算を実施し，黒潮や渦，潮汐が複合的に影響する海域における物質輸送および拡散の評価を行った．粒子は伊豆諸島周辺，黒潮流軸周辺，黒潮流軸南方の計3海域にリリースした．解析の結果，海域によって粒子の軌跡は大きく異なることがわかった．さらに，伊豆諸島周辺海域にリリースした粒子は30日後に60%以上の粒子が領域外へと輸送された．一方，黒潮流軸周辺および黒潮流軸南方にリリースした粒子は30日後に90%以上の粒子が領域外へと輸送された．潮汐の有無による対象領域の相対渦度を比較すると，潮汐を考慮することでサブメソスケールの渦度が上昇した．潮汐による物質拡散への影響を比較した結果，2日間スケールでは潮汐が物質の拡散に大きく寄与していたが，5日間以上の長い時間スケールでは潮汐が大きなスケールの移流の効果を抑制し，物質の輸送を抑制させていた．粒子の移動速度の周波数スペクトルは，半日周期にピークを示し，高い周波数では潮汐を考慮したモデルの方が高く，低い周波数では潮汐を考慮していないモデルの方が高い値を示した．このことから，潮汐はサブメソスケール渦などの高周波数の運動を促進させ，長い時間スケールの大きな渦運動を抑制させている可能性があることが明らかとなった．本研究より潮汐により発生する流れと黒潮由来のサブメソスケール渦が干渉し，伊豆諸島周辺海域の物質輸送に大きく関わっていることが明らかとなった．

キーワード：潮汐、Lagrange粒子追跡モデル、黒潮
Keywords: Tide, Lagrangian particle tracking model, Kuroshio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒潮続流ジェットから放出される切離中規模渦の挙動と力学的効果について

Fates and dynamical roles of pinch-off mesoscale eddies originated from the Kuroshio Extension Jet

*内山 雄介[1]、岡田 信瑛[1]、Changming Dong[2]
*Yusuke Uchiyama[1], Nobue Okada[1], Changming Dong[2]

1. 神戸大学大学院工学研究科、2. Nanjing University of Information Science & Technology
1. Graduate School of Engineering, Kobe University, 2. Nanjing University of Information Science & Technology

Mesoscale eddies are ubiquitous in the world ocean that frequently collide with currents, leading to substantial alteration of the associated dynamics. For instance, the Kuroshio plays a major role in preconditioning the coastal environment around Japan through poleward heat and material transport from the subtropics, while its path is known to meander occasionally by eddy collisions. Pinch-off mesoscale eddies that detach intermittently from the Kuroshio tend to travel westward as Rossby waves and have been found to collide with the Kuroshio again to alter oceanic and coastal environment through alteration of the Kuroshio path.

For realization of such processes, we applied the eddy detection algorithm used in Liu et al. (2012) to ARMOR3D. The ARMOR3D dataset is a 3D global currents and density data set that is reconstructed from a combination of extensive satellite data and in situ observations based on the geostrophic thermal wind relation and statistical methods as described in Guinehut et al. (2012). By conducting several sensitivity tests, we introduced constraints on vorticity magnitude of detected mesoscale eddies and their relative positions to the Kuroshio path to determine pinch-off eddies near the Kuroshio Extension (KE) region. It was found that the constraint on vorticity magnitude of the detected individual eddies greater than 0.15f, where f is the local Coriolis frequency, throughout eddy lifetime is significant to successfully isolate pinch-off eddies.

With this constraint, we discovered that most of the detected pinch-off eddies are cyclonic on the south side of the KE region, while anticyclonic eddies are predominant on the north side. The former occurred 2.5–3 times as often as the latter, although in the entire North Pacific, cyclonic eddies occurred only 12.1% more frequently than anticyclonic eddies. Hence, it is considered that this cyclone dominance in the pinch-off eddies from the Kuroshio is a unique feature. We also succeeded to determine pinch-off eddies that collide again with the Kuroshio by introducing another constraint, which is the threshold distance between the Kuroshio path and terminal positions of pinch-off eddies traveled westward. In several selected cases with these constraints, comparisons of the surface temperature and salinity before and after the eddy collisions clearly exhibit that the alteration of the Kuroshio path due to eddy collisions is quite influential in modifying the oceanic structures. It was also found that the pinch-off eddies occasionally interact with other mesoscale eddies to modify the upper-ocean structure pronouncedly.

The Kuroshio path in the KE region is known to vary on annual to decadal time scales, where it was rather stable for 1993-1995 and 2002-2005, whereas largely meandered unstably for 1996–2001 and 2006–2009. During the first unstable periods, the number of cyclonic pinch-off eddies were significantly increased in the area between 144°E and 150°E for 1996–2001. However, no significant increase was observed during the other unstable period for 2006–2009. More than 70% of the pinch-off eddies that

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

collided with the Kuroshio appeared during the unstable periods, suggesting that the stability of the Kuroshio path in the KE region is a key influencer on vigorous generation of such colliding pinch-off eddies.

キーワード：切離中規模渦、黒潮、渦追跡法、ARMOR3D
Keywords: pinch-off mesoscale eddy, Kuroshio, eddy tracking algorithm, ARMOR3D

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 201B 2F

[A-HW22] 流域の物質輸送と栄養塩循環ー源流域から沿岸海域までー

コンビーナ:小林 政広(国立研究開発法人森林研究・整備機構　森林総合研究所)、吉川 省子(農業・食品産業技術総合研究機構　農業環境変動研究センター)、安元 純(琉球大学　農学部　地域農業工学科)、Adina Paytan(University of California Santa Cruz)、座長:奥田 昇(総合地球環境学研究所)

本セッションでは，源流部から沿岸海域を含む流域における物質輸送および栄養塩循環について，幅広い研究分野（陸水学，水文学，地下水学，沿岸海洋学，気象学，土壌学，堆積学，林学，農学，水産学，生態学，社会科学など）からの話題提供を踏まえて，持続可能な流域環境に関する分野横断的な議論を行うことを目的としている．特に，人間活動や気候変動の影響下における複雑で動的な水系における自然現象やその時間変化に主眼をおいた物理，化学，生物学的メカニズムを明瞭にするために，トレーサー技術，分子レベルの技術，水理モデル，古生物学的手法，屋内やフィールドでの試験，生態系サービスや社会ー生態学システムについての社会科学的評価など，流域科学のための新しい手法に基づく研究発表を歓迎する．このセッションを通して，新しい流域科学を創造するために，分野を超えた参加者相互の議論と協力体制作りを目指したい．

15:30 ~ 15:40

Introduction

15:40 ~ 16:00

[AHW22-01] **Coral Skeleton $\delta^{15}N$ as a Tracer of Historic Nutrient Loading to a Coral Reef in Maui, Hawaii**

★Invited Papers

*Adina Paytan[1] (1.University of California Santa Cruz)

16:00 ~ 16:15

[AHW22-02] **The Use of Ammonium and Trace Metals in Identifying Low Redox Environment Zone at Indonesian Coastal Alluvial Groundwater**

*Anna Fadliah Rusydi[1,4]、Mitsuyo - Saito[2]、Seiichiro - Ioka[3]、Shin-ichi - Onodera[1] (1.Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Japan、2.Graduate School of Environmental and Life Sciences, Okayama University, Japan、3.Institute of Regional Innovation, Hirosaki University, Japan、4.Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences, Indonesia)

16:15 ~ 16:30

[AHW22-03] Spatial and temporal variation in submarine groundwater discharge (SGD) on a beach scale in a temperate coastal island: a multi-tracer approach

*齋藤 光代[1]、小野寺 真一[2]、友澤 裕介[2]、浅井 和由[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.広島大学大学院総合科学研究科、3.地球科学研究所)

16:30 ~ 16:45

[AHW22-04] **Phosphorus discharge via groundwater into the lake, based on lacustrine groundwater discharge (LGD) and alluvial plain sediment**

*小野寺 真一[1]、齋藤 光代[2]、金 広哲[3]、Anna Rusydi[1]、友澤 裕介[1]、王 昆陽[1]、伴 修平[4]、奥田 昇[5] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.岡山大学、3.Guangdong Ocean University、4.滋賀県立大学、5.総合地球環境学研究所)

16:45 ~ 17:00

[AHW22-05] **Geochemical controls and health implications of water chemistry in Benoue River Basin, North Cameroon: Insights from Major ions**

*Sharon Bih Kimbi[1,2]、Wilson Y Fantong[3]、Samuel N Ayonghe[2]、Robert Kringel[4]、Shin-ichi Onodera[1] (1.Graduate School of Integrate Arts and Sciences, Hiroshima University、2.Department of Environmental Science, Faculty of science, University of Buea、3.Institute of Mining and Geological Research (IRGM)、

4.Federal Institute for Geoscience and Natural Resources Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) PRESS NO & SW)

Coral Skeleton $\delta^{15}N$ as a Tracer of Historic Nutrient Loading to a Coral Reef in Maui, Hawaii

*Adina Paytan[1]

1. University of California Santa Cruz

Excess nutrient loading to nearshore environments has been linked to declining water quality and ecosystem health. Macro-algal blooms, eutrophication, and reduction in coral cover have been observed in West Maui, Hawaii, and linked to nutrient inputs from coastal submarine groundwater seeps. Here, we present a forty-year record of nitrogen isotopes ($\delta^{15}N$) of intra-crystalline coral skeletal organic matter in three coral cores collected at this site and evaluate the record in terms of changes in nitrogen sources. Our results show a dramatic increase in coral $\delta^{15}N$ values after 1995, corresponding with the implementation of biological nutrient removal at the nearby Lahaina Wastewater Reclamation Facility (LWRF). High $\delta^{15}N$ values are known to be strongly indicative of denitrification and sewage effluent, corroborating a previously suggested link between local wastewater injection and degradation of the reef environment. This record demonstrates the power of coral skeletal $\delta^{15}N$ as a tool for evaluating nutrient dynamics within coral reef environments.

Keywords: Nitrogen Isotopes, Corals, Submarine Groundwater Discharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Use of Ammonium and Trace Metals in Identifying Low Redox Environment Zone at Indonesian Coastal Alluvial Groundwater

*Anna Fadliah Rusydi[1,4], Mitsuyo - Saito[2], Seiichiro - Ioka[3], Shin-ichi - Onodera[1]

1. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Japan, 2. Graduate School of Environmental and Life Sciences, Okayama University, Japan, 3. Institute of Regional Innovation, Hirosaki University, Japan, 4. Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences, Indonesia

Reduction and oxidation (redox) conditions in the aquifer are essential factors; those can determine the behavior of chemicals in the groundwater system. Nowadays, researches concerning the low redox (reduction) environment are growing significantly since some pollutions occur under this condition. The study was taken place in Indramayu, Indonesia. The area is an alluvial plain located on the North Coast of West Java Island. The groundwater in the alluvial area is compelling to study because it has a large aquifer storage capacity but unfortunately vulnerable to contamination. Moreover, the contamination will get severe under reduction environment. The primary objective of this study is to understand groundwater vulnerability by identifying the reduction environmental zone in the study site.

In this research, we used combined chemical parameters: ammonium (NH_4^+-N), dissolve manganese (Mn^{2+}) and ferrous (Fe^{2+}), to trace reduction condition in the groundwater. NH_4^+-N is one form of nitrogen compound that usually arise under reduction condition. Other parameters that arise with the reduction process are Mn^{2+} and Fe^{2+}. Therefore, in this investigation, we assumed the use of NH_4^+-N, combined with the concentrations of Mn^{2+} and Fe^{2+} elements, are able to identify groundwater reduction environment.

Totally, there was ten soil taken from 2 boreholes located at the south and north of the research site and 20 water samples collected from groundwater (18) and river (2). The soil samples were analyzed for NH_4^+-N and C/N ratio parameters. These data were used to explain further about NH_4^+-N presence in groundwater. Additionally, the water samples were analyzed for NH_4^+-N, $Mn^{2+,}$ and Fe^{2+} concentrations. The aquifer materials consist of sandstone, claystone, and sandy claystone. The NH_4^+-N concentrations were ranged from 0.82 until 3.37 mg / L. However; there was no clear relationship between the soil’s depth and compositions with NH_4^+-N concentrations. The soil samples had low C/N ratios, with values of 8.00 to 12.19. This is indicating that N-organic in the soil potentially experiences mineralization, one that produces NH_4^+-N. Furthermore, NH_4^+-N in water samples were detected as the dominant nitrogen form at most sites. Similarly, Mn^{2+} was detected at almost all locations. Moreover, the concentrations of Mn^{2+} were high (> 0.05 mg / L), around 0.07 - 12.8 mg / L, at 16 locations. High concentrations of Fe^{2+} (> 0.3 mg/L), were found in groundwater at 6 locations. The concentrations were ranged from 1.39 to 9.91 mg/L. The presence of NH_4^+-N along with high Mn^{2+} contents indicated that almost all locations experienced reduction condition at a zone of manganese reduction. Moreover, at 6 locations, the reduction process was stronger and lead to becoming ferrous zone. This was shown by NH_4^+-N existence as dominant nitrogen form and high concentrations of Fe^{2+} as well as Mn^{2+}.

Keywords: Ammonium, Manganese, Ferrous, Reduction, Coastal Groundwater, Indramayu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial and temporal variation in submarine groundwater discharge (SGD) on a beach scale in a temperate coastal island: a multi-tracer approach

*齋藤 光代[1]、小野寺 真一[2]、友澤 裕介[2]、浅井 和由[3]
*Mitsuyo Saito[1], Shin-ichi Onodera[2], Yusuke Tomozawa[2], Kazuyoshi Asai[3]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、2. 広島大学大学院総合科学研究科、3. 地球科学研究所
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 3. Geo Science Laboratory

Submarine groundwater discharge (SGD) is defined as subsurface water flow from the seabed to the coastal sea and ocean. Because groundwater often contains higher nutrients than river water, SGD delivers comparatively large quantities of nutrients to coastal ecosystems. However, there are few studies to examine the spatial relation between SGD and coastal ecosystem such as seagrasses and seaweeds. In the present research, we aimed to examine the spatial and temporal variation in SGD on a beach scale in a temperate coastal island.
The study areas are located on Ikuchijima Island in Seto Inland Sea, southern Japan. The regional climate is mild, with an annual mean precipitation of 1,100 mm and temperature of 15.6 ˚C. The whole island is characterized by steep slopes and is widely covered by citrus farms with more than 40% of the island. The previous researches confirmed that SGD can rival or even exceed surface runoff in this island. However, the spatial and temporal variation in SGD on a beach scale was not well examined. We installed piezometers in two beach sites (Gohonmatsu: IKG and Miyabara: IKM) and measured water pressure, water temperature, electric conductivity (EC), and radon (^{222}Rn) concentration in pore water in July and December 2018, and January 2019. In January 2019, SF6 (sulfur hexafluoride) concentration was measured to estimate residence time of pore water. Before the field campaign in July 2018, the study area had an extreme rainfall event. IKG has steeper backland topography than IKM. There is no surface water inflow to IKG, while a small channel inflow to IKM. Main bottom material is sand in both beaches, however, the western part of IKG is covered by coarse gravels. Large spatial variation in hydraulic potential, water temperature, EC and ^{222}Rn concentration in pore water were confirmed in both beaches, with larger variation range in IKG. EC was totally lower and ^{222}Rn was higher in IKG than IKM. These results suggest that higher rate in fresh-SGD in IKG than IKM. In addition, significant low EC and high ^{222}Rn concentration were confirmed in the western part of IKG in July 2018.

キーワード：海底湧水、海浜スケール、時空間変化
Keywords: Submarine groundwater discharge (SGD), Beach scale, Spatial and temporal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Phosphorus discharge via groundwater into the lake, based on lacustrine groundwater discharge (LGD) and alluvial plain sediment

*小野寺 真一[1]、齋藤 光代[2]、金 广哲[3]、Anna Rusydi[1]、友澤 裕介[1]、王 昆陽[1]、伴 修平[4]、奥田 昇[5]
*Shin-ichi Onodera[1], Mitsuyo Saito[2], Guangzhe Jin[3], Anna Fadliah Rusydi[1], Yusuke Tomozawa[1], Kunyang Wang[1], Syuhei Ban[4], Noboru Okuda[5]

1. 広島大学大学院総合科学研究科、2. 岡山大学、3. Guangdong Ocean University、4. 滋賀県立大学、5. 総合地球環境学研究所
1. Graduate School of Integrated and Arts Sciences, Hiroshima University, 2. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3. Guangdong Ocean University, 4. The University of Shiga Prefecture, 5. Research Institute for Humanity and Nature

Groundwater discharge and nutrient flux into a lake has not been confirmed enough in terms of spatial variation including those in deeper zone. Biwa Lake has different characteristics between in northern and southern. In northern, the water depth varies up to 100m, groundwater discharge is also expected not only in beach sides with shallower depth but in deeper zones. We examined to indicate spatial variation of Rn-222 and to compare with the results of seepage observations by Kobayashi (1993).

Radon radioisotope (Rn-222) concentrations were measured by a RAD7 at 500 m interval along the whole shoreline of the northern lake, and surface water samples were coincidently collected. Oxygen stable isotope ratio ($\delta^{18}O$), Chloride anion and nutrients (nitrogen, phosphorus, and silicon) concentrations were measured in the laboratory in order to evaluate inflow of the groundwater into the lake. Those dissolved materials were also measured from the groundwater samples were collected in ca. 20 wells situated along the shore of the lake as well as those in river waters. In the eastern coast (Hikone), artesian groundwater was also collected because of aquiclude at 10m deep under the ground. Lake waters at the surface, middle and bottom layers and interstitial waters in the bottom sediments were collected for measuring Rn-222 concentrations.

At the both sites of Yasu and Takashima, high pressures of groundwater indicated flow of the water to the lake under the ground. Spatial distributions in Rn-222, Cl^- and nutrient concentrations with those in $\delta^{18}O$ along the coasts also indicated discharges of groundwater into the lake. High concentrations of dissolved phosphorus phosphate (> 0.1ppm) were detected from several wells out of 15 ones investigated. Based on the comparative results with the seepage observations, we could confirm good correlation between Rn-222 concentration and seepage observation results.

In addition, Rn-222 concentrations in lake waters were measured in the surface and bottom layers at the 4 stations with different water depths (5m, 10m and 20m) in October 2015 and July 2016. The highest Rn-222 was observed in the bottom layer at 20m-deep site in both periods. The concentration was more than 2-fold of that in the littoral site. It suggests high possibility of deep-LGD from offshore lake floor.

キーワード：リン、地下水、沖積平野、堆積物
Keywords: Phosphorus, groundwater, alluvial plain, semiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical controls and health implications of water chemistry in Benoue River Basin, North Cameroon: Insights from Major ions

*Sharon Bih Kimbi[1,2], Wilson Y Fantong[3], Samuel N Ayonghe[2], Robert Kringel[4], Shin-ichi Onodera[1]

1. Graduate School of Integrate Arts and Sciences, Hiroshima University, 2. Department of Environmental Science, Faculty of science, University of Buea, 3. Institute of Mining and Geological Research (IRGM), 4. Federal Institute for Geoscience and Natural Resources Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) PRESS NO & SW

Increase population growth in the north region of Cameroon coupled with rapid urbanisation has led to the widespread of informal settlements in urban areas. Multivariate statistics and hydrochemical diagrams were used to investigate the groundwater chemistry, usability and the impact of urbanisation on water resource quality. The purposive random technique was used to sample and collect 86 water samples from 34 boreholes, 37 wells, 14 rivers and 1spring during the month of January, 2017. Major ions were analyzed using an Ion Chromatography. The results revealed that, water pH ranged from slightly acidic to basic meanwhile the water types varied from Ca-Cl in wells, Na-HCO_3 in springs and CaMg-HCO_3 in boreholes and rivers. Water sources did not meet WHO, 2006 quality standard with respect to pH (60.5% <7 & >8.5), EC (58.1%>250 μS/cm) and NO_3^-(60.5%>10mg/l). The Wilcox and USSL diagrams for irrigational uses showed that the water sources are of low to moderate salinity and low alkalinity hazard and thus excellent for use in irrigation. Increase concentrations of NO_3^- and Cl^- from 8.0mg/l to 198.4mg/l and from 2.0mg/l to 59.4mg/l in 1997 and 2017 (20yrs) respectively could be linked to increase population, poor waste disposal and pollution from agricultural fields. While anthropogenic activities are main provenance of NO_3^- and Cl^-, the population is equally affected by fluorosis from lithogenic fluoride and is at risk to nitrate. It is recommended that a monitoring and evaluation system for ground water sources with respect to their quantity and quality be put in place to ensure sustainable management by policy makers.

Keywords: Hydrochemistry, Water resources, Fluorosis, Urbanization, Cameroon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

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

We focus on various issues of water cycle and environment and aim to answer questions of hydrological and earth system sciences including 1) surface, subsurface and evapotranspiration processes of water cycle; 2) natural and anthropogenic hydrothermal systems, 3) environments issues and studies on a watershed or global scale, 4) water-related issues with ecological, environmental, and geochemical aspects, and 5) other issues in hydrological sciences. This session welcomes presentations regarding various kinds of approaches and techniques such as field survey, remote sensing, isotope tracers, numerical simulation, and theoretical analysis.

9:00 ~ 9:15

[AHW23-12] Drought Analysis based on Copulas and Poisson Process

*Pei-Yu Wu[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University, Department of Civil Engineering)

9:15 ~ 9:30

[AHW23-13] **Snow melt dynamics in snowfall dominated mountain regions in Shonai**

*Alexander Brandt[1,3]、Muhammad Fraz Ismail[2]、Larry Maximo Lopez Caceres[1]、Wolfgang Bogacki[2] (1.Yamagata University、2.Hochschule Koblenz、3.UGAS)

9:30 ~ 9:45

[AHW23-14] Study on transport of particulate organic matter in a small river with forest and paddy filed by using carbon isotopes ($\delta^{13}C$ and $\Delta^{14}C$)

*長尾 誠也[1]、田原 龍之介[2]、落合 伸也[1]、後藤 晶子[3]、長谷川 卓[3] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学大学院自然科学研究科、3.金沢大学理工学域地球社会基盤学系)

9:45 ~ 10:00

[AHW23-15] **Sources of Shallow Groundwater Salinity in the Ganges Delta of Bangladesh**

*Masudur Rahman[1,2]、Tomochika Tokunaga[1] (1.Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5, Kashiwa-no-ha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8563, Japan、2.Environmental Science Discipline, Life Science School, Khulna University, Khulna 9208, Bangladesh)

10:00 ~ 10:15

[AHW23-16] **Groundwater chemistry in the Gunii Khooloi basin, Southern Gobi Region of Mongolia using multivariate analysis**

*Batdemberel BAYANZUL[1,2]、Isao Machida[3]、Kengo Nakamura[2]、Noriaki Watanabe[2]、Takeshi Komai[2] (1.School of Geology and Mining Engineering, Mongolian University of Science and Technology、2.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、3.Groundwater research group, Advanced Industrial Science and Technology)

10:15 ~ 10:30

[AHW23-17] **Temporal observation of molybdenum concentrations in rivers from Erdenet mining area, Mongolia**

*Solongo Tsetsgee[1]、Keisuke Fukushi[1]、Altansukh Ochir[2]、 Takahashi Yoshio[3]、Ariuntungalag Yunden[2]、Enkhjin Odgerel[2]、Noriko Hasebe[1] (1.Kanazawa University、2.National University of Mongolia、3.The University of Toyko)

Drought Analysis based on Copulas and Poisson Process

*Pei-Yu Wu[1], Gene Jiing-yun You[1]

1. National Taiwan University, Department of Civil Engineering

Drought is a regular and recurring climatic phenomenon. Because of climate change and the increasing water demand, we have experienced higher drought deficit and severity in recent years. To evaluate the impact of the trend of drought, this study aims to develop an improved framework for streamflow drought analysis and simulation of the future conditions. Based on our proposed framework based on Copulas and Poisson process, this study firstly analyzes historical inflow data to estimate statistical parameters of drought. Secondly, we calculate three defined indices of the drought, drought duration, drought deficit, and interval time between droughts respectively. With statistical test, these three indices are found to be correlated. Following, the marginal distributions of these indices are estimated. Accordingly, this study constructs a stochastic model by three-dimensional Gaussian copulas to simulate the occurrence of drought events. In addition, to more appropriately simulate drought occurrences, a Poisson process is applied in this study to describe the occurrence between drought events. This simulation is based on the stationary assumption in current stage. In the future, we will consider the influence of climate change and simulate drought events under non-stationary condition. The results of this work can be utilized to support the decision or policy making processes in drought management.

Keywords: drought analysis, copulas, poisson process

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Snow melt dynamics in snowfall dominated mountain regions in Shonai

*Alexander Brandt[1,3], Muhammad Fraz Ismail[2], Larry Maximo Lopez Caceres[1], Wolfgang Bogacki[2]

1. Yamagata University, 2. Hochschule Koblenz, 3. UGAS

With a total snowfall of 1500 mm, which is the half of the total annual precipitation, Shonai is one of the snowiest regions of the world (*Asaoka et al, 2013*). Snow depth can reach up to 5.2 meters in March before the snow melt finishes in May. The maximum snow depth as 50-year average is 2.7 m in the Yamagata University Research Forest (YURF), southern of the Shonai plains. The relatively warm air in winter (~ 0˚C) leads to several melting and refreezing processes within the snow column, increasing the snow density to 0.5 g/cm³. This huge amount of snow in Yamagata, Akita and Aomori prefecture is the dominating water source for plants in spring and a good thermal insulation for the soil, which is never freezing in YURF. A change of wind direction in winter is the reason for the high amount of snow. Cold air from Siberia is passing the warm Japanese Sea and faces the central mountains of Tohoku (*Asaoka et al., 2013*). These characteristics are very unique in the world leading to snow accumulations higher than in most areas of the world (*Krasting et al., 2013, Masiokas et al., 2006*).

The thick snow pack with high density results in a high Snow Water Equivalent (SWE). Monitoring and modelling of the snow melt period in spring is essential to confirm river discharges, water infiltration into the soil and to calculate the water balance of Japanese mountain forests. A modelling approach was done with the calculation of Degree-Day Factors (DDF) (*Ismail et al., 2015*). Measurements to determine the snow pack differences of forest covered sites and clear-cut sites are conducted this winter and will be intensified in the snow melting period. We expect results comparable to *Jost et al. (2009)* and *Schelker et al. (2013)*.

Automatic and manual measurements of snow density and snow depth were conducted intensively in the last 7 years in YURF. Together with the DDF we already discovered a significant trend of changing melt dynamics after half of the melting season. Results show furthermore, that the snow cover is not losing water, even in the warm periods during the winter. Soil moisture is measured to identify the start of the snow melt period, river flow discharge measurements will be introduced as soon as the snow melt starts. All these measurements together are parameters for the following calculations of snowmelt runoff. Melting dynamic related to temperature, snow cover and season was discovered and will be compared with river discharge measurements.

Literature:

Asaoka, Yoshihiro, Yuji Kominami (2013): Incorporation of satellite-derived snow-cover area in spatial snowmelt modeling for a large area: determination of a gridded degree-day factor

Ismail, Muhammad Fraz, Habib-ur-Rehman, Wolfgang Bogacki, Noor Muhammad (2015): Degree Day Factor models for forecasting the snowmelt runoff for Naran watershed

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Jost, Georg, R. Dan Moore, Markus Weiler, David R. Gluns, Younes Alila (2009): Use of distributed snow measurements to test and improve a snowmelt model for predicting the effect of forest clear-cutting

Krasting, John P., Anthony J. Broccoli, Keith W. Dixon, John R. Lanzante (2013): Future Changes in Northern Hemisphere Snowfall

Masiokas, Mariano H., Ricardo Villalba, Brian H. Luckman, Carlos Le Quesne, Juan Carlos Aravena (2006): Snowpack Variations in the Central Andes of Argentina and Chile, 1951–2005: Large-Scale Atmospheric Influences and Implications for Water Resources in the Region

Schelker, J., L. Kuglerová, K. Eklöf, K. Bishop, H. Laudon (2013): Hydrological effects of clear-cutting in a boreal forest –Snowpack dynamics, snowmelt and streamflow responses

Keywords: Snow Water Equivalent, Degree-Day Factor, soil moisture, snowmelt, climate data, snow accumulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on transport of particulate organic matter in a small river with forest and paddy filed by using carbon isotopes ($\delta^{13}C$ and $\Delta^{14}C$)

*長尾 誠也[1]、田原 龍之介[2]、落合 伸也[1]、後藤 晶子[3]、長谷川 卓[3]
*Seiya Nagao[1], Ryunosuke Tahara[2], Shinya Ochiai[1], Akiko Goto[3], Takashi Hasegawa[3]

1. 金沢大学環日本海域環境研究センター、2. 金沢大学大学院自然科学研究科、3. 金沢大学理工学域地球社会基盤学系
1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 3. Institute of Science and Engineering, Kanazawa University

Radioactive and stable isotopes of carbon (^{14}C and ^{13}C) can serve as powerful tools for identifying sources and estimating turnover times of organic matter in aquatic systems. The present study aims to investigate variations in the characteristics of riverine particulate organic matter running through forests and paddy fields, corresponding to a typical Japanese river system. We selected the Kumaki River located in the central part of the Noto Peninsula in Ishikawa Prefecture, Japan. The river research was conducted at a fixed site of the midstream Kumaki River from April 2016 to March 2018.

Total organic carbon and nitrogen content was measured using the elemental analyzer after the 0.1 M HCl treatment to remove inorganic carbonates. ^{14}C measurements were performed by accelerator mass spectrometry. Final ^{14}C activities are reported in $\Delta^{14}C$. $\delta^{13}C$ values were determined for sub-samples of the CO_2 gas generated during graphite production, using an isotope ratio mass spectrometer.

$\delta^{13}C$ and $\Delta^{14}C$ values of organic matter in the riverine POC of Kumaki River show the range of −27.2‰ to −25.1‰, and −130 to +3 ‰, respectively. There are two negative correlations (correlation factor of 0.78) between the $\delta^{13}C$ and $\Delta^{14}C$ values at winter and the other season except for summer in July and August in 2017. The results indicate that particulate organic matter is mixed with two end-members such as surface forest soil and paddy field soil.

キーワード：放射性炭素、炭素安定同位体比、懸濁態有機物
Keywords: Radiocarbon, stable carbon isotope ratio, Particulate organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sources of Shallow Groundwater Salinity in the Ganges Delta of Bangladesh

*Masudur Rahman[1,2], Tomochika Tokunaga[1]

1. Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5, Kashiwa-no-ha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8563, Japan, 2. Environmental Science Discipline, Life Science School, Khulna University, Khulna 9208, Bangladesh

In Bangladesh, unconsolidated fluvio-deltaic sediments host highly productive aquifer systems that are generally classified as shallow aquifers (depth less than 150 m below ground level, mbgl) and deep aquifers (depth more than 150 mbgl). Elevated groundwater salinity in shallow aquifers underlying the southern deltaic areas, in addition to mass poisoning of arsenic, aggravates freshwater scarcity in the country. However, little is known about the origin of salinity and mechanisms of salinization. Therefore, we analyzed both measured and previously published data on pH (n=585), electrical conductivity (EC, n=737), chloride and bromide (n=120 each), stable isotopes of water (oxygen-18 & deuterium, n=175 each), and radiogenic isotopes (C-14, n=18 & tritium, n=29) to discuss these issues for the upper shallow groundwater (depth around 60 mbgl) in the Ganges delta covering much of the coastal areas of Bangladesh. Stable isotope data from two GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation) stations in the delta were incorporated in this study. A paleo-shoreline, representing the maximum extent of last marine transgression at around 7 ka, was retrieved from a previous study and incorporated as well.
The upper shallow groundwater shows slightly acidic to alkaline in nature (6.1-8.5) over the delta. EC ranges from 210-29,400 microsimens/cm with lower salinity in fluvial area (210-2,000 microsimens/cm) than those in tidal domain (383-29,400 microsimens/cm). Cl^-/Br^- molar ratios are higher in tidal area (160-540,000) than those in fluvial setting (42-2,800). The cross plot between oxygen-18 and deuterium isotopes shows that groundwater data fall on or slightly below the local meteoric water line (Figure 1). Most of the brackish groundwater (n=43, EC>2,000-10,000 microsimens/cm) contains depleted isotope signatures. In EC vs oxygen-18 cross plot, EC mostly increases with almost constant isotopic signatures and this trend does not follow seawater mixing. Tritium concentrations are either low (0.1-2.9 TU, n=6) or below detection limit (<0.3 TU, n=9) in tidal domain, whereas around 57% of data show 0.2-7.2 TU in fluvial area. Radiocarbon (C-14) signatures are also higher in fluvial area (around 50-88 pMC) than those in tidal domain (around 36-86 pMC).
These results indicate that present-day seawater intrusion or connate seawater/estuarine water entrapped within sediments is not a major source of elevated salinity in groundwater. Current seawater intrusion is being occurred probably only in limited areas, i.e., near the coast. Also, it is hypothesized that groundwater salinity was possibly provided through the dissolution of soluble salts in paleosols by paleo-precipitation and concurrent infiltration to aquifers. During the transgression, intertidal environment was dominated in the study area, where evaporites and mud-cracks were likely to be developed during prolonged dry season. Subsequently, the monsoonal precipitation dissolved these evaporite minerals and vertically infiltrated into aquifers through mud-cracks or sediments. The future tasks should concentrate on analyzing whether these processes are occurring currently in the delta as well as reconstruction of paleo-geography for validating the hypothesis.

Keywords: Elevated salinity, Upper shallow groundwater, Electrical conductivity, Isotopes, Intertidal environment, Evaporite minerals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

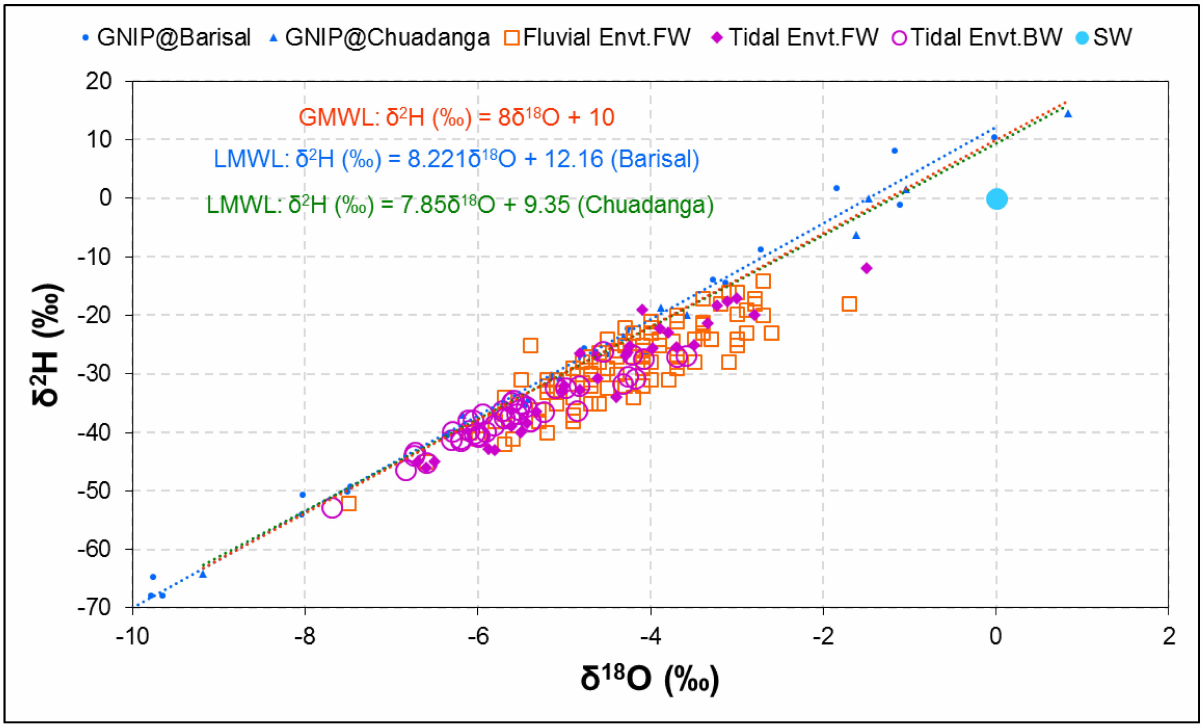


Figure 1: Cross plot between stable oxygen ($\delta^{18}O$) and deuterium ($\delta^{2}H$) isotopes

GNIP: Global Network of Isotopes in Precipitation, Envt.: Environment, FW: Freshwater (≤2000 µS/cm), BW: Brackish water (>2000 µS/cm), SW: Seawater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Groundwater chemistry in the Gunii Khooloi basin, Southern Gobi Region of Mongolia using multivariate analysis

*Batdemberel BAYANZUL[1,2], Isao Machida[3], Kengo Nakamura[2], Noriaki Watanabe[2], Takeshi Komai[2]

1. School of Geology and Mining Engineering, Mongolian University of Science and Technology, 2. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 3. Groundwater research group, Advanced Industrial Science and Technology

Water plays a vital role in the southern part of Mongolia where is climatically classified as an arid and semi-arid region, so called Southern Gobi Region of Mongolia (SGR). Groundwater serves as the only source of water supply and is largely utilized by mining companies such as the Tavan Tolgoi and Oyu Tolgoi Mine located in the SGR. The area is expected to face severe water shortages of mining and drinking water, which may be related to changes in groundwater recharge due to climate change. Understanding the geochemical evolution of groundwater and recharge mechanisms in the Gunii Khooloi basin is thus paramount for water resource management in this region. However, chemical compositions of groundwater in the SGR has not been studied so far.

In this study, the hydrogeochemical approaches have been introduced to characterize hydrogeochemical characteristics and its associated recharge processes in the Gunii Khooloi basin. To investigate this hydrogeochemical study, springs, groundwater in shallow wells and deep wells in the study area were sampled twice (in September 2016, and in June 2017). A total of 95 groundwater samples were collected within these two years for major chemical analysis in order to understand the general hydrogeochemical conditions of the Gunii Khooloi basin.

Here, we will present the groundwater chemical properties and relationship between shallow and deep groundwater in the Gunii Khooloi basin clarified by multivariate statistical analysis, such as principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA).

Keywords: Groundwater chemistry, Principal component analysis, Southern Gobi Region of Mongolia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Temporal observation of molybdenum concentrations in rivers from Erdenet mining area, Mongolia

*Solongo Tsetsgee[1], Keisuke Fukushi[1], Altansukh Ochir[2], Takahashi Yoshio[3], Ariuntungalag Yunden[2], Enkhjin Odgerel[2], Noriko Hasebe[1]

1. Kanazawa University, 2. National University of Mongolia, 3. The University of Toyko

Erdenet mine is one of the world’ s largest copper–molybdenum mine. This study is conducted the temporal observation of Mo concentrations in river waters. The waters were collected from three rivers, flowing thought Erdenet city, during 9 months in 2018 March to November.
During the summer Mo concentration was increasing with temperature and pH. On the other hand, When the winter was starting low concentration of Mo with low temperature and pH. The Mo concentration is positively correlated with pH and temperature. The tailing pond sample pH slightly lower than rivers due to it couldn’ t be increase of pH in river water. And also, sediment result showed that Mo concentration is lower than water. Therefore, another possibility of reason could be relating to the white dust and it can be increase pH of water.
A huge tailing pond is located in the north of the Erdenet area. It is recognized that the dried precipitates formed by the neutralization of the acidic mine water in the tailing ponds are dispersed widely in the Erdenet area by wind. The dried precipitates (so called white dust) are mainly composed with lime or carbonates containing high amount of Mo. It can be expected that the white dust may dissolve with rainwater. The increase of Mo concentrations associated with the increase of pH may be caused by the dissolution of the white dust at summer rainy season.

Keywords: Molybdenum , pH, Erdenet mine, River water, Temporal observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

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

We focus on various issues of water cycle and environment and aim to answer questions of hydrological and earth system sciences including 1) surface, subsurface and evapotranspiration processes of water cycle; 2) natural and anthropogenic hydrothermal systems, 3) environments issues and studies on a watershed or global scale, 4) water-related issues with ecological, environmental, and geochemical aspects, and 5) other issues in hydrological sciences. This session welcomes presentations regarding various kinds of approaches and techniques such as field survey, remote sensing, isotope tracers, numerical simulation, and theoretical analysis.

10:45 ~ 11:05

[AHW23-18] 琵琶湖湖底近傍におけるマンガン・ヒ素の水-鉱物相互作用　―過去40年間での湖内分布の変化に対する考察ー

★招待講演

*板井 啓明[1]、名取 幸花[1] (1.東京大学大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)

11:05 ~ 11:20

[AHW23-19] **Sources, pathways and treatment of contaminants in surface water: Applicability in developing countries**

*Mst. Shamsun Nahar[1] (1.Earth Consultant Co. Ltd, Toyama, Japan)

11:20 ~ 11:35

[AHW23-20] **Numerical simulations (COMSOL) of γ-Fe_2O_3 nanohybrids for transport (3D) and arsenic removal in homogeneous porous media**

*Ajay Kumar[1]、Himanshu Joshi[1]、Anil Kumar[1] (1.INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY ROORKEE, INDIA)

11:35 ~ 11:50

[AHW23-21] **Transport processes of suspended solids in the Kumaki River inferred from atmospheric radionuclides**

*落合 伸也[1]、田原 龍之介[2]、松中 哲也[1]、長尾 誠也[1] (1.金沢大学 環日本海域環境研究センター、2.金沢大学 自然科学研究科)

11:50 ~ 12:05

[AHW23-22] Using tritium in Japanese precipitation for tritium-tracer transit time studies across Asia

*Maksym Gusyev[1]、Yoshito Kikumori[1]、Terumasa Nishihara[2]、Takeshi Hayashi[3]、Kimpei Ichiyanagi[4]、Naofumi Akata[5]、Tomoki Oda[6]、Uwe Morgenstern[7]、Michael Stewart[7] (1.International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM), Public Works Research Institute (PWRI)、2.Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI、3.Akita University、4.Kumamoto University、5.National Institute for Fusion Science (NIFS)、6.University of Tokyo、7.GNS Science, New Zealand)

12:05 ~ 12:15

Discussion

琵琶湖湖底近傍におけるマンガン・ヒ素の水-鉱物相互作用　ー過去40年間での湖内分布の変化に対する考察ー

Solid-water interaction of Mn and As near the bottom of Lake Biwa. –Implications for the spatio-temporal change of these elements for past 40 years-

*板井 啓明[1]、名取 幸花[1]
*TAKAAKI ITAI[1], SACHIKA NATORI[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

Enrichment of Mn and As in the surface of sediment caused by diagenetic process has been reported from various lakes in the world. Lake Biwa is a typical example, in which clear enrichments of Mn (up to 5.7 wt%) and As (up to 900 mg/kg) within thin surface enriched layer (< 2 cm) of sediment were observed. This enrichment is caused by the accumulation of manganese oxide and arsenate both of which show lower mobility than these reducing chemical forms. However, decreasing trend of interannual minimum dissolved oxygen level reported from the lake-bottom can change redox behavior of these elements near the sediment-water interface (Itai et al. 2012, Sohrin et al. 2016, Fukushima et al. 2019). Through the geochemical survey after 2009, some specific scientific questions have been arisen.

(i) The degree of surface enrichment of Mn and As from 7 stations in northern lake were markedly increased in 2009 relative to 1977 (Itai et al., 2012). However, the source of them and process of this change are unclear.

(ii) The temporal increase of As in sediment is particularly significant in southern basin of northern lake (so called “first-basin”). The As accumulated on the surface of sediment is likely by scavenging from water column rather than upward diffusion from buried sediment. Nevertheless, difference between northern and southern basin (so called “second-basin”) is unclear.

(iii) Past study suggest that Mn and As level in sediment can be a unique indicator of palaeo water depth (Takamatsu, 1985). This is plausibly caused by higher enrichment of Mn and As toward deeper part of the lake. We confirmed this trend via measurement of 22 core sediments from northern lake. We hypothesize that this distribution is attributed to the geochemical focusing (Schaller et al., 1997), although scientific evidences are still not enough. Besides, there should be some specific mechanism to keep Mn and As enrichment after buried into deep sediment.

In order to answer these questions, we need comprehensive geochemical survey between water column and sediment with focusing speciation of these metals. In the presentation, we would like to present our dataset of lake water (3 stations, 10 m depth interval, 1 year), sediment core (30-40 cm depth, 22 stations), porewater (30 - 40 cm depth, 7 stations), filtered materials of 1, 3, 5, 7, 9 m from lake bottom (7 stations) characterized by X-ray absorption spectroscopy, micro beam chemical analysis, water chemistry analysis, porous diffusion model, and aqueous speciation calculation. Coupling with available monitoring data after 1950s, we make some constraints for the above questions.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：マンガン、ヒ素、形態分析、酸化還元、経時変化、湖底堆積物
Keywords: manganese, arsenic, speciation, redox environment, temporal change, lake sediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sources, pathways and treatment of contaminants in surface water: Applicability in developing countries

*Mst. Shamsun Nahar[1]

1. Earth Consultant Co. Ltd, Toyama, Japan

This report presents the contamination degree, occurrence, distribution characteristics in the surface water and sediments from Dhaka Rivers (Buriganga and Shitalakshya River) and the Bay of Bengal coast of Bangladesh. A model water treatment method is developing using Baburail Canal Water linked with Shitalakshya River, a World Bank supported project, under Narayanganj City Corporation, Bangladesh. By evaluating hypoxic to anoxic low dissolve oxygen (DO) (below the 0.85 mg/L critical level) associated with very high concentrations of biological oxygen demands (BOD) (5-10 mg/L) and toxic metals (Cr, As, Pb, Cd etc.) in surface water, a model treatment process is developing by using micro bubbling system for increasing the DO level, Neem leaves and bamboo powder are for heavy metals removal process and finally TiO_2 (P25)/ Fe^{+++} method is for the degradation and coagulation of organic content in treated water. The model method of this study should be applied to future water treatment focused on the potential to improve water quality in urban and surrounding areas in developing countries.

Keywords: Surface Water, Bay of Bengal, Dissolve Oxygen, Micro Bubbling System

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical simulations (COMSOL) of γ-Fe_2O_3 nanohybrids for transport (3D) and arsenic removal in homogeneous porous media

*Ajay Kumar[1], Himanshu Joshi[1], Anil Kumar[1]

1. INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY ROORKEE, INDIA

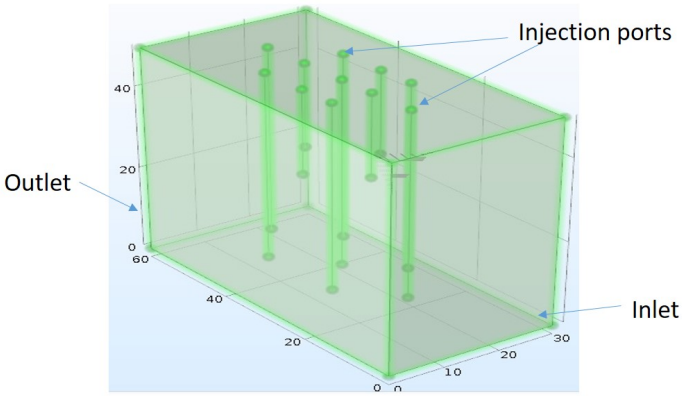
Worldwide, arsenic is a menace among the living communities due to its contamination in groundwater. It leaches moderately into groundwater from earth crust and bedrocks enriched with its ores. The countries like India and Bangladesh are being critically affected due to their densely populated areas. Several nanomaterials have been developed and examined as adsorbents for its removal, which are being utilized in *ex-situ* remediation technique. This technique has the disadvantages in terms of generating highly toxic waste, causes due to its easy mobilization in the living ecosystems. Nowadays, *in-situ* (subterranean) sequestration of arsenic is gaining considerable attention in respect to reduce the chance of its mobilization in living environment.

To this aim, the γ-Fe_2O_3 nanohybrids are developed using a novel approach of synthesis which include the usage of industry waste as one of precursor material. These nanoparticles have been found significantly stable in aqueous solutions representing real world groundwater conditions. The measured zeta (ζ)-potential value of -31.6 mV, indicated their significant colloidal stability. In respect to *in-situ* application, the understanding of transport modeling and retardation of nanomaterials in aquifer systems by simulating through numerical models in complex 3-dimensional scenario are necessary. Therefore, a modeling approach based on modified advection-dispersion-retardation equations has been investigated, considering the coupled influence of head difference and reaction rate of particle transport.

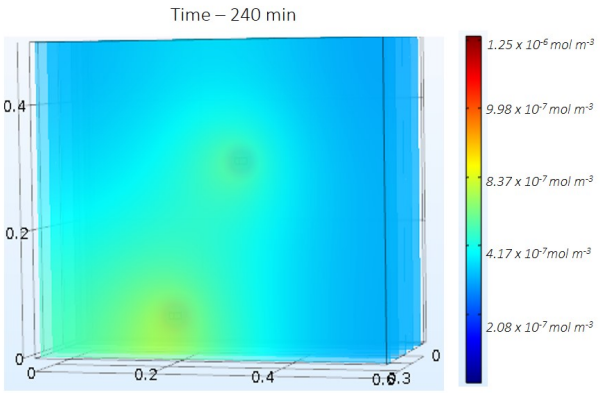
All the experiments were performed in a sand-tank set up (0.6 x 0.3 x 0.50 m) having several injection ports at variable depths. The tank was packed with the porous media (medium size sand) having the grain size (mm), grain density (g cm^{-3}), bulk density (g cm^{-3}) and effective porosity (%) values of 0.5-1.0, 2.33 ± 0.2, 1.55 ±0.09 and 0.34 ±0.1, respectively. The longitudinal and traverse dispersivity of consolidated media were calculated using NaCl as a tracer. The COMSOL Multiphysics model (subsurface module) was investigated for simulation of γ-Fe_2O_3 nanohybrids injection and their transport through porous media. Transport of arsenic and as-synthesized nanomaterial were modelled by considering these as solute and colloid, respectively, under fully saturated homogenous porous media and variable flow rate conditions. After simulation, the colloidal solution of nanoparticles was allowed to inject at the concentration of 1.25 x 10^{-4} mol m^{-3} and flow rate of 1.2 L h^{-1}. The simulation results were matched with the experimental observations which provided estimates of transport parameters. The retardation efficiency utilized to predict the γ-Fe_2O_3 nanohybrids in similar porous media, although the extend of injection pressure, colloid concentration and pumping rate may be underpredicted which require further investigations.

Keywords: Numerical modeling, In-situ arsenic sequestration, Groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



3-Dimesional view of Sand-Tank set up



Transport of nanohybrids (Simulation)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transport processes of suspended solids in the Kumaki River inferred from atmospheric radionuclides

*落合 伸也[1]、田原 龍之介[2]、松中 哲也[1]、長尾 誠也[1]
*Shinya Ochiai[1], Ryunosuke Tahara[2], Tetsuya Matsunaka[1], Seiya Nagao[1]

1. 金沢大学 環日本海域環境研究センター、2. 金沢大学 自然科学研究科
1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

The Kumaki River, which drains into the Nanao Bay, is in the central part of the Noto Peninsula. Over recent years, the vegetation in the catchment area of the Kumaki River has changed, and the areas of unmanaged forest and cultivated areas have progressively increased because of plantation activities and decreasing and aging population. These anthropogenic catchment environmental changes may affect the erosion and transport of clastic materials and particulate organic matter to the lower reaches and coastal areas. It is therefore important to clarify the transport processes of these materials to achieve proper management and prediction of environmental changes in river watersheds and coastal areas.
To investigate the transport processes of suspended solids (SS) in the Kumaki River, the atmospheric radionuclides ($^{210}Pb_{ex}$, ^{7}Be, and ^{137}Cs) of SS samples were observed. The SS samples were obtained with a continuous centrifuge of the river water (100 L) collected at the three sampling points (upstream, midstream, and downstream) in Kumaki River every month since April 2016. The concentrations of atmospheric radionuclides in SS samples were measured with a Ge detector. The water discharge was also measured based on cross-sectional profiles of water depth and the flow velocity with a leveling rod and a flow meter at each sampling point.
The $^{7}Be/^{210}Pb_{ex}$ activity ratio of SS sample, which is related to the residence time of these radionuclides in the catchment area, showed clear positive correlation with the water discharge and it was high during winter season with higher precipitation in each sampling point. This result indicates that SS was transported in a shorter time scale during rainfall event and winter season. On the other hand, $^{7}Be/^{210}Pb_{ex}$ ratio exceptionally decreased during heavy rainfall events with the higher water discharge over the threshold value, implying that older stored sediment and subsurface soil were eroded and transported under these conditions. Temporal and spatial changes in ^{137}Cs concentration and $^{137}Cs/^{210}Pb_{ex}$ ratio of SS sample showed different fluctuation in each sampling point, suggesting that changes in discharge amount and source of SS were affected by the subcatchment-scale local hydrological environments and land use conditions.

キーワード：浮遊物質、河川流域、大気由来放射性核種
Keywords: suspended solids, river catchment area, atmospheric radionuclides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Using tritium in Japanese precipitation for tritium-tracer transit time studies across Asia

*Maksym Gusyev[1], Yoshito Kikumori[1], Terumasa Nishihara[2], Takeshi Hayashi[3], Kimpei Ichiyanagi[4], Naofumi Akata[5], Tomoki Oda[6], Uwe Morgenstern[7], Michael Stewart[7]

1. International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM), Public Works Research Institute (PWRI), 2. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI, 3. Akita University, 4. Kumamoto University, 5. National Institute for Fusion Science (NIFS), 6. University of Tokyo, 7. GNS Science, New Zealand

In order to improve management of water resources, water circulation times are estimated with the use of tritium-tracer in catchments across Asia. As an environmental tracer generated in the upper atmosphere, tritium in precipitation is influenced by latitude, season and altitude, and understanding of tritium inputs in water cycle components is needed to estimate mean transit times (MTTs). For future studies, we established the latitude scaling factors to the north and south of the Tokyo area, which has the tritium measurements in monthly precipitation from 1961 to present, by investigating the latitude tritium effect at selected coastal stations in Asia (Gusyev et al., 2016; 2019). In Japan, higher spring tritium was confirmed with winter and spring precipitation samples in 2016 and we observed the altitude effect in March-April snowpack in Hokkaido. The importance of latitude and altitude effects is demonstrated with annual tritium in precipitation at Japanese meteorological stations compared to Tokyo tritium, and with estimated MTTs using 2016 tritium winter and summer baseflow samples at headwater catchments of the Tone and Ishikari River basins, Japan.

References:

Gusyev M.A., Morgenstern U., Nishihara T., Hayashi T., Akata N., Ichiyanagi K., Sugimoto A., Hasegawa A., Stewart, M.K. (2019). Evaluating anthropogenic and environmental tritium effects using precipitation and Hokkaido snowpack at selected coastal locations in Asia. Science of the Total Environment 659: 1307-1321, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.342

Gusyev M.A., Morgenstern U., Stewart M.K., Yamazaki Y., Kashiwaya K., Nishihara T., Kuribayashi D., Sawano H. and Y. Iwami (2016). Application of tritium in precipitation and baseflow in Japan: a case study of groundwater transit times and storage in Hokkaido watersheds. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 20, 1-16, doi:10.5194/hess-20-1-2016

Keywords: tritium in precipitation, scaling factors, tritium input, mean transit times

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[A-HW23] 水循環・水環境

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

We focus on various issues of water cycle and environment and aim to answer questions of hydrological and earth system sciences including 1) surface, subsurface and evapotranspiration processes of water cycle; 2) natural and anthropogenic hydrothermal systems, 3) environments issues and studies on a watershed or global scale, 4) water-related issues with ecological, environmental, and geochemical aspects, and 5) other issues in hydrological sciences. This session welcomes presentations regarding various kinds of approaches and techniques such as field survey, remote sensing, isotope tracers, numerical simulation, and theoretical analysis.

[AHW23-P01] **A multiobjective risk management model for real-time reservoir flood control operation**

*Juan Chen[1,2]、Ping-An Zhong[2]、XinYu Wan[2]、Yu Zhang[2] (1.College of Earth Sciences and Engineering, Hohai University、2.College of Hydrology and Water Resources, Hohai University)

[AHW23-P02] **Assessment of the Flow Regime of Roanoke River due to Climatic and Anthropogenic Activities**

*Rahul Kumar Singh[1]、Dr. Manoj Kumar Jain[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee, India)

[AHW23-P03] Predictive Analysis of Climate, Water, Health and the Environment Nexus

*Abhishek [1]、Deepika [2] (1.Technical University Dresden, GERMANY、2.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA)

[AHW23-P05] Severe droughts provide huge fuel for widespread wildfires in California in USA

*Linghua Qiu[1]、Ji Chen[1]、Haiyun Shi[2]、Liqun Sun[3]、Jun Niu[4] (1.the University of Hong Kong、2.Southern University of Science and Technology、3.Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences、4.China Agricultural University)

[AHW23-P06] A comprehensive evaluation of MODIS-based water use efficiency with global eddy covariance flux data and a process model

*Shanshan YANG[1,2]、Jiahua ZHANG[1]、Sha ZHANG[1,2]、Jingwen WANG[1,2]、Yun BAI[1,2]、Fengmei YAO[2]、Huadong GUO[1] (1.Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China)

[AHW23-P07] Impact of variability and anisotropy in the correlation decay distance for precipitation spatial interpolation in China

*yingxian zhang[1] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration)

[AHW23-P08] New Record-Breaking Frequency of Annual Maximum Daily Precipitation of 58 stations in the whole Japan, an increasing of extreme values.

*Chhay Ngorn SEANG[1]、Tomohito YAMADA[1] (1.Hokkaido University)

[AHW23-P09] Quantifying stemflow to better express its ecohydrological significance

*飯田 真一[1]、Carlye-Moses Darryl E.[2]、Germer Sonja[3]、Llorens Pilar[4]、Michalzik Beate[5]、南光 一樹[1]、Tischer Alexander[5]、Levia Delphis F.[6] (1.国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所森林研究部門森林防災研究領域、2.Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada、3.Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany、4.Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain、5.Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller

University Jena, Jena, Germany、6.Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA)

[AHW23-P10] **Hydraulic analysis of overland flow caused by temporally varying rainfall**

*PING-CHENG HSIEH[1]、Ming-Chang Wu[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P11] A comparative Study on Water Environment of Isolated Islands - Focusing on Islands in Nagasaki Prefecture - (3)

*矢巻 剛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]、猪狩 彬寛[1]、堀内 雅生[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P12] 草津白根山周辺水環境と2018年1月噴火による影響の考察

*猪狩 彬寛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P13] 熊本市江津湖における湧水量の再考察

*一柳 錦平[1]、井手 淨[1]、嶋田 純[1]、市川 勉[2] (1.熊本大学、2.東海大学)

[AHW23-P14] **Evaluating the efficacy of hydrologically and hydrodynamically driven methods of e-flow assessment for Upper Godavari River Basin, India**

*GAURAV KALIDAS PAKHALE[1]、Jyoti Punjahari Nale[2]、Ashvin Kumar Gosain[3]、Rakesh Khosa[3] (1.PhD Research Scholar, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi、2.Project Advisor, IEWP, GIZ India, New Delhi, India、3.Professor, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi)

[AHW23-P15] Presence of pharmaceutical compounds in freshwater lakes and their impact on phytoplankton

*Nandakumar Kanavillil[1]、Cassandra Fligg[1]、Sreekumari Kurissery[1] (1.Lakehead University, Canada)

[AHW23-P16] **Novel approximate solutions for solute transport due to injections: considering the scale-dependent dispersion and non-integer flow dimension**

*Ye-Chen Lin[1]、Hund-Der Yeh[1] (1.National Chiao Tung Univ.)

[AHW23-P17] Experimemtal study on the residual saturation of Porous Media using Pore Doublets Micromodel

*彭 俊維[1] (1.台灣國立交通大學)

[AHW23-P18] Assessment of Synergy between Biomedical Waste and Shallow Groundwater Pollution

*Deepika [1]、Abhishek [2] (1.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA、2.Technical University Dresden, GERMANY)

[AHW23-P19] Erosion and transport processes of earth surface materials in a reservoir-catchment system inferred from atmospheric radionuclides ^{7}Be and ^{210}Pb

*鶴岡 幹矢[1]、落合 伸也[2]、松木 篤[2]、長尾 誠也[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター)

[AHW23-P20] Fluctuation of groundwater level in a sloping unconfined aquifer due to time varying recharge

*Ming-Chang Wu[1]、Ping-Cheng Hsieh[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P21] **Effect of cutoff wall on recharge water storage volume**

*Pei-hsun Tsai[1]、Jung-hsing Tai[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[AHW23-P22] **Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment**

*Jen Hung Chiu[1]、Wen Chin Chen[1] (1.Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment)

[AHW23-P23] **Mine-water quality at a tertiary coalfield in India: Characterisation and treatment using novel polyvinyl alcohol (PVA) gel bioreactor**

*Aparna Dutta[1]、Sudipta Sarkar[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

A multiobjective risk management model for real-time reservoir flood control operation

*Juan Chen[1,2], Ping-An Zhong[2], XinYu Wan[2], Yu Zhang[2]

1. College of Earth Sciences and Engineering, Hohai University, 2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University

Many uncertainties exit in the real-time reservoir flood control operation and bring risks to flood control decisions. A multiobjective optimization model is developed for the real-time risk management for the flood control operation of a reservoir system considering multiple uncertainties such as inflow forecast errors and outflow errors. The two competing objectives considered are: (1) minimizing the risk of reservoir upstream flooding and (2) minimizing the risk of downstream flooding. The optimization model seeks to find the operation schedules that satisfy the flood control objectives and simultaneously minimize the overall risks. The decision variables are the hourly reservoir releases. The formulated multiobjective optimization problem is nonlinear and non-convex, and is solved with an improved Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II (INSGA-II). We use a filtering algorithm to select representative non-dominated solutions from the Pareto front generated by INSGA-II to assist in real-time decision making. The proposed risk management model is applied to the Foziling reservoir in Huaihe river basin of China. The results show that the proposed method can provide a practical way to optimize the real-time flood control operation for risk management of a reservoir.

Keywords: Flood, Reservoir, Flood control operation, Risk assessment, Multiobjective optimization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment of the Flow Regime of Roanoke River due to Climatic and Anthropogenic Activities

*Rahul Kumar Singh[1], Dr. Manoj Kumar Jain[1]

1. Indian Institute of Technology, Roorkee, India

The natural flow regime of many rivers around the world has been significantly altered due to climatic and anthropogenic modifications such as the construction of dams and reservoirs. The natural flow regime plays an important role in the development of the riverine ecosystem. Therefore, quantification of the extent of the alterations in the natural flow regime would be helpful in the river’ s ecological assessment. The Roanoke River in southeastern United States had one of the biggest and least disturbed forest ecosystems but due to climatic changes and anthropogenic actions such as construction of dam, artificial regulations of the natural flow regime, the overall riverine ecosystem has severely impacted. In this study, SWAT (Soil Water Assessment Tool) has been used to reconstruct the long-term unaltered streamflow for a hypothetical no-dam scenario condition, in order to assess the impact of climate change as well as due to construction of the John H Kerr reservoir on Roanoke River streamflow from 1956-2012. In order to simulate the unaltered streamflow series post construction of John H Kerr reservoir, 32 years (1916-1948) of observed gauge inflow prior to anthropogenic disturbance (due to construction of John H Kerr Reservoir) was used for calibration and validation of the parameters of the SWAT model. Historical land use and land cover backcasting data for the year 1938 has been used in the hydrological model to simulate the flow regime prior to construction of the dam and it was kept same during the whole simulation period. The SWAT model simulated observed gauge data with Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE) = 0.70, Percent bias (PBIAS) = 0.00 and the determination coefficient (R^2) = 0.73 during the calibration period (1916 - 1936), and performed equally better during the validation period (1937-1948) with NSE = 0.72, PBIAS = 0.00 and R^2 = 0.74. The indicators of hydrologic alteration (IHA) methodology has been used to assess the natural flow regime (no dam or reservoir moderated flow regime) characteristics under a simulated no-reservoir scenario (scenario1) and compare with the IHA results obtained based on the gauged streamflow downstream of the dam (scenario2). Hence, in case of scenario 1, the post-impact period has been taken as the simulated flow series using SWAT model from 1956-2012 and in case of scenario 2 the post-impact period has been taken as the gauged observed streamflow from 1956-2012 at Roanoke Rapids gauging station downstream of the reservoir. The pre-impact period for both the scenario was kept the same i.e. from 1912 to 1949. The results reveal that in case of the IHA assessment based on scenario 1, significant alterations have been observed in 5 out of 32 indicators compared to 13 out 32 indicators in case of scenario 2. The overall hydrologic alteration in case of scenario 1 was 45.65% and it was 55.17% in the case of scenario 2. The alteration during the scenario 1 could be attributed to the overall natural climatic variability. The results also indicate that flow variability in terms of high and low flows were better in scenario 1 compared to scenario 2 where the high flows were completely absorbed including the low pulse count and duration due to regulation in the flow. However, the reservoir operations enhanced the monthly flows including the multiday minima low flows. Thus, the present method can be treated as an easy-to-implement comprehensive approach for designing natural flow regimes to mimic the pre-impact flow condition in order to restore the ecosystem of modified rivers due to anthropogenic interventions.

Keywords: SWAT, IHA, Streamflow, Hydrologic Alteration, Ecosystem

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Predictive Analysis of Climate, Water, Health and the Environment Nexus

*Abhishek -[1], Deepika -[2]

1. Technical University Dresden, GERMANY, 2. BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA

Amid the major demographic transition of developing world from a rural, agrarian society to an urban, industrial one, there is a need for predictive analytics of impact of the major biotic and abiotic stressors on the environmental constituents. The current study emphasizes the connections between climate, water, environment, and health and their interdependency followed by an impact assessment focusing on an urban environment. A data-driven hybrid framework for water resources assessment and management based on machine learning techniques was developed, calibrated and validated with the ground data for the sub-region scale of North-East Indian regime (mean spatial coordinates: 28° 38' 41.2800" N and 77° 13' 0.1956" E). The remote sensing data for land cover and land change were coupled with the climate model simulations to formulate the health risk assessment framework. The large ensemble of downscaled scenario based outputs including the effects of anthropogenic factors was used to drive the hybrid model framework.

Multi-dimensional Random Walk Metropolis (RWM) algorithms used to optimize the sample observations converged with an RMSE error of 0.18 with a range of 0.006. Pearson Product Moment Correlation coefficient range of all the ensemble members was 0.886-0.904. The prediction accuracy construed from 95 % model uncertainty bounds was 89-91 % for the constituent parameters. The sensitivity analysis revealed that the climate is the key parameter and is the most sensitive for all other linkage units followed by water availability and health factors. Comparative analysis of the simulated- and experimental results enforced comprehensive clarification of the assumptions made therein. By real-time monitoring and forecasting the vital impacts, this research will serve and benefit local policymakers and in the decision-making process, particularly regarding water resources vulnerability and future availability with significant economic consequences. The upscaling of the model form sub-regional to regional scale is well underway.

Keywords: Climate Change, Urbanization, RWM algorithm, Ensemble model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Severe droughts provide huge fuel for widespread wildfires in California in USA

*Linghua Qiu[1], Ji Chen[1], Haiyun Shi[2], Liqun Sun[3], Jun Niu[4]

1. the University of Hong Kong, 2. Southern University of Science and Technology, 3. Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, 4. China Agricultural University

The frequently occurred large wildfires in California caught the public’ s attention in recent years and the ability to identify and prevent such disasters is pressing. The study built the rational relationship between soil moisture and vegetation based on remote sensing, hydrology and wildfire data during 2001-2017 in California. The purpose is to estimate the effects of droughts on wildfires and to detect the valid fuel for wildfires. The study results reported that severe droughts could cause huge fuel for wildfires and made them even much more widespread and longer sustained. The consequences could provide significant information for identification and prevention of future wildfires in California and even other regions in the world.

Keywords: Fuel, Wildfires, Droughts, Soil moisture, Vegetation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A comprehensive evaluation of MODIS-based water use efficiency with global eddy covariance flux data and a process model

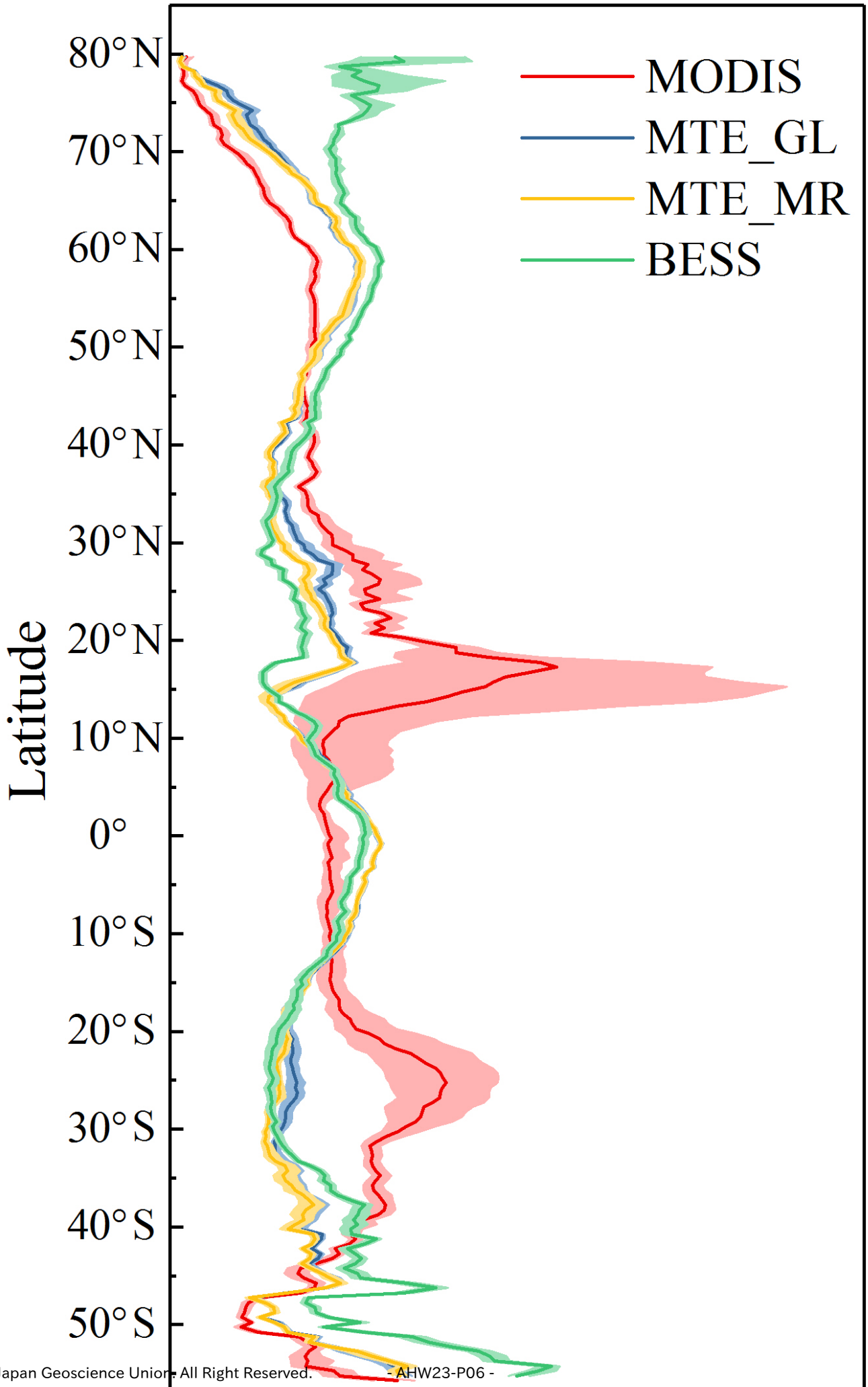
*Shanshan YANG[1,2], Jiahua ZHANG[1], Sha ZHANG[1,2], Jingwen WANG[1,2], Yun BAI[1,2], Fengmei YAO[2], Huadong GUO[1]

1. Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Ecosystem water use efficiency (WUE), defined as the ratio of gross primary productivity (GPP) to evapotranspiration (ET), is an important indicator to investigate the interaction between the terrestrial carbon and water cycles. The spatiotemporal patterns of WUE inferred from MODIS GPP and ET products and its responses to environmental factors have been analyzed, however, the accuracy of MODIS-derived WUE (MODIS WUE) has not been well evaluated. In this study, we evaluated monthly and annual MODIS WUE using global covariance flux data (FLUXNET2015 dataset) during 2000-2014, and conducted global intercomparisons (2001-2011) among annual WUE from MODIS, gridded FLUXNET (MTE) and a process model (BESS). Site scale (53 sites) evaluation results revealed that MODIS gave reliable estimates for GPP and ET, however, the performances of MODIS WUE was poor for monthly WUE (R2=0.14) and even worse for annual WUE (R2=0.08). MODIS WUE was generally underestimated with a bias of -0.21 gC kg-1 H2O (-8.43%) and RMSE of 1.20 gC kg-1 H2O for monthly WUE, and a bias of -0.28 gC kg-1 H2O (-11.31%) and RMSE of 0.98 gC kg-1 H2O for annual WUE. Among all land cover types, MODIS WUE performed relatively better in savannas and woody savannas for monthly WUE and grasslands for annual WUE, but significantly overestimated WUE in open shrublands. Likewise, MODIS WUE was obviously overestimated in hot and cold semiarid and arid climate zones. The global intercomparison results demonstrated that the spatial pattern of MODIS WUE was broadly similar to that of MTE and BESS WUE, except for the tropical and subtropical arid and semiarid areas. In these regions MODIS WUE showed extremely high values with large uncertainty and different linear trends compared with MTE and BESS WUE. These disagreements were mainly caused by the discrepancies in MODIS ET. Therefore, the uncertainty of MODIS WUE in the tropical arid and semiarid areas should be taken with caution when using MODIS WUE to investigate and interpret how WUE varies spatially and its responses to climate change. Furthermore, the accuracy of MODIS GPP and ET datasets should be paid extra attention since the quality of both GPP and ET would directly affect the WUE accuracy.

Keywords: Water use efficiency (WUE), Evaluation, Intercomparison, MODIS, FLUXNET, BESS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impact of variability and anisotropy in the correlation decay distance for precipitation spatial interpolation in China

*yingxian zhang[1]

1. National Climate Center, China Meteorological Administration

The correlation decay distance (CDD) plays a key role in the angular-distance weighting (ADW) interpolation technique, being used as the searching radius to select correlated neighbors and to calculate the relative weights. The CDD of daily precipitation in China varies spatially and seasonally, and it presents anisotropic behavior, as a result of topography and the predominant atmospheric circulation. In general, CDD is largest in winter and smallest in summer, except for limited regions such as the Tibetan plateau. From a cross validation analysis, it is found that taking account of spatial and seasonal variations in CDD generally improves the ADW interpolation. Utilization of anisotropic CDDs increases the interpolation skill scores in regions with a dense monitoring network, significant elevation variation (southwestern China) or strongly anisotropic CDDs (Tibetan plateau).

Keywords: daily precipitation, correlation decay distance, ADW interpolation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New Record-Breaking Frequency of Annual Maximum Daily Precipitation of 58 stations in the whole Japan, an increasing of extreme values.

*Chhay Ngorn SEANG[1], Tomohito YAMADA[1]

1. Hokkaido University

The changes in daily temperature extremes in global scale have affected the weather and climate extreme events when there is an increase of greenhouse gas GHG compare to the industrialization in the 19th century (IPCC, 2014). Yamada et al. (2014) illustrate that the water vapor and convective instability follow the Clausius-Clapeyron-like rate of change with 99th percentile hourly precipitation intensity. Lehmann, J. et al. (2015), on another hand, studied globally the characteristic of precipitation change anomaly using a relation of the Clausius-Clapeyron model. By the way, the climate change tends to include another factor, which is more statistical base. The theory of record values in independent and identically distributed (i.i.d) random variable is studied more extensively and is more applicable with an assumption of stationary climate. The Clausius-Clapeyron equation is then also applicable base on the thermodynamic term which illustrates the relation of the temperature, vapor pressure and precipitation formation characteristic which also mentioned in the above previous studies. At the first stage, 58 stations of AMeDAS data with 117-years period across Japan are used for this analysis. The result shows that mean long-term precipitation of these 58 stations is higher than the mean value from theory i.i.d random variable of stationary climate. From this result, it can be implied that the change of precipitation in Japan is influenced by the drift term either of climate change or the heat island. In this case, the Clausius-Clapeyron equation is applied to identify the temperature term of change. This study tries to formulate a theory which more statistical base of climate drifts, non-stationary and non-identically to extreme events in accordance with time series. Clausius-Clapeyron Model and the Linear Drift Model is considered to form an empirical stochastically based on climate trend.

Keywords: Clausius-Clapeyron, New record Breaking, i.i.d

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantifying stemflow to better express its ecohydrological significance

*飯田 真一[1]、Carlye-Moses Darryl E.[2]、Germer Sonja[3]、Llorens Pilar[4]、Michalzik Beate[5]、南光 一樹[1]、Tischer Alexander[5]、Levia Delphis F.[6]
*Shin'ichi Iida[1], Darryl E. Carlye-Moses[2], Sonja Germer[3], Pilar Llorens[4], Beate Michalzik[5], Kazuki Nanko[1], Alexander Tischer[5], Delphis F. Levia[6]

1. 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所森林研究部門森林防災研究領域、2. Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada、3. Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany、4. Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain、5. Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany、6. Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA
1. Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada, 3. Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany, 4. Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain, 5. Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany, 6. Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA

Stemflow is the flow of rainwater over the exterior of a tree stem to its base. Due to water balance calculations to obtain interception loss of forest stands, and the sometimes low percentage of stemflow as a function of rainfall, some literature ignores the ecohydrological significance of stemflow. However, stemflow is much more concentrated than throughfall per unit area. In recognition of the extreme amounts of water input to the small area around tree trunks, we advocate for two metrics to better express stemflow in relation to its ecohydrological importance: namely, the stand-scale funneling ratio and the stand-scale infiltration funneling ratio. We calculated these metrics based on measurements carried out in a tropical dry deciduous forest and a subpolar juvenile coniferous stand, and found that these are significantly larger than throughfall on both sites. The data cited from recent papers (n=34) showed that very small stand-scale amount of stemflow (approximately 0.5% on average) were necessary to make the stand-scale funneling ratio to be equal or more than unity. Moreover, the infiltration area of stemflow is generally < 0.2 m^2 due to the high infiltration capacity of top soil of forests, generally resulting in the stand-scale infiltration funneling ratio substantially greater than unity. Thus, stemflow is more effective for soil water recharge than throughfall. We recommend use of these metrics to better express ecohydrological importance of stemflow.

This presentation is based on the published paper as follows:
Carlye-Moses, D.E., Iida, S., Germer, S., Llorens, P., Michalzik, B., Nanko, K., Tischer, A., Levia, D.F. (2018): Expressing stemflow commensurate with its ecohydrological importance. Advances in Water Resources, 121, 472-479. Free open access article to: https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.08.015

キーワード：Stemflow、Funneling ratio、Forest hydrology
Keywords: Stemflow, Funneling ratio, Forest hydrology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydraulic analysis of overland flow caused by temporally varying rainfall

*PING-CHENG HSIEH[1], Ming-Chang Wu[1]

1. National Chung Hsing University

With the development of human civilization and population migration, we use many different types of pervious or impervious materials to cover the original surface. As a result, the surface friction and water permeability are reduced, resulting in increased flow velocity and runoff, and thus increasing the frequency and scale of flood occurrence. Therefore, predicting changes in overland flow caused by rainfall has become an important issue.

This study intends to simulate the overland flow under different rainfall patterns by the theory of diffusion wave model. The diffusion wave equation was used as the governing equation, and an analytical solution of the water depth by the generalized integral transformation method was presented. Since the values of the parameters used in previous research for diffusion wave models vary in an extensive range. In this study, the parameters were adjusted for each location to ensure the rationality of the simulation results according to the law of mass conservation.
The results show that for the non-uniform rainfall, the peak water depth and peak flow due to the post-peak rainfall are the largest, followed by the third quarter peak rainfall; whereas the average flow velocity of the mid-peak rainfall is the largest, followed by the third quarter peak rainfall. The peak water depth, peak flow rate and average flow rate due to the double peak rainfall are the smallest among the six rainfall patterns in this study.

Keywords: overland flow, nonuniform rainfall, diffusion wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A comparative Study on Water Environment of Isolated Islands - Focusing on Islands in Nagasaki Prefecture - (3)

*矢巻 剛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]、猪狩 彬寛[1]、堀内 雅生[1]
*Go Yamaki[1], Koji Kodera[2], Kazuki Asami[1], Yoshihiro IGARI[1], Masaki Horiuchi[1]

1. 法政大・院、2. 法政大・地理
1. Grad. Student, Hosei Univ., 2. Dep. of Geography, Hosei Univ.

1. Introduction Research on islands in Nagasaki prefecture has hardly been investigated and research has been promoted since 2014 from Goto Island Islands, Tsushima, Iki, Hirado. For this time, we will clarify the water environment in each area from the relationship with land use and climate, and make it a foothold to clarify the material cycle of each island.

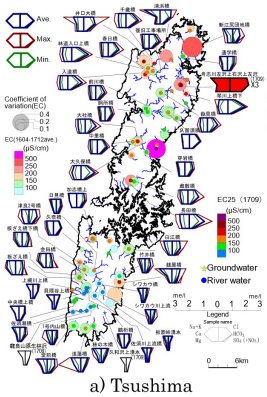
2. Target area Iki is rugged with a maximum altitude of 213 m, and there are numerous reservoirs in various parts of the island. In Tsushima, the altitude of the entire island is relatively high, and the mountains occupy about 89%. The Goto Islands Island consists of about 140 large and small islands, with large geological differences on each island. The Hirado Islands have many mountains while the fields are also relatively large. The population penetration rate of wastewater treatment in both areas is as low as 20-40%.

3. Research method Field survey was conducted 2 to 4 times a year from 2014 after organizing and examining existing research. On the site, water temperature, temperature, electric conductivity (EC), pH and RpH, COD were measured, and water was taken to measure the total organic carbon and the main dissolved components.

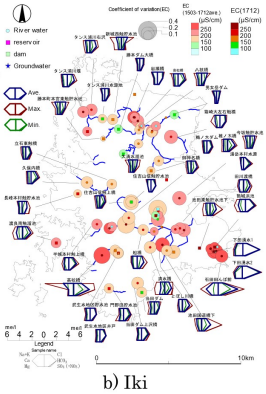
4. Results and discussion In Iki, the influence of agriculture appears in EC and TOC, but it is interesting that there is almost no effect of nitric acid. On the other hand, although many nitric acid was detected in the Goto Islands, it is thought that factors are due to paddy fields in Iki and upland fields in Goto Islands. Tsushima showed relatively low concentrations of EC and dissolved components, and seasonal changes also appeared. In Hirado Island, especially in the southern part, the geological influence is large in many places, the impact of sea salt is strong in Ikitsuki island and Azuchi Oshima. EC tends to rise in rainwater from October to March, pH tends to decrease. From the above, it is considered that the difference in the quality of the islands is greatly influenced by the difference of geology, topography and agricultural form.

キーワード：壱岐島、対馬、五島列島、平戸諸島、水環境
Keywords: Iki island, Tsushima islands, Goto islands, Hirado islands, Water environment

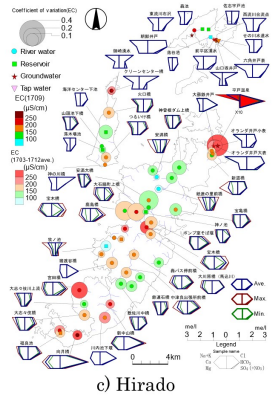
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



a) Tsushima



b) Iki



c) Hirado

Fig.1 Water quality

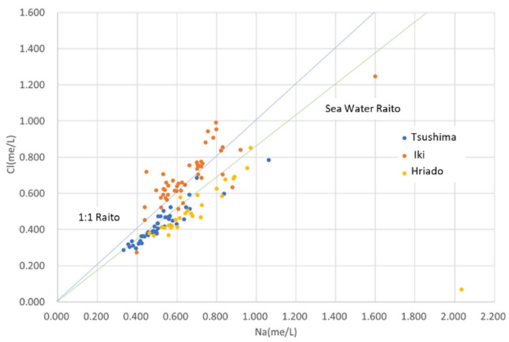


Fig.2 Na / Cl ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

草津白根山周辺水環境と2018年1月噴火による影響の考察
Water environment around Kusatsu-Shirane volcano and consideration of the effect of eruption in January 2018

*猪狩 彬寛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]
*Igari Yoshihiro[1], Koji Kodera[2], Kazuki Asami[1]

1. 法政大・院、2. 法政大・地理
1. Grad.Student,Hosei Univ., 2. Dep.of Geography Hosei Univ.

Ⅰ　はじめに

2018年1月23日に本白根山で噴火（水蒸気爆発）が発生した。放出された火山灰は北東方向に向かって流れ周辺の積雪中にトラップされた。この地域では噴火前の2017年5月から周辺水環境での水質調査を開始しており、噴火前後の水質への影響を検討するとともに、降灰した火山灰の溶出成分と水環境への影響を検討した。また、草津白根山周辺河川水における水質形成要因の考察を試みた。

Ⅱ　研究方法

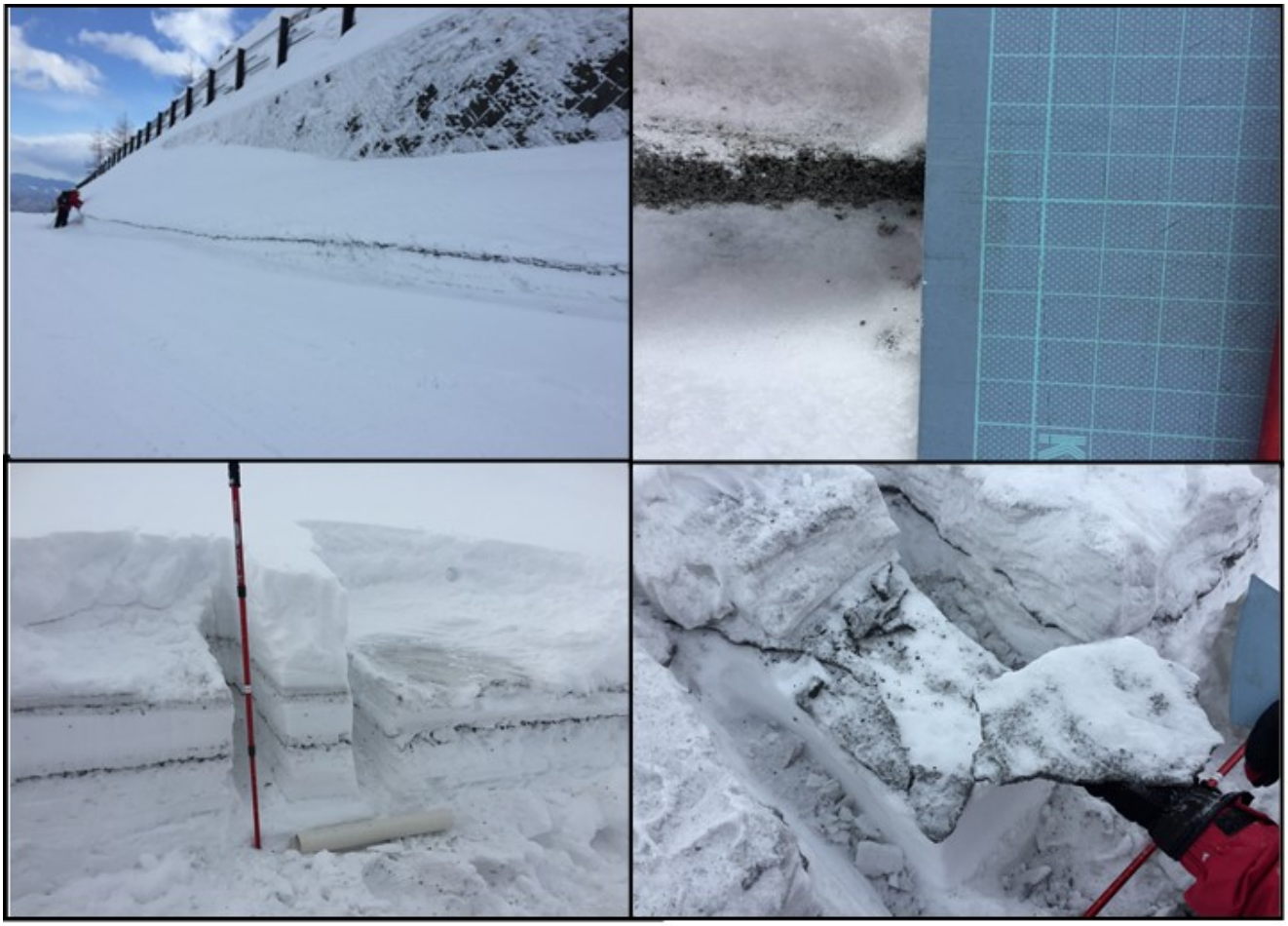
2017年5月から2019年3月にかけて21回の現地調査を行った。調査地点は山体の東側と南側を流れる河川を中心に、約45地点ほどである。現地で気温、水温、pH、RpH、EC、流量を測定し、採取した試料は主要溶存成分分析を行った。2018年2月には東麓で火山灰の堆積状況・降灰量の調査とサンプリングを行い、実験室での溶出実験を進めている。降灰域を含む流域で河川水以外にも降水や積雪、温泉水の現地調査とサンプリングを行った。

Ⅲ　結果・考察

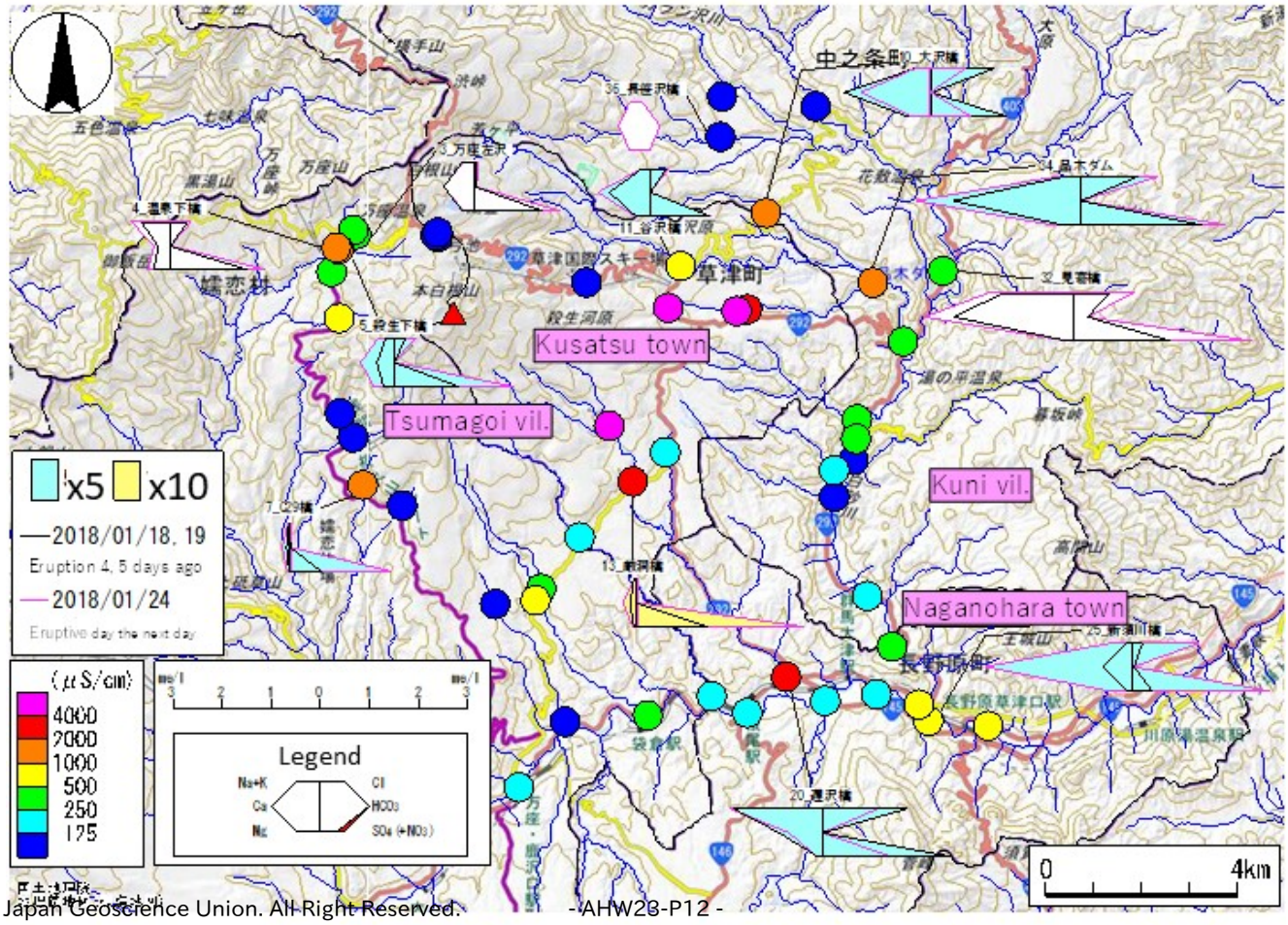
山体の東側を流れる白砂川では、温泉排水や火山活動の影響を受けた地下水・河川水が支流から流入している。EC値の変動が大きい地点もあり、湯川・谷沢川・大沢川といった酸性河川の中和水を貯める品木ダムの放流・導水に影響されている。最下流地点直上には品木ダムからの導水排出口があり、pH値が引き下げられている。西麓と南麓の流域には万座温泉や硫黄廃鉱が立地し、河川水はその排水の影響を強く受ける。上流部に硫黄鉱跡がある厳洞沢ではpH:2.0、EC:6000μS/cm前後の水質を示す。

キーワード：草津白根山、火山、水環境、噴火、温泉
Keywords: Mt.Kusatsu-Shirane, Volcano, Water environment, Eruption, Hot spring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Picture.1 Ash fall in the east foot of Kusatsu-Shirane volcano (February 6, 2018)



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本市江津湖における湧水量の再考察
Re-consideration of discharge rate of spring water in Lake Ezu, Kumamoto

*一柳 錦平[1]、井手 淨[1]、嶋田 純[1]、市川 勉[2]
*Kimpei Ichiyanagi[1], Kiyoshi Ide[1], Jun Shimada[1], Tsutomu Ichikawa[2]

1. 熊本大学、2. 東海大学
1. Kumamoto University, 2. Tokai University

熊本地域は水道水源の100%を地下水で賄っているが，近年は地下水位の低下が懸念されている．熊本市の江津湖周辺では，湧水量を観測するために1991年12月より毎月，13地点で流量測定が行われている．これまでの研究では，最下流の秋津橋の流量から最上流の鵜渡橋および流入河川の流量を引いて，江津湖全体の湧水量を求めていた．しかし，上江津湖上流や下江津湖上流の斉藤橋では，流量の経年変化に顕著な減少傾向は認められない．また，下江津湖では2003年以降，上流の斉藤橋よりも下流の秋津橋の方が流量の少ない期間が多くあり，湖水が地下へ浸透していると考えられている．そのため，最下流の秋津橋の流量を使って江津湖全体での湧水量を計算すると，下江津湖での浸透量を過小評価している可能性が考えられる．そこで本研究では，上江津湖より上流域，上江津湖，下江津湖の3つのゾーンに区切って各湧水量を求め，それらの合計値を江津湖全体の湧水量とした．期間は1991年12月より2014年12月までである．流量データのある13地点のうち，欠測率が5%未満の7地点を利用し，1ヶ所でもデータが無い場合は欠測とした．ただし，各ゾーンの湧水量がマイナスになる場合，マイナスのまま計算した場合（ケース1）と，湧水量を0m^3/日として計算した場合（ケース2）について比較した．その結果，江津湖全体の湧水量は1992年の約450,000m^3/日から徐々に少なくなって，2005年には約360,000m^3/日（ケース1），約410,000m^3/日（ケース2）となった．その後，2006年7月以降は降水量の急激な増加に伴って湧水量も増加し，2015年まで400,000～500,000m^3/日程度を維持している．このように，ケース1とケース2で経年変化に大きな違いは認められなかった．また，上江津湖より上流域と上江津湖では湧水量がプラスの期間が多く，ケース1とケース2の差はほとんど無かった．しかし，下江津湖では2003年以降たびたび湧水量がマイナスになり，2006年7月以降の平均値はケース1よりもケース2の方が約90,000m^3/日多かった．さらに，各ゾーンの季節変化を比較するため，月平均値を計算した．その結果，江津湖全体の湧水量は4-5月に低く，10-11月に高い．しかし，上江津湖より上流域と下江津湖の湧水量は季節変動が小さく，上江津湖だけが江津湖全体と同様の季節変動を示した．また，下江津湖の湧水量がマイナスになるのはとくに8月が多く，2006年以降の8月の平均値はケース1では約-14,000m^3/日，ケース2では約32,000 m^3/日となった．月平均値が負になるのはおかしいので，湧水量の季節変化はケース2の方が適切に表現していると考えられる．

キーワード：湧水、江津湖、長期変化、季節変動
Keywords: spring water, Lake Ezu, long-term trend, seasonal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluating the efficacy of hydrologically and hydrodynamically driven methods of e-flow assessment for Upper Godavari River Basin, India

*GAURAV KALIDAS PAKHALE[1], Jyoti Punjahari Nale[2], Ashvin Kumar Gosain[3], Rakesh Khosa[3]

1. PhD Research Scholar, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi, 2. Project Advisor, IEWP, GIZ India, New Delhi, India, 3. Professor, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi

In Peninsular India, pronounced seasonality in the precipitation and tropical semi-arid climate have compelled the tremendous development in the water resources sector. The major proportion of this fertile plateau falls in the rainshadow region of Western Ghats and is rightfully supported through enormous irrigation schemes which include the operation of several large reservoirs. These developments have resulted in alteration of various components of a natural hydrological regime like low as well as high flows. Environmental flows (e-flows), though acknowledged widely for their benefits, have not been attempted vigorously for peninsular river basins due to the prioritised issues related to water scarcity and disputes over water sharing. Also, many of these river streams have historically been known as non-perennial, thus further weakening the case of e-flows. Effectively, many recent e-flow assessments, have been observed to be elementary, quick and based on methods that are less intensive in terms of data and time requirements. In this view, the present study attempts to verify the efficiency of various hydrology and hydrodynamics-based e-flow assessment methods in one of such river basins, Upper Godavari River Basin. For this, hydrological observations of 16 sites with long term record availability (20 years or more) have been used and latest cross section data for these sites have been used for hydrodynamic computations.

Hydrological indices based on concepts like Percentage of Flow (POF) and Range of Variability Approach (RVA) have been estimated using a natural flow regime obtained from SWAT rainfall-runoff modelling. POF approaches like Tennant Method, Tessman Method, Variable Monthly Flow Methods are analysed while RVA approach has been analysed using Indicators of Hydrological Alteration (IHA) platform. These indices have been analysed for their feasibility and acceptability under the natural flow regime to understand the efficacy of these indices in providing optimum e-flow suggestions. Present observed flow regime has been juxtaposed with these indices to assess the present flow health in their comparison.

Hydrodynamic computations have been performed in HEC-RAS using 1-dimensional steady state conditions. Flow discharge versus flow depth, wetted perimeter, etc. relationships obtained for these study sites have been utilised to understand the critical flow levels which ensure the maximum bed inundations preferable for ecological sustainability. Wetted perimeter method of e-flow assessment has been evaluated for its suitability to provide the optimum e-flow suggestions. It has been found that hydrology based simple and quick methods of e-flow assessment fail the basic criteria of feasibility even under natural flow regime while hydrodynamic approach gives site-specific solutions which may not be relatable in longitudinal e-flow implementation.

Keywords: environmental flows, Range of Variability Approach, Wetted perimeter method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Presence of pharmaceutical compounds in freshwater lakes and their impact on phytoplankton

*Nandakumar Kanavillil[1], Cassandra Fligg[1], Sreekumari Kurissery[1]

1. Lakehead University, Canada

Historically, microalgae have been used as bio-indicators of aquatic health and this can be seen in several studies across the world. Often, at the bottom of the food chain microalgae constitute the primary producer of energy of many freshwater ecosystems. Diatoms, a group of microalgae, have been shown to exhibit extreme sensitivity to varying environmental parameters thereby making themselves an excellent candidate for studying the impacts of pollutants such as Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs). The contamination by PPCPs is common in our inland water bodies with a potential to get into our drinking water supply. This study explores the presence of PPCPs (Ibuprofen, 17-β Estradiol, and Triclosan) in the nearshore waters of Lake Simcoe, Ontario, Canada and their impacts on microalgal community. The study involved assessment of several environmental and algal parameters in the surrounding freshwater systems of three Waste Water Treatment Plants (WWTPs) that discharge their effluents *via* a creek/water channel to Lake Simcoe. Water samples were also drawn from a control location located away from the WWTPs. The results indicated that 1) PPCPs contamination is prevalent in the water outside of WWTPs (as far as the point of confluence with Lake Simcoe), and 2) The algal parameters varied according to the presence of PPCPs in the surface waters. Thus the study supported the growing concern of pharmaceutical contamination in the freshwater systems and its impacts on primary producers.

Keywords: Water quality, Bioindicators, Freshwater lakes, Pharmaceuticals, Phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Novel approximate solutions for solute transport due to injections: considering the scale-dependent dispersion and non-integer flow dimension

*Ye-Chen Lin[1], Hund-Der Yeh[1]

1. National Chiao Tung Univ.

Prior research indicated that the flow dimension in a fractured medium may be of non-integer. In this article, we aim at developing a mathematical model for solute transport problems due to continuous or pulse injection in a non-integer dimensional flow field. The model allows the flow dimension ranging from linear flow to spherical flow. Our model also considers the effect of scale-dependent dispersion. The approximate solutions of the model are derived by applying the arrival times of mean and variance and validated through the comparison with finite-difference solutions of the present model. The results show that the approximate solutions give reasonable predictions when the value of dispersion or flow dimension is not large.

Keywords: solute transport, non-integer flow dimension, approximate solution, scale-dependent dispersion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimemtal study on the residual saturation of Porous Media using Pore Doublets Micromodel

*彭 俊維[1]
*Chun-Wei Peng[1]

1. 台灣國立交通大學
1. Taiwan National Chiao Tung University

In this study, we use a micromodel of PDM with different channel diameter ratios to study the fluid entrapment and mobilization. This study focuses on the evolution of the trapping and the amount of residuals saturation in the porous media. We observed the movement of wetting and non-wet liquids during the imbibition and drainage processes.We found that, with the low injection flow rates, the residual amount was strongly related to the contact angle; with the high injection flow rates, viscous force was dominated the trapping process. The results also showed that the liquids were trapped in the small tube for low injection rate, and in the large tube for the high injection rate. Our findings can help to control the residual saturation during water-flooding oil recovery, groundwater remediation, and the storage of carbon dioxide in deep subsurface.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment of Synergy between Biomedical Waste and Shallow Groundwater Pollution

*Deepika -[1], Abhishek -[2]

1. BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA, 2. Technical University Dresden, GERMANY

Rapid urbanization and increasing population growth rate followed by the high rates of resource consumption patterns and increased waste generation have had an unintended negative impact on the prevailing environment. In a developing country like India where 50.34 % groundwater resources are not suitable for drinking as per WHO standards (United Nations, 2016), scrutinizing the open dumping of pathogenic biomedical waste becomes of paramount importance. Poor waste management practices pose a huge risk to the health of the public, patients, professionals and contribute to environmental degradation (land, air, and water pollution) if dumped untreated on the open ground. To assess this nexus, a prevalence study of the patients affected with waterborne diseases was conducted in a total of 35 hospitals comprising of government-, government-aided- and private hospitals of Ambala city. With a pronounced steppe climate, Ambala is located in North-Eastern (mean spatial coordinates: 30˚ 22' 41.4480" N and 76˚ 46' 36.1020" E) edge of Haryana, India. The city is drained by non-perennial streams and therefore the inhabitants depend solely on shallow groundwater resources for meeting their domestic water demand.

Data about the sources, quantity produced, treatment facilities, and awareness of biomedical waste, collected by questionnaire method based survey revealed that the mean waste generation was 8.08 kg/day with SD 5.371 kg/day. The biomedical waste consisted of approximately 1.2 % of the total municipal waste generated by the city and the patients affected with waterborne diseases were about 36 % of the total patients recorded. A latin hypercube Pareto distribution coupled with AMALGAM algorithm was employed for the initial sampling states of the proposals from the observed data (no. of patients). Thereafter, posterior estimates were generated using the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) methods which showed a close fit with the observed and simulated data with RMSE 0.158. Furthermore, regression analysis with R^2=0.868 construed strong positive linear correlation between two variables viz. the number of patients and biomedical waste generated (and dumped). Recommendations are made for prioritizing the waste segregation and employing the indispensable management processes including waste treatment to avoid the further deterioration of the drinking water quality. The hospital authorities are advised to conduct the periodic seminars for enhancing awareness among the workforce from present 93.3 % to a maximum possible level.

Keywords: Groundwater, Biomedical waste, MCMC methods, Environmental awareness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Erosion and transport processes of earth surface materials in a reservoir-catchment system inferred from atmospheric radionuclides ^{7}Be and ^{210}Pb

*鶴岡 幹矢[1]、落合 伸也[2]、松木 篤[2]、長尾 誠也[2]
*Mikiya Tsuruoka[1], Shinya Ochiai[2], Atsushi Matsuki[2], Seiya Nagao[2]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科、2. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

Erosion and transport processes of earth surface materials are related to landform development in river catchment area and material discharge from the land area to the ocean. It is necessary to understand erosion and transport processes of earth surface materials to achieve proper management and prediction of river watershed and coastal area. However, since discharge behavior of earth surface materials in a large-scale river system is complicated by various processes, it is difficult to trace individual processes. On the other hand, earth surface materials eroded from catchment is transported and accumulated in reservoir. Therefore, discharge behavior of earth surface materials from catchment can be observed by monitoring of reservoir sediment. In this study, erosion and transport processes of earth surface materials in catchment were investigated based on atmospheric deposition flux to the catchment and sedimentation flux in the reservoir of ^{7}Be (half-life: 53 days) and ^{210}Pb (half-life: 22.3 years). From July 2016, rain water sample was collected every month with a collecting pan installed on the roof of Noto Atmospheric Observatory in Suzu City. ^{7}Be and ^{210}Pb in rain water were collected on ion exchange resins and measured with a Ge semiconductor detector to obtain atmospheric deposition fluxes. Sediment samples were collected with two sediment traps installed on the bottom of the reservoir (Shin-ike Reservoir) near the Noto Atmospheric Observatory at the same interval with rain sampling. Another trap was also set up in the middle layer (1.5 m above the bottom) since May 2018. Sediment samples were freeze-dried and measured with a Ge semiconductor detector to obtain sedimentation fluxes of ^{7}Be and ^{210}Pb. The atmospheric deposition fluxes of ^{7}Be and ^{210}Pb ranged 1.06-30.7 and 0.334-7.68 Bq/m^{2}/day, respectively. It shows clear seasonal fluctuation with high deposition in winter. The sedimentation fluxes of ^{7}Be in the bottom and middle layers were same level with the deposition flux. This result indicates that the contribution of ^{7}Be from the catchment is small. On the other hand, the sedimentation flux of ^{210}Pb in the middle layer was about 1.7-7.3 times higher than the atmospheric deposition flux of ^{210}Pb. This result suggests that sedimentation flux of ^{210}Pb in the middle layer reflects the contribution of ^{210}Pb from the catchment. The sedimentation flux of ^{210}Pb in the bottom layer was much higher than the atmospheric deposition flux, implying that sedimentation flux in the bottom was largely affected by resuspension in addition to the contribution of ^{210}Pb from the catchment. Residence time of these radionuclides in the reservoir-catchment system was estimated from the ^{7}Be/^{210}Pb$_{ex}$ ratios of rain water and sediment samples. The average residence times of the bottom layer samples and middle layer sample were estimated at 278 days and 141 days, respectively. This difference in the residence time may result from resuspension effect in the reservoir bottom.

キーワード：堆積物、貯水池ー集水域系、Be-7、Pb-210
Keywords: sediment, reservoir-catchment system, Be-7, Pb-210

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fluctuation of groundwater level in a sloping unconfined aquifer due to time varying recharge

*Ming-Chang Wu[1], Ping-Cheng Hsieh[1]

1. National Chung Hsing University

When a water-permeable slope is recharged by rainfall, the variation of the groundwater level is usually observed by setting up observation wells. However, the point observations are not sufficient to represent the vast domain of an aquifer and are constrained by the high cost of instrumentation and excavated wells. Therefore, the development of mathematical models for groundwater simulations can help us to understand the change of groundwater level more easily.
This study considers the variation of the groundwater level in a sloping aquifer with an impervious bottom. We divided the aquifer into two areas with and without rainfall recharge, and then use the nonlinear Boussinesq equation with a source term derived from the law of mass conservation. Analytical solutions to the nonlinear equation was acquired by the perturbation method for a finite region and a semi-infinite domain. After the transformation of variables, the general integral transformation method was used. The groundwater level varying with time under different factors (such as the dip angle of impervious bed, hydraulic conductivity, storage coefficient and different recharge rates) was discussed.
The present results were compared with the observed data from an observation well, and the difference in between was discussed. It is expected that the research results can better understand the physical mechanism of groundwater level change, and help to manage the groundwater.

Keywords: nonlinear Boussinesq equation, perturbation method, general integral transform method (GITM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of cutoff wall on recharge water storage volume

*Pei-hsun Tsai[1], Jung-hsing Tai[1]

1. Chaoyang University of Technology

Artificial groundwater recharge is used to increase groundwater in areas with water scarcity. Understanding the hydromechanical features of aquifers during groundwater withdrawal and recharge is necessary for managing groundwater resources effectively. In practice, an artificial pool can be used to collect surface runoff so that it infiltrates the aquifer and recharges groundwater. A cutoff wall can be constructed to seal recharge water and prevent it from flowing from the recharge area. Additional studies are required to understand the effect of the various parameters of cutoff walls on groundwater recharge. This study used the finite difference software FLAC 8.0 to examine the influence of the location and size of gaps of a cutoff wall on recharge water storage volume. Each aquifer was in an unsaturated state before groundwater recharging; therefore, groundwater recharge analyses were simulated by the two-phase flow in unsaturated porous media. The results revealed that when the groundwater layer was sand and the cutoff wall was not extended into the fully impermeable layer, the recharge water completely flowed from the gap between the bottom of the cutoff wall and the fully impermeable layer after stopping groundwater recharge. The recharge water volume related to the size of the gap at the bottom of the cutoff wall. When the cutoff wall was not extended into the groundwater layer, the cutoff wall did not intercept water. The gap at the top of the cutoff wall retained more recharge water compared with the gap at the bottom of the cutoff wall.

Keywords: Groundwater recharge, Cutoff wall, Water storage volume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment

*Jen Hung Chiu[1], Wen Chin Chen[1]

1. Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment

The flat-plate membrane bioreactor is applied to the domestic sewage treatment, which has a high quality of effluent than the traditional activated sludge process, and decreasing the susceptible of hair entanglement with the hollow fiber membrane. It has become a priority for recent sewage treatment applications.

A flat-plate membrane bioreactor pilot plant with a reaction volume of 4 m^3 was installed in the existing sewage treatment plant. In this research, the parallel treatment of the same influent water quality and hydraulic retention time was carried out to compare the treatment efficiency between the MBR and traditional activated sludge process, and the operational effects of the membrane flux were discussed.

With one year of long-term research, the average removal efficiencies of MBR process, regardless of the COD, SS and E.coli were over 99%, wchih was better than the activated sludge process only 90~95%. Meanwhile, the optimal operation mode of the MBR was obtained in the study. The aeration flow rate in the system was adjusted to 10~13 NL/min per film, the effluent flux was controlled under 50% of the maximum recommended flux of membrane with 9-minute operation and 1 minute stop in a cycle, there is no significant change in operating flux and pressure. These operational mode of MBR can extend the life time of membrane and effectively improve the application of flat-plate MBR to domestic sewage treatment.It is suggested that, in view of water treatment and resource sustainability, the flat plate MBR technology is feasible, and can serve as a green guide to the sewage treatment.

Keywords: Membrane Bioreactor, Flat-Plate Membrane, Sewage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mine-water quality at a tertiary coalfield in India: Characterisation and treatment using novel polyvinyl alcohol (PVA) gel bioreactor

*Aparna Dutta[1], Sudipta Sarkar[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

Nearly 78 percent of the total measured (proved) tertiary coal reserves of India is concentrated in the north-eastern state of Assam. The Tertiary coal of North–Eastern Coalfields (NEC) has been found to contain as high as 8% sulphur with varying percentage of pyrite, sulfate, organic and free sulphur. The pyrites are often associated with toxic heavy metals. Acid mine drainage (AMD) is generated when mining activities expose the pyrite and sulfides to atmospheric oxygen, moisture and micro-organisms that catalyse the oxidation process to release large amounts of sulfate into the mine water along with protons and dissolved metals. Microbial dissimilatory sulfate reduction (DSR) in the presence of a suitable organic carbon source can be engineered to treat such water. This study is significant because this region is rich in biodiversity and such mining impacted water may have adverse ecological impact, if discharged without appropriate treatment.The objective of the work is to characterise water samples collected from two open cast mines of Makum coalfield under NEC and evaluate the performance of a novel polyvinyl alcohol (PVA) gel packed bed bioreactor to treat the same. Sample collection, storage and physico-chemical analysis are carried out as per Standard methods of American Public Health Association. The biological treatment process is studied in a cylindrical continuous flow lab scale bioreactor under relevant acidic pH at different feed chemical oxygen demand (COD) to sulfate ratio and hydraulic retention time (HRT). Sludge from a lab scale anaerobic bioreactor treating very high sulfate industrial water is used as inoculum. The sulfate reducing microorganisms are enriched within the bioreactor in fed-batch mode using modified Postgate’ s medium for one month.Oxidation Reduction Potential (ORP), pH, sulfate removal, total inorganic carbon (TIC) and alkalinity produced are measured at the bioreactor outlet to evaluate the process performance. The mine water samples exhibit low pH, high sulfate, conductivity, dissolved solids, hardness, iron and manganese, which indicates the occurrence of AMD. The treatment process reduces the sulfate concentration and increases pH of the treated water. The use of highly porous PVA gel beads as packing material in the bioreactor treating sulfate rich acidic water imparts resilience to operational variation. The study evaluates the novel application of PVA gel beads to bioreactor for treating acidic mine waters from an ecologically important region. The research finding provides an understanding of the process for application to other biological AMD treatment configurations.

Keywords: acid mine drainage (AMD), polyvinyl alcohol (PVA), sulfate, sulfate reducing microorganism (SRM), dissimilatory sulfate reduction(DSR), pyrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[A-HW23] 水循環・水環境

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

We focus on various issues of water cycle and environment and aim to answer questions of hydrological and earth system sciences including 1) surface, subsurface and evapotranspiration processes of water cycle; 2) natural and anthropogenic hydrothermal systems, 3) environments issues and studies on a watershed or global scale, 4) water-related issues with ecological, environmental, and geochemical aspects, and 5) other issues in hydrological sciences. This session welcomes presentations regarding various kinds of approaches and techniques such as field survey, remote sensing, isotope tracers, numerical simulation, and theoretical analysis.

[AHW23-P01] A multiobjective risk management model for real-time reservoir flood control operation

*Juan Chen[1,2]、Ping-An Zhong[2]、XinYu Wan[2]、Yu Zhang[2] (1.College of Earth Sciences and Engineering, Hohai University、2.College of Hydrology and Water Resources, Hohai University)

[AHW23-P02] Assessment of the Flow Regime of Roanoke River due to Climatic and Anthropogenic Activities

*Rahul Kumar Singh[1]、Dr. Manoj Kumar Jain[1] (1.Indian Institute of Technology, Roorkee, India)

[AHW23-P03] Predictive Analysis of Climate, Water, Health and the Environment Nexus

*Abhishek [1]、Deepika [2] (1.Technical University Dresden, GERMANY、2.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA)

[AHW23-P05] Severe droughts provide huge fuel for widespread wildfires in California in USA

*Linghua Qiu[1]、Ji Chen[1]、Haiyun Shi[2]、Liqun Sun[3]、Jun Niu[4] (1.the University of Hong Kong、2.Southern University of Science and Technology、3.Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences、4.China Agricultural University)

[AHW23-P06] A comprehensive evaluation of MODIS-based water use efficiency with global eddy covariance flux data and a process model

*Shanshan YANG[1,2]、Jiahua ZHANG[1]、Sha ZHANG[1,2]、Jingwen WANG[1,2]、Yun BAI[1,2]、Fengmei YAO[2]、Huadong GUO[1] (1.Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences、2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China)

[AHW23-P07] Impact of variability and anisotropy in the correlation decay distance for precipitation spatial interpolation in China

*yingxian zhang[1] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration)

[AHW23-P08] New Record-Breaking Frequency of Annual Maximum Daily Precipitation of 58 stations in the whole Japan, an increasing of extreme values.

*Chhay Ngorn SEANG[1]、Tomohito YAMADA[1] (1.Hokkaido University)

[AHW23-P09] Quantifying stemflow to better express its ecohydrological significance

*飯田 真一[1]、Carlye-Moses Darryl E.[2]、Germer Sonja[3]、Llorens Pilar[4]、Michalzik Beate[5]、南光 一樹[1]、Tischer Alexander[5]、Levia Delphis F.[6] (1.国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所森林研究部門森林防災研究領域、2.Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada、3.Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany、4.Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain、5.Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller

University Jena, Jena, Germany、6.Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA)

[AHW23-P10] **Hydraulic analysis of overland flow caused by temporally varying rainfall**

*PING-CHENG HSIEH[1]、Ming-Chang Wu[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P11] A comparative Study on Water Environment of Isolated Islands - Focusing on Islands in Nagasaki Prefecture - (3)

*矢巻 剛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]、猪狩 彬寛[1]、堀内 雅生[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P12] 草津白根山周辺水環境と2018年1月噴火による影響の考察

*猪狩 彬寛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1] (1.法政大・院、2.法政大・地理)

[AHW23-P13] 熊本市江津湖における湧水量の再考察

*一柳 錦平[1]、井手 淨[1]、嶋田 純[1]、市川 勉[2] (1.熊本大学、2.東海大学)

[AHW23-P14] **Evaluating the efficacy of hydrologically and hydrodynamically driven methods of e-flow assessment for Upper Godavari River Basin, India**

*GAURAV KALIDAS PAKHALE[1]、Jyoti Punjahari Nale[2]、Ashvin Kumar Gosain[3]、Rakesh Khosa[3] (1.PhD Research Scholar, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi、2.Project Advisor, IEWP, GIZ India, New Delhi, India、3.Professor, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi)

[AHW23-P15] Presence of pharmaceutical compounds in freshwater lakes and their impact on phytoplankton

*Nandakumar Kanavillil[1]、Cassandra Fligg[1]、Sreekumari Kurissery[1] (1.Lakehead University, Canada)

[AHW23-P16] **Novel approximate solutions for solute transport due to injections: considering the scale-dependent dispersion and non-integer flow dimension**

*Ye-Chen Lin[1]、Hund-Der Yeh[1] (1.National Chiao Tung Univ.)

[AHW23-P17] Experimemtal study on the residual saturation of Porous Media using Pore Doublets Micromodel

*彭 俊維[1] (1.台灣國立交通大學)

[AHW23-P18] Assessment of Synergy between Biomedical Waste and Shallow Groundwater Pollution

*Deepika [1]、Abhishek [2] (1.BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA、2.Technical University Dresden, GERMANY)

[AHW23-P19] Erosion and transport processes of earth surface materials in a reservoir-catchment system inferred from atmospheric radionuclides ^{7}Be and ^{210}Pb

*鶴岡 幹矢[1]、落合 伸也[2]、松木 篤[2]、長尾 誠也[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター)

[AHW23-P20] Fluctuation of groundwater level in a sloping unconfined aquifer due to time varying recharge

*Ming-Chang Wu[1]、Ping-Cheng Hsieh[1] (1.National Chung Hsing University)

[AHW23-P21] **Effect of cutoff wall on recharge water storage volume**

*Pei-hsun Tsai[1]、Jung-hsing Tai[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[AHW23-P22] **Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment**

*Jen Hung Chiu[1]、Wen Chin Chen[1] (1.Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment)

[AHW23-P23] **Mine-water quality at a tertiary coalfield in India: Characterisation and treatment using novel polyvinyl alcohol (PVA) gel bioreactor**

*Aparna Dutta[1]、Sudipta Sarkar[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

A multiobjective risk management model for real-time reservoir flood control operation

*Juan Chen[1,2], Ping-An Zhong[2], XinYu Wan[2], Yu Zhang[2]

1. College of Earth Sciences and Engineering, Hohai University, 2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University

Many uncertainties exit in the real-time reservoir flood control operation and bring risks to flood control decisions. A multiobjective optimization model is developed for the real-time risk management for the flood control operation of a reservoir system considering multiple uncertainties such as inflow forecast errors and outflow errors. The two competing objectives considered are: (1) minimizing the risk of reservoir upstream flooding and (2) minimizing the risk of downstream flooding. The optimization model seeks to find the operation schedules that satisfy the flood control objectives and simultaneously minimize the overall risks. The decision variables are the hourly reservoir releases. The formulated multiobjective optimization problem is nonlinear and non-convex, and is solved with an improved Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II (INSGA-II). We use a filtering algorithm to select representative non-dominated solutions from the Pareto front generated by INSGA-II to assist in real-time decision making. The proposed risk management model is applied to the Foziling reservoir in Huaihe river basin of China. The results show that the proposed method can provide a practical way to optimize the real-time flood control operation for risk management of a reservoir.

Keywords: Flood, Reservoir, Flood control operation, Risk assessment, Multiobjective optimization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment of the Flow Regime of Roanoke River due to Climatic and Anthropogenic Activities

*Rahul Kumar Singh[1], Dr. Manoj Kumar Jain[1]

1. Indian Institute of Technology, Roorkee, India

The natural flow regime of many rivers around the world has been significantly altered due to climatic and anthropogenic modifications such as the construction of dams and reservoirs. The natural flow regime plays an important role in the development of the riverine ecosystem. Therefore, quantification of the extent of the alterations in the natural flow regime would be helpful in the river’ s ecological assessment. The Roanoke River in southeastern United States had one of the biggest and least disturbed forest ecosystems but due to climatic changes and anthropogenic actions such as construction of dam, artificial regulations of the natural flow regime, the overall riverine ecosystem has severely impacted. In this study, SWAT (Soil Water Assessment Tool) has been used to reconstruct the long-term unaltered streamflow for a hypothetical no-dam scenario condition, in order to assess the impact of climate change as well as due to construction of the John H Kerr reservoir on Roanoke River streamflow from 1956-2012. In order to simulate the unaltered streamflow series post construction of John H Kerr reservoir, 32 years (1916-1948) of observed gauge inflow prior to anthropogenic disturbance (due to construction of John H Kerr Reservoir) was used for calibration and validation of the parameters of the SWAT model. Historical land use and land cover backcasting data for the year 1938 has been used in the hydrological model to simulate the flow regime prior to construction of the dam and it was kept same during the whole simulation period. The SWAT model simulated observed gauge data with Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE) = 0.70, Percent bias (PBIAS) = 0.00 and the determination coefficient (R^2) = 0.73 during the calibration period (1916 - 1936), and performed equally better during the validation period (1937-1948) with NSE = 0.72, PBIAS = 0.00 and R^2 = 0.74. The indicators of hydrologic alteration (IHA) methodology has been used to assess the natural flow regime (no dam or reservoir moderated flow regime) characteristics under a simulated no-reservoir scenario (scenario1) and compare with the IHA results obtained based on the gauged streamflow downstream of the dam (scenario2). Hence, in case of scenario 1, the post-impact period has been taken as the simulated flow series using SWAT model from 1956-2012 and in case of scenario 2 the post-impact period has been taken as the gauged observed streamflow from 1956-2012 at Roanoke Rapids gauging station downstream of the reservoir. The pre-impact period for both the scenario was kept the same i.e. from 1912 to 1949. The results reveal that in case of the IHA assessment based on scenario 1, significant alterations have been observed in 5 out of 32 indicators compared to 13 out 32 indicators in case of scenario 2. The overall hydrologic alteration in case of scenario 1 was 45.65% and it was 55.17% in the case of scenario 2. The alteration during the scenario 1 could be attributed to the overall natural climatic variability. The results also indicate that flow variability in terms of high and low flows were better in scenario 1 compared to scenario 2 where the high flows were completely absorbed including the low pulse count and duration due to regulation in the flow. However, the reservoir operations enhanced the monthly flows including the multiday minima low flows. Thus, the present method can be treated as an easy-to-implement comprehensive approach for designing natural flow regimes to mimic the pre-impact flow condition in order to restore the ecosystem of modified rivers due to anthropogenic interventions.

Keywords: SWAT, IHA, Streamflow, Hydrologic Alteration, Ecosystem

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Predictive Analysis of Climate, Water, Health and the Environment Nexus

*Abhishek -[1], Deepika -[2]

1. Technical University Dresden, GERMANY, 2. BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA

Amid the major demographic transition of developing world from a rural, agrarian society to an urban, industrial one, there is a need for predictive analytics of impact of the major biotic and abiotic stressors on the environmental constituents. The current study emphasizes the connections between climate, water, environment, and health and their interdependency followed by an impact assessment focusing on an urban environment. A data-driven hybrid framework for water resources assessment and management based on machine learning techniques was developed, calibrated and validated with the ground data for the sub-region scale of North-East Indian regime (mean spatial coordinates: 28° 38' 41.2800" N and 77° 13' 0.1956" E). The remote sensing data for land cover and land change were coupled with the climate model simulations to formulate the health risk assessment framework. The large ensemble of downscaled scenario based outputs including the effects of anthropogenic factors was used to drive the hybrid model framework.

Multi-dimensional Random Walk Metropolis (RWM) algorithms used to optimize the sample observations converged with an RMSE error of 0.18 with a range of 0.006. Pearson Product Moment Correlation coefficient range of all the ensemble members was 0.886-0.904. The prediction accuracy construed from 95 % model uncertainty bounds was 89-91 % for the constituent parameters. The sensitivity analysis revealed that the climate is the key parameter and is the most sensitive for all other linkage units followed by water availability and health factors. Comparative analysis of the simulated- and experimental results enforced comprehensive clarification of the assumptions made therein. By real-time monitoring and forecasting the vital impacts, this research will serve and benefit local policymakers and in the decision-making process, particularly regarding water resources vulnerability and future availability with significant economic consequences. The upscaling of the model form sub-regional to regional scale is well underway.

Keywords: Climate Change, Urbanization, RWM algorithm, Ensemble model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Severe droughts provide huge fuel for widespread wildfires in California in USA

*Linghua Qiu[1], Ji Chen[1], Haiyun Shi[2], Liqun Sun[3], Jun Niu[4]

1. the University of Hong Kong, 2. Southern University of Science and Technology, 3. Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, 4. China Agricultural University

The frequently occurred large wildfires in California caught the public’ s attention in recent years and the ability to identify and prevent such disasters is pressing. The study built the rational relationship between soil moisture and vegetation based on remote sensing, hydrology and wildfire data during 2001-2017 in California. The purpose is to estimate the effects of droughts on wildfires and to detect the valid fuel for wildfires. The study results reported that severe droughts could cause huge fuel for wildfires and made them even much more widespread and longer sustained. The consequences could provide significant information for identification and prevention of future wildfires in California and even other regions in the world.

Keywords: Fuel, Wildfires, Droughts, Soil moisture, Vegetation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A comprehensive evaluation of MODIS-based water use efficiency with global eddy covariance flux data and a process model

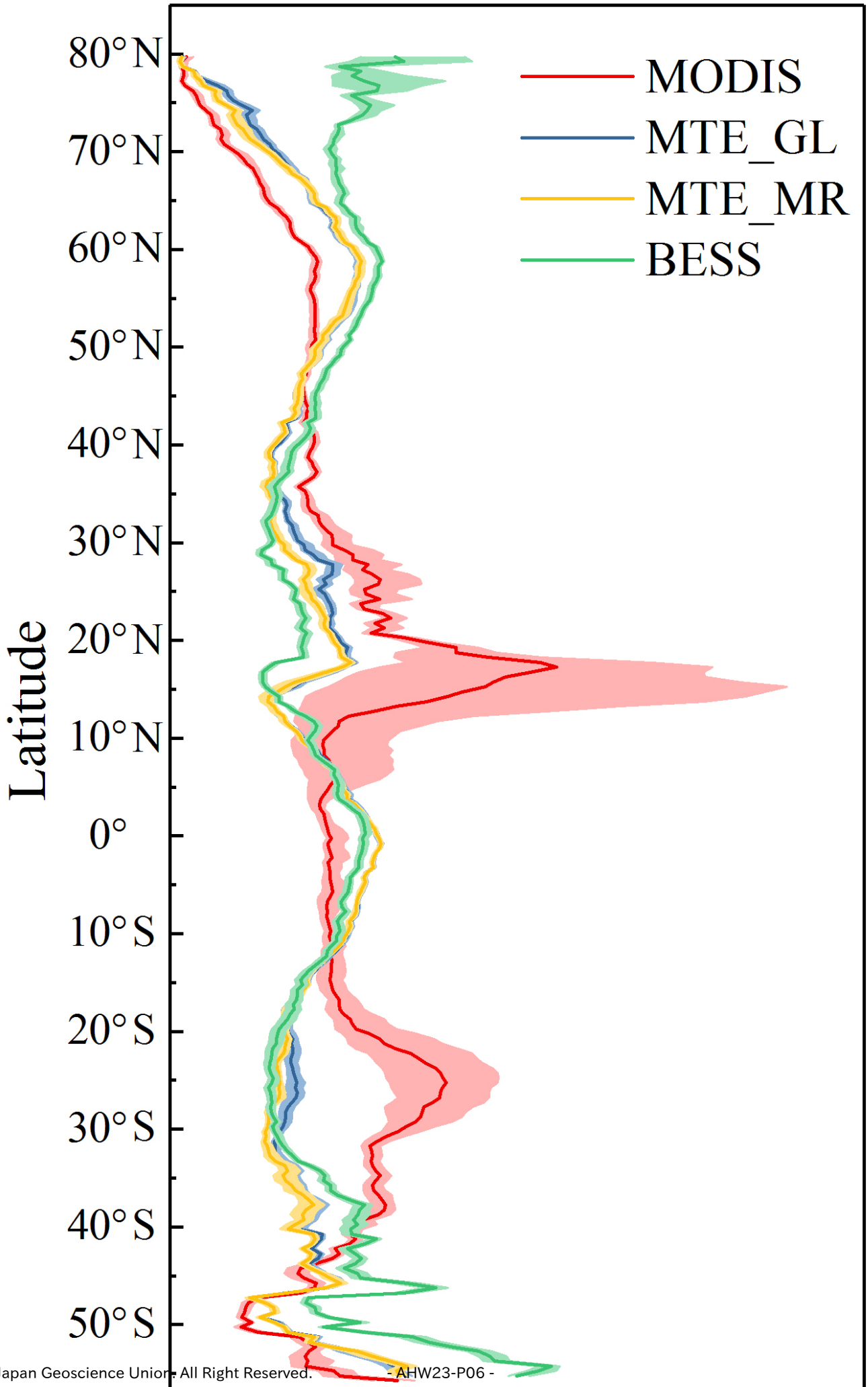
*Shanshan YANG[1,2], Jiahua ZHANG[1], Sha ZHANG[1,2], Jingwen WANG[1,2], Yun BAI[1,2], Fengmei YAO[2], Huadong GUO[1]

1. Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Ecosystem water use efficiency (WUE), defined as the ratio of gross primary productivity (GPP) to evapotranspiration (ET), is an important indicator to investigate the interaction between the terrestrial carbon and water cycles. The spatiotemporal patterns of WUE inferred from MODIS GPP and ET products and its responses to environmental factors have been analyzed, however, the accuracy of MODIS-derived WUE (MODIS WUE) has not been well evaluated. In this study, we evaluated monthly and annual MODIS WUE using global covariance flux data (FLUXNET2015 dataset) during 2000-2014, and conducted global intercomparisons (2001-2011) among annual WUE from MODIS, gridded FLUXNET (MTE) and a process model (BESS). Site scale (53 sites) evaluation results revealed that MODIS gave reliable estimates for GPP and ET, however, the performances of MODIS WUE was poor for monthly WUE (R2=0.14) and even worse for annual WUE (R2=0.08). MODIS WUE was generally underestimated with a bias of -0.21 gC kg-1 H2O (-8.43%) and RMSE of 1.20 gC kg-1 H2O for monthly WUE, and a bias of -0.28 gC kg-1 H2O (-11.31%) and RMSE of 0.98 gC kg-1 H2O for annual WUE. Among all land cover types, MODIS WUE performed relatively better in savannas and woody savannas for monthly WUE and grasslands for annual WUE, but significantly overestimated WUE in open shrublands. Likewise, MODIS WUE was obviously overestimated in hot and cold semiarid and arid climate zones. The global intercomparison results demonstrated that the spatial pattern of MODIS WUE was broadly similar to that of MTE and BESS WUE, except for the tropical and subtropical arid and semiarid areas. In these regions MODIS WUE showed extremely high values with large uncertainty and different linear trends compared with MTE and BESS WUE. These disagreements were mainly caused by the discrepancies in MODIS ET. Therefore, the uncertainty of MODIS WUE in the tropical arid and semiarid areas should be taken with caution when using MODIS WUE to investigate and interpret how WUE varies spatially and its responses to climate change. Furthermore, the accuracy of MODIS GPP and ET datasets should be paid extra attention since the quality of both GPP and ET would directly affect the WUE accuracy.

Keywords: Water use efficiency (WUE), Evaluation, Intercomparison, MODIS, FLUXNET, BESS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impact of variability and anisotropy in the correlation decay distance for precipitation spatial interpolation in China

*yingxian zhang[1]

1. National Climate Center, China Meteorological Administration

The correlation decay distance (CDD) plays a key role in the angular-distance weighting (ADW) interpolation technique, being used as the searching radius to select correlated neighbors and to calculate the relative weights. The CDD of daily precipitation in China varies spatially and seasonally, and it presents anisotropic behavior, as a result of topography and the predominant atmospheric circulation. In general, CDD is largest in winter and smallest in summer, except for limited regions such as the Tibetan plateau. From a cross validation analysis, it is found that taking account of spatial and seasonal variations in CDD generally improves the ADW interpolation. Utilization of anisotropic CDDs increases the interpolation skill scores in regions with a dense monitoring network, significant elevation variation (southwestern China) or strongly anisotropic CDDs (Tibetan plateau).

Keywords: daily precipitation, correlation decay distance, ADW interpolation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New Record-Breaking Frequency of Annual Maximum Daily Precipitation of 58 stations in the whole Japan, an increasing of extreme values.

*Chhay Ngorn SEANG[1], Tomohito YAMADA[1]

1. Hokkaido University

The changes in daily temperature extremes in global scale have affected the weather and climate extreme events when there is an increase of greenhouse gas GHG compare to the industrialization in the 19th century (IPCC, 2014). Yamada et al. (2014) illustrate that the water vapor and convective instability follow the Clausius-Clapeyron-like rate of change with 99th percentile hourly precipitation intensity. Lehmann, J. et al. (2015), on another hand, studied globally the characteristic of precipitation change anomaly using a relation of the Clausius-Clapeyron model. By the way, the climate change tends to include another factor, which is more statistical base. The theory of record values in independent and identically distributed (i.i.d) random variable is studied more extensively and is more applicable with an assumption of stationary climate. The Clausius-Clapeyron equation is then also applicable base on the thermodynamic term which illustrates the relation of the temperature, vapor pressure and precipitation formation characteristic which also mentioned in the above previous studies. At the first stage, 58 stations of AMeDAS data with 117-years period across Japan are used for this analysis. The result shows that mean long-term precipitation of these 58 stations is higher than the mean value from theory i.i.d random variable of stationary climate. From this result, it can be implied that the change of precipitation in Japan is influenced by the drift term either of climate change or the heat island. In this case, the Clausius-Clapeyron equation is applied to identify the temperature term of change. This study tries to formulate a theory which more statistical base of climate drifts, non-stationary and non-identically to extreme events in accordance with time series. Clausius-Clapeyron Model and the Linear Drift Model is considered to form an empirical stochastically based on climate trend.

Keywords: Clausius-Clapeyron, New record Breaking, i.i.d

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantifying stemflow to better express its ecohydrological significance

*飯田 真一[1]、Carlye-Moses Darryl E.[2]、Germer Sonja[3]、Llorens Pilar[4]、Michalzik Beate[5]、南光 一樹[1]、Tischer Alexander[5]、Levia Delphis F.[6]
*Shin'ichi Iida[1], Darryl E. Carlye-Moses[2], Sonja Germer[3], Pilar Llorens[4], Beate Michalzik[5], Kazuki Nanko[1], Alexander Tischer[5], Delphis F. Levia[6]

1. 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所森林研究部門森林防災研究領域、2. Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada、3. Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany、4. Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain、5. Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany、6. Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA
1. Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Department of Geography and Environmental Studies, Thompson Rivers University, Kamloops, British Columbia, Canada, 3. Department of Bioengineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany, 4. Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Spain, 5. Soil Science, Institute of Geography, Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany, 6. Department of Geography and Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA

Stemflow is the flow of rainwater over the exterior of a tree stem to its base. Due to water balance calculations to obtain interception loss of forest stands, and the sometimes low percentage of stemflow as a function of rainfall, some literature ignores the ecohydrological significance of stemflow. However, stemflow is much more concentrated than throughfall per unit area. In recognition of the extreme amounts of water input to the small area around tree trunks, we advocate for two metrics to better express stemflow in relation to its ecohydrological importance: namely, the stand-scale funneling ratio and the stand-scale infiltration funneling ratio. We calculated these metrics based on measurements carried out in a tropical dry deciduous forest and a subpolar juvenile coniferous stand, and found that these are significantly larger than throughfall on both sites. The data cited from recent papers (n=34) showed that very small stand-scale amount of stemflow (approximately 0.5% on average) were necessary to make the stand-scale funneling ratio to be equal or more than unity. Moreover, the infiltration area of stemflow is generally < 0.2 m^2 due to the high infiltration capacity of top soil of forests, generally resulting in the stand-scale infiltration funneling ratio substantially greater than unity. Thus, stemflow is more effective for soil water recharge than throughfall. We recommend use of these metrics to better express ecohydrological importance of stemflow.

This presentation is based on the published paper as follows:
Carlye-Moses, D.E., Iida, S., Germer, S., Llorens, P., Michalzik, B., Nanko, K., Tischer, A., Levia, D.F. (2018): Expressing stemflow commensurate with its ecohydrological importance. Advances in Water Resources, 121, 472-479. Free open access article to: https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.08.015

キーワード：Stemflow、Funneling ratio、Forest hydrology
Keywords: Stemflow, Funneling ratio, Forest hydrology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydraulic analysis of overland flow caused by temporally varying rainfall

*PING-CHENG HSIEH[1], Ming-Chang Wu[1]

1. National Chung Hsing University

With the development of human civilization and population migration, we use many different types of pervious or impervious materials to cover the original surface. As a result, the surface friction and water permeability are reduced, resulting in increased flow velocity and runoff, and thus increasing the frequency and scale of flood occurrence. Therefore, predicting changes in overland flow caused by rainfall has become an important issue.

This study intends to simulate the overland flow under different rainfall patterns by the theory of diffusion wave model. The diffusion wave equation was used as the governing equation, and an analytical solution of the water depth by the generalized integral transformation method was presented. Since the values of the parameters used in previous research for diffusion wave models vary in an extensive range. In this study, the parameters were adjusted for each location to ensure the rationality of the simulation results according to the law of mass conservation.
The results show that for the non-uniform rainfall, the peak water depth and peak flow due to the post-peak rainfall are the largest, followed by the third quarter peak rainfall; whereas the average flow velocity of the mid-peak rainfall is the largest, followed by the third quarter peak rainfall. The peak water depth, peak flow rate and average flow rate due to the double peak rainfall are the smallest among the six rainfall patterns in this study.

Keywords: overland flow, nonuniform rainfall, diffusion wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A comparative Study on Water Environment of Isolated Islands - Focusing on Islands in Nagasaki Prefecture - (3)

*矢巻 剛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]、猪狩 彬寛[1]、堀内 雅生[1]
*Go Yamaki[1], Koji Kodera[2], Kazuki Asami[1], Yoshihiro IGARI[1], Masaki Horiuchi[1]

1. 法政大・院、2. 法政大・地理
1. Grad. Student, Hosei Univ., 2. Dep. of Geography, Hosei Univ.

1. Introduction Research on islands in Nagasaki prefecture has hardly been investigated and research has been promoted since 2014 from Goto Island Islands, Tsushima, Iki, Hirado. For this time, we will clarify the water environment in each area from the relationship with land use and climate, and make it a foothold to clarify the material cycle of each island.

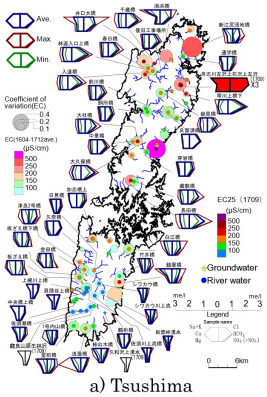
2. Target area Iki is rugged with a maximum altitude of 213 m, and there are numerous reservoirs in various parts of the island. In Tsushima, the altitude of the entire island is relatively high, and the mountains occupy about 89%. The Goto Islands Island consists of about 140 large and small islands, with large geological differences on each island. The Hirado Islands have many mountains while the fields are also relatively large. The population penetration rate of wastewater treatment in both areas is as low as 20-40%.

3. Research method Field survey was conducted 2 to 4 times a year from 2014 after organizing and examining existing research. On the site, water temperature, temperature, electric conductivity (EC), pH and RpH, COD were measured, and water was taken to measure the total organic carbon and the main dissolved components.

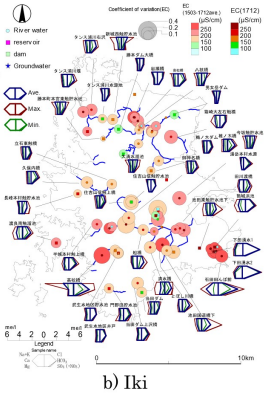
4. Results and discussion In Iki, the influence of agriculture appears in EC and TOC, but it is interesting that there is almost no effect of nitric acid. On the other hand, although many nitric acid was detected in the Goto Islands, it is thought that factors are due to paddy fields in Iki and upland fields in Goto Islands. Tsushima showed relatively low concentrations of EC and dissolved components, and seasonal changes also appeared. In Hirado Island, especially in the southern part, the geological influence is large in many places, the impact of sea salt is strong in Ikitsuki island and Azuchi Oshima. EC tends to rise in rainwater from October to March, pH tends to decrease. From the above, it is considered that the difference in the quality of the islands is greatly influenced by the difference of geology, topography and agricultural form.

キーワード：壱岐島、対馬、五島列島、平戸諸島、水環境
Keywords: Iki island, Tsushima islands, Goto islands, Hirado islands, Water environment

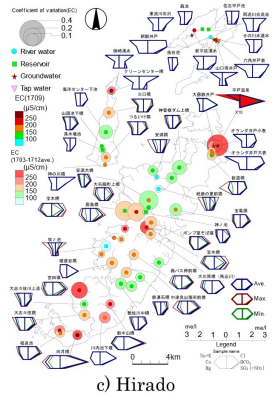
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



a) Tsushima



b) Iki



c) Hirado

Fig.1 Water quality

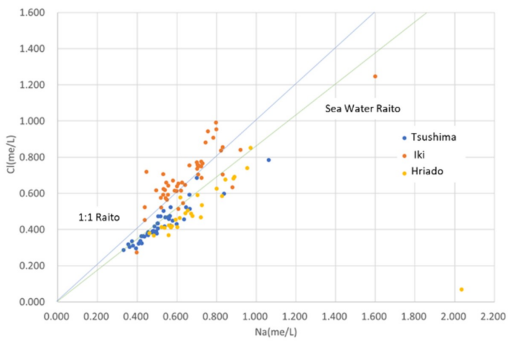


Fig.2 Na / Cl ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

草津白根山周辺水環境と2018年1月噴火による影響の考察
Water environment around Kusatsu-Shirane volcano and consideration of the effect of eruption in January 2018

*猪狩 彬寛[1]、小寺 浩二[2]、浅見 和希[1]
*Igari Yoshihiro[1], Koji Kodera[2], Kazuki Asami[1]

1. 法政大・院、2. 法政大・地理
1. Grad.Student,Hosei Univ., 2. Dep.of Geography Hosei Univ.

Ⅰ　はじめに

2018年1月23日に本白根山で噴火（水蒸気爆発）が発生した。放出された火山灰は北東方向に向かって流れ周辺の積雪中にトラップされた。この地域では噴火前の2017年5月から周辺水環境での水質調査を開始しており、噴火前後の水質への影響を検討するとともに、降灰した火山灰の溶出成分と水環境への影響を検討した。また、草津白根山周辺河川水における水質形成要因の考察を試みた。

Ⅱ　研究方法

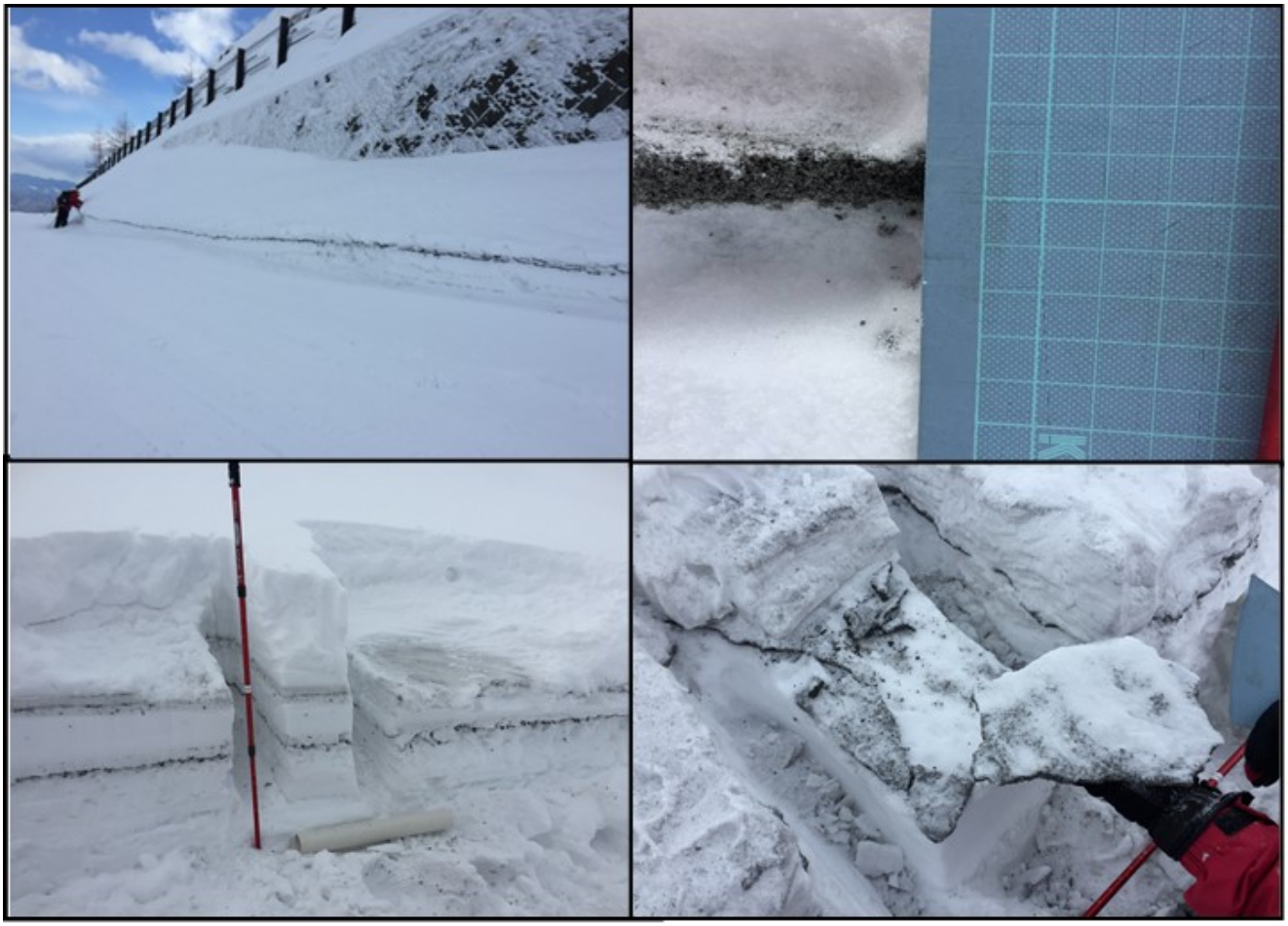
2017年5月から2019年3月にかけて21回の現地調査を行った。調査地点は山体の東側と南側を流れる河川を中心に、約45地点ほどである。現地で気温、水温、pH、RpH、EC、流量を測定し、採取した試料は主要溶存成分分析を行った。2018年2月には東麓で火山灰の堆積状況・降灰量の調査とサンプリングを行い、実験室での溶出実験を進めている。降灰域を含む流域で河川水以外にも降水や積雪、温泉水の現地調査とサンプリングを行った。

Ⅲ　結果・考察

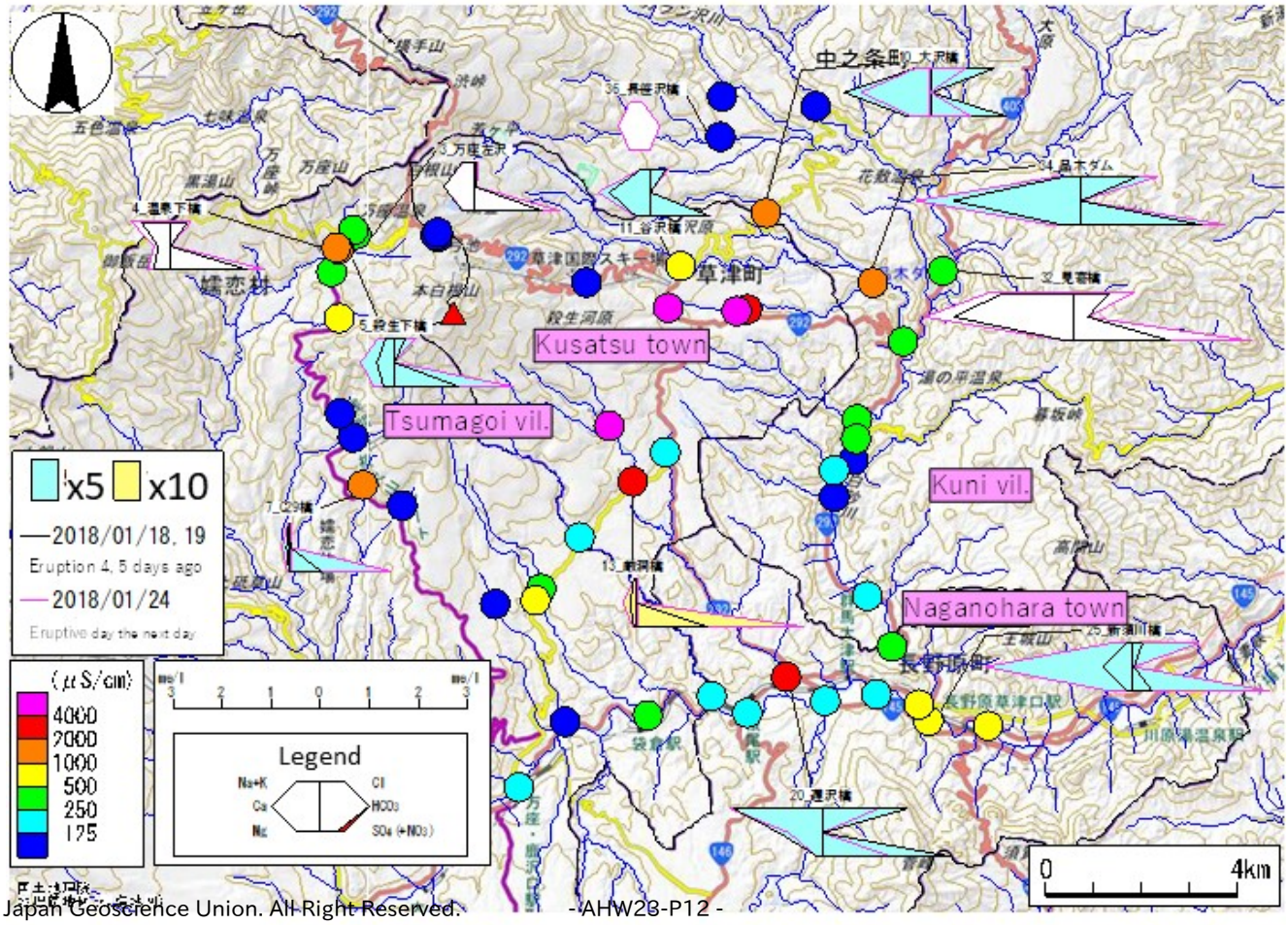
山体の東側を流れる白砂川では、温泉排水や火山活動の影響を受けた地下水・河川水が支流から流入している。EC値の変動が大きい地点もあり、湯川・谷沢川・大沢川といった酸性河川の中和水を貯める品木ダムの放流・導水に影響されている。最下流地点直上には品木ダムからの導水排出口があり、pH値が引き下げられている。西麓と南麓の流域には万座温泉や硫黄廃鉱が立地し、河川水はその排水の影響を強く受ける。上流部に硫黄鉱跡がある厳洞沢ではpH:2.0、EC:6000μS/cm前後の水質を示す。

キーワード：草津白根山、火山、水環境、噴火、温泉
Keywords: Mt.Kusatsu-Shirane, Volcano, Water environment, Eruption, Hot spring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Picture.1 Ash fall in the east foot of Kusatsu-Shirane volcano (February 6, 2018)



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本市江津湖における湧水量の再考察
Re-consideration of discharge rate of spring water in Lake Ezu, Kumamoto

*一柳 錦平[1]、井手 淨[1]、嶋田 純[1]、市川 勉[2]
*Kimpei Ichiyanagi[1], Kiyoshi Ide[1], Jun Shimada[1], Tsutomu Ichikawa[2]

1. 熊本大学、2. 東海大学
1. Kumamoto University, 2. Tokai University

熊本地域は水道水源の100%を地下水で賄っているが，近年は地下水位の低下が懸念されている．熊本市の江津湖周辺では，湧水量を観測するために1991年12月より毎月，13地点で流量測定が行われている．これまでの研究では，最下流の秋津橋の流量から最上流の鵜渡橋および流入河川の流量を引いて，江津湖全体の湧水量を求めていた．しかし，上江津湖上流や下江津湖上流の斉藤橋では，流量の経年変化に顕著な減少傾向は認められない．また，下江津湖では2003年以降，上流の斉藤橋よりも下流の秋津橋の方が流量の少ない期間が多くあり，湖水が地下へ浸透していると考えられている．そのため，最下流の秋津橋の流量を使って江津湖全体での湧水量を計算すると，下江津湖での浸透量を過小評価している可能性が考えられる．そこで本研究では，上江津湖より上流域，上江津湖，下江津湖の3つのゾーンに区切って各湧水量を求め，それらの合計値を江津湖全体の湧水量とした．期間は1991年12月より2014年12月までである．流量データのある13地点のうち，欠測率が5%未満の7地点を利用し，1ヶ所でもデータが無い場合は欠測とした．ただし，各ゾーンの湧水量がマイナスになる場合，マイナスのまま計算した場合（ケース1）と，湧水量を0m^3/日として計算した場合（ケース2）について比較した．その結果，江津湖全体の湧水量は1992年の約450,000m^3/日から徐々に少なくなって，2005年には約360,000m^3/日（ケース1），約410,000m^3/日（ケース2）となった．その後，2006年7月以降は降水量の急激な増加に伴って湧水量も増加し，2015年まで400,000～500,000m^3/日程度を維持している．このように，ケース1とケース2で経年変化に大きな違いは認められなかった．また，上江津湖より上流域と上江津湖では湧水量がプラスの期間が多く，ケース1とケース2の差はほとんど無かった．しかし，下江津湖では2003年以降たびたび湧水量がマイナスになり，2006年7月以降の平均値はケース1よりもケース2の方が約90,000m^3/日多かった．さらに，各ゾーンの季節変化を比較するため，月平均値を計算した．その結果，江津湖全体の湧水量は4-5月に低く，10-11月に高い．しかし，上江津湖より上流域と下江津湖の湧水量は季節変動が小さく，上江津湖だけが江津湖全体と同様の季節変動を示した．また，下江津湖の湧水量がマイナスになるのはとくに8月が多く，2006年以降の8月の平均値はケース1では約-14,000m^3/日，ケース2では約32,000 m^3/日となった．月平均値が負になるのはおかしいので，湧水量の季節変化はケース2の方が適切に表現していると考えられる．

キーワード：湧水、江津湖、長期変化、季節変動
Keywords: spring water, Lake Ezu, long-term trend, seasonal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluating the efficacy of hydrologically and hydrodynamically driven methods of e-flow assessment for Upper Godavari River Basin, India

*GAURAV KALIDAS PAKHALE[1], Jyoti Punjahari Nale[2], Ashvin Kumar Gosain[3], Rakesh Khosa[3]

1. PhD Research Scholar, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi, 2. Project Advisor, IEWP, GIZ India, New Delhi, India, 3. Professor, Civil Engineering Department, Indian Institute of Technology, Delhi

In Peninsular India, pronounced seasonality in the precipitation and tropical semi-arid climate have compelled the tremendous development in the water resources sector. The major proportion of this fertile plateau falls in the rainshadow region of Western Ghats and is rightfully supported through enormous irrigation schemes which include the operation of several large reservoirs. These developments have resulted in alteration of various components of a natural hydrological regime like low as well as high flows. Environmental flows (e-flows), though acknowledged widely for their benefits, have not been attempted vigorously for peninsular river basins due to the prioritised issues related to water scarcity and disputes over water sharing. Also, many of these river streams have historically been known as non-perennial, thus further weakening the case of e-flows. Effectively, many recent e-flow assessments, have been observed to be elementary, quick and based on methods that are less intensive in terms of data and time requirements. In this view, the present study attempts to verify the efficiency of various hydrology and hydrodynamics-based e-flow assessment methods in one of such river basins, Upper Godavari River Basin. For this, hydrological observations of 16 sites with long term record availability (20 years or more) have been used and latest cross section data for these sites have been used for hydrodynamic computations.

Hydrological indices based on concepts like Percentage of Flow (POF) and Range of Variability Approach (RVA) have been estimated using a natural flow regime obtained from SWAT rainfall-runoff modelling. POF approaches like Tennant Method, Tessman Method, Variable Monthly Flow Methods are analysed while RVA approach has been analysed using Indicators of Hydrological Alteration (IHA) platform. These indices have been analysed for their feasibility and acceptability under the natural flow regime to understand the efficacy of these indices in providing optimum e-flow suggestions. Present observed flow regime has been juxtaposed with these indices to assess the present flow health in their comparison.

Hydrodynamic computations have been performed in HEC-RAS using 1-dimensional steady state conditions. Flow discharge versus flow depth, wetted perimeter, etc. relationships obtained for these study sites have been utilised to understand the critical flow levels which ensure the maximum bed inundations preferable for ecological sustainability. Wetted perimeter method of e-flow assessment has been evaluated for its suitability to provide the optimum e-flow suggestions. It has been found that hydrology based simple and quick methods of e-flow assessment fail the basic criteria of feasibility even under natural flow regime while hydrodynamic approach gives site-specific solutions which may not be relatable in longitudinal e-flow implementation.

Keywords: environmental flows, Range of Variability Approach, Wetted perimeter method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Presence of pharmaceutical compounds in freshwater lakes and their impact on phytoplankton

*Nandakumar Kanavillil[1], Cassandra Fligg[1], Sreekumari Kurissery[1]

1. Lakehead University, Canada

Historically, microalgae have been used as bio-indicators of aquatic health and this can be seen in several studies across the world. Often, at the bottom of the food chain microalgae constitute the primary producer of energy of many freshwater ecosystems. Diatoms, a group of microalgae, have been shown to exhibit extreme sensitivity to varying environmental parameters thereby making themselves an excellent candidate for studying the impacts of pollutants such as Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs). The contamination by PPCPs is common in our inland water bodies with a potential to get into our drinking water supply. This study explores the presence of PPCPs (Ibuprofen, 17-β Estradiol, and Triclosan) in the nearshore waters of Lake Simcoe, Ontario, Canada and their impacts on microalgal community. The study involved assessment of several environmental and algal parameters in the surrounding freshwater systems of three Waste Water Treatment Plants (WWTPs) that discharge their effluents *via* a creek/water channel to Lake Simcoe. Water samples were also drawn from a control location located away from the WWTPs. The results indicated that 1) PPCPs contamination is prevalent in the water outside of WWTPs (as far as the point of confluence with Lake Simcoe), and 2) The algal parameters varied according to the presence of PPCPs in the surface waters. Thus the study supported the growing concern of pharmaceutical contamination in the freshwater systems and its impacts on primary producers.

Keywords: Water quality, Bioindicators, Freshwater lakes, Pharmaceuticals, Phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Novel approximate solutions for solute transport due to injections: considering the scale-dependent dispersion and non-integer flow dimension

*Ye-Chen Lin[1], Hund-Der Yeh[1]

1. National Chiao Tung Univ.

Prior research indicated that the flow dimension in a fractured medium may be of non-integer. In this article, we aim at developing a mathematical model for solute transport problems due to continuous or pulse injection in a non-integer dimensional flow field. The model allows the flow dimension ranging from linear flow to spherical flow. Our model also considers the effect of scale-dependent dispersion. The approximate solutions of the model are derived by applying the arrival times of mean and variance and validated through the comparison with finite-difference solutions of the present model. The results show that the approximate solutions give reasonable predictions when the value of dispersion or flow dimension is not large.

Keywords: solute transport, non-integer flow dimension, approximate solution, scale-dependent dispersion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimemtal study on the residual saturation of Porous Media using Pore Doublets Micromodel

*彭 俊維[1]
*Chun-Wei Peng[1]

1. 台灣國立交通大學
1. Taiwan National Chiao Tung University

In this study, we use a micromodel of PDM with different channel diameter ratios to study the fluid entrapment and mobilization. This study focuses on the evolution of the trapping and the amount of residuals saturation in the porous media. We observed the movement of wetting and non-wet liquids during the imbibition and drainage processes.We found that, with the low injection flow rates, the residual amount was strongly related to the contact angle; with the high injection flow rates, viscous force was dominated the trapping process. The results also showed that the liquids were trapped in the small tube for low injection rate, and in the large tube for the high injection rate. Our findings can help to control the residual saturation during water-flooding oil recovery, groundwater remediation, and the storage of carbon dioxide in deep subsurface.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment of Synergy between Biomedical Waste and Shallow Groundwater Pollution

*Deepika -[1], Abhishek -[2]

1. BPS Government Medical College for Women, Sonepat, INDIA, 2. Technical University Dresden, GERMANY

Rapid urbanization and increasing population growth rate followed by the high rates of resource consumption patterns and increased waste generation have had an unintended negative impact on the prevailing environment. In a developing country like India where 50.34 % groundwater resources are not suitable for drinking as per WHO standards (United Nations, 2016), scrutinizing the open dumping of pathogenic biomedical waste becomes of paramount importance. Poor waste management practices pose a huge risk to the health of the public, patients, professionals and contribute to environmental degradation (land, air, and water pollution) if dumped untreated on the open ground. To assess this nexus, a prevalence study of the patients affected with waterborne diseases was conducted in a total of 35 hospitals comprising of government-, government-aided- and private hospitals of Ambala city. With a pronounced steppe climate, Ambala is located in North-Eastern (mean spatial coordinates: 30˚ 22' 41.4480" N and 76˚ 46' 36.1020" E) edge of Haryana, India. The city is drained by non-perennial streams and therefore the inhabitants depend solely on shallow groundwater resources for meeting their domestic water demand.

Data about the sources, quantity produced, treatment facilities, and awareness of biomedical waste, collected by questionnaire method based survey revealed that the mean waste generation was 8.08 kg/day with SD 5.371 kg/day. The biomedical waste consisted of approximately 1.2 % of the total municipal waste generated by the city and the patients affected with waterborne diseases were about 36 % of the total patients recorded. A latin hypercube Pareto distribution coupled with AMALGAM algorithm was employed for the initial sampling states of the proposals from the observed data (no. of patients). Thereafter, posterior estimates were generated using the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) methods which showed a close fit with the observed and simulated data with RMSE 0.158. Furthermore, regression analysis with R^2=0.868 construed strong positive linear correlation between two variables viz. the number of patients and biomedical waste generated (and dumped). Recommendations are made for prioritizing the waste segregation and employing the indispensable management processes including waste treatment to avoid the further deterioration of the drinking water quality. The hospital authorities are advised to conduct the periodic seminars for enhancing awareness among the workforce from present 93.3 % to a maximum possible level.

Keywords: Groundwater, Biomedical waste, MCMC methods, Environmental awareness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Erosion and transport processes of earth surface materials in a reservoir-catchment system inferred from atmospheric radionuclides ^{7}Be and ^{210}Pb

*鶴岡 幹矢[1]、落合 伸也[2]、松木 篤[2]、長尾 誠也[2]
*Mikiya Tsuruoka[1], Shinya Ochiai[2], Atsushi Matsuki[2], Seiya Nagao[2]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科、2. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

Erosion and transport processes of earth surface materials are related to landform development in river catchment area and material discharge from the land area to the ocean. It is necessary to understand erosion and transport processes of earth surface materials to achieve proper management and prediction of river watershed and coastal area. However, since discharge behavior of earth surface materials in a large-scale river system is complicated by various processes, it is difficult to trace individual processes. On the other hand, earth surface materials eroded from catchment is transported and accumulated in reservoir. Therefore, discharge behavior of earth surface materials from catchment can be observed by monitoring of reservoir sediment. In this study, erosion and transport processes of earth surface materials in catchment were investigated based on atmospheric deposition flux to the catchment and sedimentation flux in the reservoir of ^{7}Be (half-life: 53 days) and ^{210}Pb (half-life: 22.3 years). From July 2016, rain water sample was collected every month with a collecting pan installed on the roof of Noto Atmospheric Observatory in Suzu City. ^{7}Be and ^{210}Pb in rain water were collected on ion exchange resins and measured with a Ge semiconductor detector to obtain atmospheric deposition fluxes. Sediment samples were collected with two sediment traps installed on the bottom of the reservoir (Shin-ike Reservoir) near the Noto Atmospheric Observatory at the same interval with rain sampling. Another trap was also set up in the middle layer (1.5 m above the bottom) since May 2018. Sediment samples were freeze-dried and measured with a Ge semiconductor detector to obtain sedimentation fluxes of ^{7}Be and ^{210}Pb. The atmospheric deposition fluxes of ^{7}Be and ^{210}Pb ranged 1.06-30.7 and 0.334-7.68 Bq/m^{2}/day, respectively. It shows clear seasonal fluctuation with high deposition in winter. The sedimentation fluxes of ^{7}Be in the bottom and middle layers were same level with the deposition flux. This result indicates that the contribution of ^{7}Be from the catchment is small. On the other hand, the sedimentation flux of ^{210}Pb in the middle layer was about 1.7-7.3 times higher than the atmospheric deposition flux of ^{210}Pb. This result suggests that sedimentation flux of ^{210}Pb in the middle layer reflects the contribution of ^{210}Pb from the catchment. The sedimentation flux of ^{210}Pb in the bottom layer was much higher than the atmospheric deposition flux, implying that sedimentation flux in the bottom was largely affected by resuspension in addition to the contribution of ^{210}Pb from the catchment. Residence time of these radionuclides in the reservoir-catchment system was estimated from the ^{7}Be/^{210}Pb$_{ex}$ ratios of rain water and sediment samples. The average residence times of the bottom layer samples and middle layer sample were estimated at 278 days and 141 days, respectively. This difference in the residence time may result from resuspension effect in the reservoir bottom.

キーワード：堆積物、貯水池ー集水域系、Be-7、Pb-210
Keywords: sediment, reservoir-catchment system, Be-7, Pb-210

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fluctuation of groundwater level in a sloping unconfined aquifer due to time varying recharge

*Ming-Chang Wu[1], Ping-Cheng Hsieh[1]

1. National Chung Hsing University

When a water-permeable slope is recharged by rainfall, the variation of the groundwater level is usually observed by setting up observation wells. However, the point observations are not sufficient to represent the vast domain of an aquifer and are constrained by the high cost of instrumentation and excavated wells. Therefore, the development of mathematical models for groundwater simulations can help us to understand the change of groundwater level more easily.
This study considers the variation of the groundwater level in a sloping aquifer with an impervious bottom. We divided the aquifer into two areas with and without rainfall recharge, and then use the nonlinear Boussinesq equation with a source term derived from the law of mass conservation. Analytical solutions to the nonlinear equation was acquired by the perturbation method for a finite region and a semi-infinite domain. After the transformation of variables, the general integral transformation method was used. The groundwater level varying with time under different factors (such as the dip angle of impervious bed, hydraulic conductivity, storage coefficient and different recharge rates) was discussed.
The present results were compared with the observed data from an observation well, and the difference in between was discussed. It is expected that the research results can better understand the physical mechanism of groundwater level change, and help to manage the groundwater.

Keywords: nonlinear Boussinesq equation, perturbation method, general integral transform method (GITM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of cutoff wall on recharge water storage volume

*Pei-hsun Tsai[1], Jung-hsing Tai[1]

1. Chaoyang University of Technology

Artificial groundwater recharge is used to increase groundwater in areas with water scarcity. Understanding the hydromechanical features of aquifers during groundwater withdrawal and recharge is necessary for managing groundwater resources effectively. In practice, an artificial pool can be used to collect surface runoff so that it infiltrates the aquifer and recharges groundwater. A cutoff wall can be constructed to seal recharge water and prevent it from flowing from the recharge area. Additional studies are required to understand the effect of the various parameters of cutoff walls on groundwater recharge. This study used the finite difference software FLAC 8.0 to examine the influence of the location and size of gaps of a cutoff wall on recharge water storage volume. Each aquifer was in an unsaturated state before groundwater recharging; therefore, groundwater recharge analyses were simulated by the two-phase flow in unsaturated porous media. The results revealed that when the groundwater layer was sand and the cutoff wall was not extended into the fully impermeable layer, the recharge water completely flowed from the gap between the bottom of the cutoff wall and the fully impermeable layer after stopping groundwater recharge. The recharge water volume related to the size of the gap at the bottom of the cutoff wall. When the cutoff wall was not extended into the groundwater layer, the cutoff wall did not intercept water. The gap at the top of the cutoff wall retained more recharge water compared with the gap at the bottom of the cutoff wall.

Keywords: Groundwater recharge, Cutoff wall, Water storage volume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment

*Jen Hung Chiu[1], Wen Chin Chen[1]

1. Studying Operation Parameters on Flat-Plate Membrane Bioreactor for Sewage Treatment

The flat-plate membrane bioreactor is applied to the domestic sewage treatment, which has a high quality of effluent than the traditional activated sludge process, and decreasing the susceptible of hair entanglement with the hollow fiber membrane. It has become a priority for recent sewage treatment applications.

A flat-plate membrane bioreactor pilot plant with a reaction volume of 4 m^3 was installed in the existing sewage treatment plant. In this research, the parallel treatment of the same influent water quality and hydraulic retention time was carried out to compare the treatment efficiency between the MBR and traditional activated sludge process, and the operational effects of the membrane flux were discussed.

With one year of long-term research, the average removal efficiencies of MBR process, regardless of the COD, SS and E.coli were over 99%, wchih was better than the activated sludge process only 90~95%. Meanwhile, the optimal operation mode of the MBR was obtained in the study. The aeration flow rate in the system was adjusted to 10~13 NL/min per film, the effluent flux was controlled under 50% of the maximum recommended flux of membrane with 9-minute operation and 1 minute stop in a cycle, there is no significant change in operating flux and pressure. These operational mode of MBR can extend the life time of membrane and effectively improve the application of flat-plate MBR to domestic sewage treatment.It is suggested that, in view of water treatment and resource sustainability, the flat plate MBR technology is feasible, and can serve as a green guide to the sewage treatment.

Keywords: Membrane Bioreactor, Flat-Plate Membrane, Sewage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mine-water quality at a tertiary coalfield in India: Characterisation and treatment using novel polyvinyl alcohol (PVA) gel bioreactor

*Aparna Dutta[1], Sudipta Sarkar[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

Nearly 78 percent of the total measured (proved) tertiary coal reserves of India is concentrated in the north-eastern state of Assam. The Tertiary coal of North–Eastern Coalfields (NEC) has been found to contain as high as 8% sulphur with varying percentage of pyrite, sulfate, organic and free sulphur. The pyrites are often associated with toxic heavy metals. Acid mine drainage (AMD) is generated when mining activities expose the pyrite and sulfides to atmospheric oxygen, moisture and micro-organisms that catalyse the oxidation process to release large amounts of sulfate into the mine water along with protons and dissolved metals. Microbial dissimilatory sulfate reduction (DSR) in the presence of a suitable organic carbon source can be engineered to treat such water. This study is significant because this region is rich in biodiversity and such mining impacted water may have adverse ecological impact, if discharged without appropriate treatment.The objective of the work is to characterise water samples collected from two open cast mines of Makum coalfield under NEC and evaluate the performance of a novel polyvinyl alcohol (PVA) gel packed bed bioreactor to treat the same. Sample collection, storage and physico-chemical analysis are carried out as per Standard methods of American Public Health Association. The biological treatment process is studied in a cylindrical continuous flow lab scale bioreactor under relevant acidic pH at different feed chemical oxygen demand (COD) to sulfate ratio and hydraulic retention time (HRT). Sludge from a lab scale anaerobic bioreactor treating very high sulfate industrial water is used as inoculum. The sulfate reducing microorganisms are enriched within the bioreactor in fed-batch mode using modified Postgate’ s medium for one month.Oxidation Reduction Potential (ORP), pH, sulfate removal, total inorganic carbon (TIC) and alkalinity produced are measured at the bioreactor outlet to evaluate the process performance. The mine water samples exhibit low pH, high sulfate, conductivity, dissolved solids, hardness, iron and manganese, which indicates the occurrence of AMD. The treatment process reduces the sulfate concentration and increases pH of the treated water. The use of highly porous PVA gel beads as packing material in the bioreactor treating sulfate rich acidic water imparts resilience to operational variation. The study evaluates the novel application of PVA gel beads to bioreactor for treating acidic mine waters from an ecologically important region. The research finding provides an understanding of the process for application to other biological AMD treatment configurations.

Keywords: acid mine drainage (AMD), polyvinyl alcohol (PVA), sulfate, sulfate reducing microorganism (SRM), dissimilatory sulfate reduction(DSR), pyrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:永井 裕人(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

雪氷圏は地球の基本的構成要素である。氷河・氷床、積雪・降雪、凍土、海氷、淡水氷など、水が雪や氷として存在する環境であり、大気や海洋、生態系などと相互作用しながら地球環境に重要な役割を担っている。本セッションでは、雪や氷に関する物理・化学的特性や、雪氷圏の変動・ダイナミックス、地球における役割、また惑星における雪氷を含め、研究手法を問わず、研究成果を広範に扱うことを目的とする。

9:00 ~ 9:15

[ACC27-01] GCOM-C/SGLI雪氷圏標準プロダクトの初期検証結果

★招待講演

*島田 利元[1]、堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,3]、谷川 朋範[2]、的場 澄人[4]、庭野 匡思[2]、Stamnes Knut[5]、Li Wei[5]、Chen Nan[5] (1.宇宙航空研究開発機構、2.気象研究所、3.岡山大学、4.北海道大学低温科学研究所、5.スティーブンス工科大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC27-02] GCOM-C/SGLI観測データから抽出される雪氷プロダクト概要と1年目の観測結果

★招待講演

*堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,4]、Knut Stamnes[3]、Wei Li[3]、Nan Chen[3]、島田 利元[1]、谷川 朋範[4]、庭野 匡思[4] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.岡山大学、3.Stevens Institute of Technology、4.気象研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACC27-03] PALSAR-2後方散乱強度変化と積雪深との関係

*永井 裕人[1]、山口 悟[2]、山下 克也[2]、鹿島 真弓[3] (1.早稲田大学　教育学部、2.防災科学技術研究所、3.ESRIジャパン株式会社)

9:45 ~ 10:00

[ACC27-04] ネパール，ランタン・リルン峰における懸垂氷河の崩落の特徴

渡部 帆南[2]、*奈良間 千之[1]、森 義孝[2]、河島 克久[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然環境科学研究科、3.新潟大学災害・復興科学研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC27-05] ネパール・ヒマラヤ トラカルディン氷河における氷壁の分布特性

*佐藤 洋太[1]、藤田 耕史[1]、井上 公[2]、砂子 宗次朗[1]、坂井 亜規子[1]、對馬 あかね[1]、Podolskiy Evgeny[3,4]、Berthier Etienne[5]、Kayastha Rijan[6] (1.名古屋大学環境学研究科、2.防災科学技術研究所、3.北海道大学 北極行研究センター、4.北海道大学 国際連携研究教育局 Global Station for Arctic Research、5.フランス国立科学研究センター、6.カトマンズ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC27-06] Quantify the range of projections of future changes in glacier mass caused by differences among observed past climate datasets

*渡辺 恵[1]、柳川 亜季[2]、平林 由希子[3]、渡部 哲史[4]、鼎 信次郎[1] (1.東京工業大学情報理工学研究科、2.明星大学理工学部総合理工学科、3.芝浦工業大学 土木工学科、4.東京大学大学院工学系研究科)

GCOM-C/SGLI雪氷圏標準プロダクトの初期検証結果
The early validation results of the GCOM-C/SGLI cryosphere standard product

*島田 利元[1]、堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,3]、谷川 朋範[2]、的場 澄人[4]、庭野 匡思[2]、Stamnes Knut[5]、Li Wei[5]、Chen Nan[5]
*Rigen Shimada[1], Masahiro Hori[1], Teruo Aoki[2,3], Tomonori Tanikawa[2], Sumito Matoba[4], Masashi Niwano[2], Knut Stamnes[5], Wei Li[5], Nan Chen[5]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 気象研究所、3. 岡山大学、4. 北海道大学低温科学研究所、5. スティーブンス工科大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Meteorological Research Institute, 3. Okayama University, 4. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 5. Stevens Institute of Technology

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) polar-orbit satellite, Global Change Observation Mission for Climate (GCOM-C) has been launched on 23 December 2017. The Second-generation Global Imager (SGLI) which is carried on GCOM-C observes various geophysical variables in the Atmosphere, Ocean, Land and Cryosphere for long-term monitoring of earth environment using multi wavelength, high resolution and multi angles. When focusing on the cryosphere: snow, sea-ice, glacier and ice sheet, their high albedo affect the cooling mechanism of the radiative balance. The GCOM-C/SGLI regularly creates cryosphere standard products including C1: snow, ice and cloud classification product and C2: snow grain size and snow surface temperature product. We validated these products by comparison with other satellite products and in-situ observation data. C1 product was validated by comparing other similar satellite product (e.g. Terra/MODIS) focusing on the snow and ice extent. C2 product was validated by match-up comparison with in-situ data and satellite retrieval results. Snow grain size of shallow layer was measured at the in-situ observation carried out at the East GRIP site on the North-eastern Greenland Ice Sheet in July 2018. Snow and ice surface temperature was derived from automatic weather station (AWS). From these validation results, all standard product was achieved the release threshold and JAXA decided to release the GCOM-C/SGLI product. In the presentation, some examples and case study of the GCOM-C/SGLI observation results will be shown.

キーワード：GCOM-C/SGLI、衛星観測、積雪粒径
Keywords: GCOM-C/SGLI, remote sensing, snow grain size

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLI観測データから抽出される雪氷プロダクト概要と1年目の観測結果

Overview of the cryospheric variables derived from GCOM-C/SGLI observations: The first-year results

*堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,4]、Knut Stamnes[3]、Wei Li[3]、Nan Chen[3]、島田 利元[1]、谷川 朋範[4]、庭野 匡思[4]
*Masahiro Hori[1], Teruo Aoki[2,4], Knut Stamnes[3], Wei Li[3], Nan Chen[3], Rigen Shimada[1], Tomonori Tanikawa[4], Masashi Niwano[4]

1. 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2. 岡山大学、3. Stevens Institute of Technology、4. 気象研究所
1. Earth Observation Reseacrh Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Okayama University, 3. Stevens Institute of Technology, 4. Meteorological Research Institute

The “Global Change Observation Mission-Climate” (GCOM-C) is an Earth observing satellite of Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) for the global observation of the Earth environment. GCOM-C carries a multi-spectral optical radiometer named Second Generation Global Imager (SGLI), which has special features of wide spectral coverage from 380 nm to 12 μm, a high spatial resolution of 250 m, a field of view exceeding 1000 km, two-direction simultaneous observation, and polarization observation. The GCOM-C satellite was successfully launched from the Tanegashima Space Center in Japan on December 23, 2017 and SGLI started the Earth observations on January 1st, 2018. From the SGLI observations snow-related variables such as snow and ice cover extent, snow grain size, and snow surface temperature are being retrieved and the products of those variables have been released to the public from the JAXA’s satellite data providing service “G-Portal” (https://gportal.jaxa.jp/gpr/index/index) since December 20th 2018. These snow physical variables are important for determining spectral albedo and radiation budget at the snow surface. In this presentation, the first-year results of SGLI snow observations are presented as well as the introduction of the SGLI products with the special attention to the thermal infrared observations at 250-m spatial resolution.

キーワード：GCOM-C、SGLI、積雪、積雪粒径、表面温度、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SGLI, Snow Cover, Snow Grain Size, Surface Temperature, Remote Sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PALSAR-2後方散乱強度変化と積雪深との関係
Relationships between PASAR-2 backscatter amplitude changes and snow depths

*永井 裕人[1]、山口 悟[2]、山下 克也[2]、鹿島 真弓[3]
*Hiroto Nagai[1], Satoru Yamaguchi[2], Katsuya Yamashita[2], Mayumi Kashima[3]

1. 早稲田大学　教育学部、2. 防災科学技術研究所、3. ESRIジャパン株式会社
1. Waseda University, School of Education, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Esri Japan Corporation

地方自治体にとって豪雪は非常に大きな経済的負担を与えている。新潟県管理道路の除雪費は年間100億円に迫るなど、除雪車の運用は多額の税金が投入されるが、その運用計画（ルート選択や運用回数）には作業領域全体の積雪の空間分布が客観的に反映されていない。しかも年によって降雪の頻度や量が変わるため、同じ計画を毎年実施することは合理的でない。

このような豪雪地域の社会課題の解決には積雪深空間分布の把握が重要である。従来の衛星搭載の合成開口レーダー（SAR）による積雪量推定はC-バンドを用いたものが多く、波長が短いことにより、液体水分を含む積雪層への適応が大きなハードルとなっていた(Bernier et al., 1999; Li et al., 2017; Rignot et al., 2001; Shi et al., 1993; Shi and Dozier, 1995)。しかしL-バンドSARでは、積雪深と後方散乱強度の相関関係について、乾雪と想定される夜観測で負相関（雪が深いほど反射強度が小さくなる）であったものが、湿雪と確認された昼観測で正相関になることが示された(Nagai et al., 2018a, 2018b)。

積雪にマイクロ波を放射した場合に後方散乱として受信する反射波は（１）露出面での表面散乱、（２）地面での表面散乱、（３）積雪層内における体積散乱の3通りに分類できる (Li et al., 2017)。さらに乾雪・湿雪によってマイクロ波の振る舞いは大きく異なる。浅い乾雪（水当量20 cm以下）はマイクロ波を良く透過するために体積散乱が非常に小さく、地面表面での反射が支配的である(Bernier and Fortin, 1998)。積雪が液体の水分を含むと、積雪粒子と水の誘電率の違いによって、後方散乱が著しく減少する(Shi et al., 1993; Shi and Dozier, 1995)。

本研究では「だいち2号」搭載LバンドSARであるPALSAR-2について、積雪深推定に適した画像処理アルゴリズムの検討を実施した。まず、液体水分の影響を最小限に抑えるために夜間観測のデータを使用した。無雪期として2015/11/22, 2016/11/20, 積雪期として2018/01/28観測のデータを取得し、後方散乱強度（dB）変換し、0, 5, 10, 15...55画素の移動平均フィルタをそれぞれに実施した。11月平均画像と2016/11/20単シーンに対する積雪期画像の強度差分を求め、新潟大学が取りまとめる準リアルタイム積雪分布監視システム観測点(Iyobe and Kawashima, 2016)の地上計測値と統計値を比較した。

その結果、10画素以上の移動平均フィルタでは、全ての場合において、r<-0.3, p<0.1%の負の相関関係を示し、フィルタの画素数を増加させるほど、相関係数は低下した。11月平均画像を単シーン画像では有意な差は生じなかった。強度差分と実測値との一次近似について、10画素以上の移動平均フィルタでは傾きはほぼ一定であった。

このように厳冬期夜間のデータを用いることにより、高い負の相関を以てSARから積雪深を推定できる可能性が示された。より良い相関係数の積雪深マップを作成するためには移動平均フィルタを強く施す必要があるが、それに応じて粗く滑らかな見た目の積雪深マップになるため、用途に応じてフィルタを考慮する必要があるといえる。

本発表ではこの他にも、他の季節を基準とした場合や、積雪内水分が多いと推定される融雪期昼観測についても、統計的解析を示し、SARを用いた積雪深推定手法についての議論を深める。

（引用文献）

Bernier, M., Fortin, J.-P., 1998. The potential of times series of C-Band SAR data to monitor dry and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

shallow snow cover. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 36, 226–243.

Bernier, M., Fortin, J.P., Gauthier, Y., Gauthier, R., Roy, R., Vincent, P., 1999. Determination of Snow Water Equivalent using RADARSAT SAR data in eastern Canada. Hydrol. Process. 13, 3041–3051.

Li, H., Wang, Z., He, G., Man, W., 2017. Estimating snow depth and snow water equivalence using repeat-pass interferometric SAR in the northern piedmont region of the Tianshan Mountains. J. Sensors 2017.

Rignot, E., Echelmeyer, K., Krabill, W., 2001. Penetration depth of interferometric synthetic-aperture radar signals in snow and ice. Geophys. Res. Lett. 28, 3501–3504.

Shi, J., Dozier, J., 1995. Inferring snow wetness using C-band data from SIR-C’ s polarimetric synthetic aperture radar. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 33, 905–914.

Shi, J., Dozier, J., Rott, H., 1993. Deriving snow liquid water content using C-band polarimetric SAR. Proc. IGARSS’ 93 - IEEE Int. Geosci. Remote Sens. Symp. 1038–1041.

Nagai, H., Watanabe, T., Tadono, T., Motohka, T., 2018a. Development of snow-depth map using ALOS-2. JpGU 2018 ACC28-04.

Nagai, H., Watanabe, T., Tadono, T., Motohka, T., 2018b. Feasibility assessment of SAR-derived snow-depth map for Japanese wet snow conditions. AGU2018 NH31D–1196.

Iyobe, T., Kawashima, K., 2016. Development of a quasi-real-time monitoring system for snow depth distribution in Japan. JSSI JSSE Jt. Conf. Nagoya 119.

キーワード：合成開口レーダ、積雪、後方散乱強度
Keywords: SAR, snowpack, backscatter amplitude

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ネパール，ランタン・リルン峰における懸垂氷河の崩落の特徴
Breaking-off of hanging glaciers at Mt. Langtang-Lirung in Nepal

渡部 帆南[2]、*奈良間 千之[1]、森 義孝[2]、河島 克久[3]
Honami Watanabe[2], *Chiyuki Narama[1], Yoshitaka Mori[2], Katsuhisa Kawashima[3]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然環境科学研究科、3. 新潟大学災害・復興科学研究所
1. Niigata University, Program of Field Research in the Environmental Sciences, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Research Institute for Natural Hazards & Disaster Recovery, Niigata University

ネパールの首都カトマンズから北西に位置するゴルカ郡において，2015年4月25日にM7.8，同年5月12日にカトマンズから北東80kmでM7.3の2回の大規模な地震が発生した．100回ほどの余震を含めたこの一連の地震により，ヒマラヤ高山の雪氷域では雪崩，氷河崩落，雪氷土砂崩落，地すべりを含む土砂崩落など多数の斜面崩壊が生じた．カトマンズの北に位置するランタン谷では，地震により生じた2度の雪氷土砂崩落により「雪氷岩屑なだれ」が生じ，ランタン村は多量の雪氷土砂堆積物に覆われ（1回目：$6.81\times10^6 m^3$，2回目：$0.84\times10^6 m^3$），350名を超える犠牲者がでた（Kargel et al., 2015; Fujita et al., 2016）．雪氷岩屑なだれのトリガーは，山腹斜面上部にある懸垂氷河の崩落や冬季の大量の積雪による雪崩だと考えられている（Fujita et al., 2016; Lacroix, 2016）．そこで本研究では，ランタン村を襲ったランタン・リルン峰とランタン・リルンII峰の岩壁にある懸垂氷河を対象に，地震前の衛星画像（GoogleEarthの2015年1月）と，地震後のヘリコプターからの空撮画像（2015年10月，2018年11月）を用いて，地震時の懸垂氷河の崩落と，その後の平常時の崩落の特徴とその違いを調べた．

ヘリコプターからデジタル一眼レフカメラで1秒間隔の連続撮影を用い，ランタン・リルン峰の懸垂氷河とランタン谷底の雪氷土砂堆積物を撮影した．空撮は，2015年10月27日，2017年4月18日，10月8日, 2018年11月3日に実施したが，2017年4月と10月の2回の空撮は天候が悪く，ランタン村を覆った雪氷土砂堆積物の地形のみの撮影である．ヘリから取得した空撮画像は，SfM（structure from motion）ソフトを用いて，GoogleEarthとWorldView-2の地形表層モデル（DSM）からの地上基準点でオルソ画像と地形表層モデル（DSM）を作成した．全域の地震前後の画像データ（2015年1月21日と2015年10月27日）を比較したところ，25箇所で崩落が確認され，高度6000～7100mに分布し，崩落箇所の斜度は45～64˚であった．崩落した地形場は，懸垂氷河の末端部だけでなく，氷河中央部～上部の凸部でも確認された．地震後の2015年10月27日と2018年11月3日のDSMを比較したところ，57箇所で崩落が確認され，高度5600-7100mに分布し，崩落の発生域は斜度43～76˚であった．

キーワード：懸垂氷河、崩落、ランタン・リルン峰、ゴルカ地震
Keywords: hanging glacier, breaking-off, Mt. Langtang-Lirung, Gurkha earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ネパール・ヒマラヤ トラカルディン氷河における氷壁の分布特性
Spatial distribution of ice cliff in the Trakarding glacier, Nepal Himalaya

*佐藤 洋太[1]、藤田 耕史[1]、井上 公[2]、砂子 宗次朗[1]、坂井 亜規子[1]、對馬 あかね[1]、Podolskiy Evgeny[3,4]、Berthier Etienne[5]、Kayastha Rijan[6]
*Yota Sato[1], Koji Fujita[1], Hiroshi Inoue[2], Sojiro Sunako[1], Akiko Sakai[1], Akane Tsushima[1], Evgeny Podolskiy[3,4], Etienne Berthier[5], Rijan Kayastha[6]

1. 名古屋大学環境学研究科、2. 防災科学技術研究所、3. 北海道大学 北極行研究センター、4. 北海道大学 国際連携研究教育局 Global Station for Arctic Research、5. フランス国立科学研究センター、6. カトマンズ大学
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Arctic Research Center, Hokkaido University, 4. Global Station for Arctic Research, Global Institution for Collaborative Research and Education, Hokkaido University, 5. Centre National de la Recherche Scientifique, 6. School of Science, Kathmandu University

Glaciers in High Mountain Asia are valuable indicator of climate change, and its melt water have an important role for the regional water resources (e.g. Immerzeel et al., 2010). We thus need to estimate Himalayan glacier melting amount. However, the lower part of large Himalayan glaciers is generally covered with debris mantle, which makes the melting process complicated. Several previous works pointed out a role of ice cliffs that promote local enhancement of the ice melting (e.g. Brun et al., 2018). In previous studies, digital elevation models (DEMs) based on satellite imageries have been analyzed to estimate glacier mass change. However, it is difficult to extract ice cliffs due to their low resolution. Recently, Structure from Motion (SfM), image analysis technology, has been dramatically developed. This method enables to obtain high resolution glacial terrain data and identify the small features on glacier surface such as ice cliffs.
In this study, we generated high resolution DEMs and orthomosaic images from aerial photographs taken at three different times at the Trakarding glacier, Rolwaling region, Nepal Himalaya in order to evaluate area and aspect of ice cliffs, and analyzed the relation between cliff distribution and glacier surface elevation change. We carried out field observations and conducted aerial photogrammetry by fixed wing UAV in 2017 and helicopter in 2018 at the entire debris-covered area (3.1 km^2). We also analyzed photographs taken in 2007, and then created high resolution (0.2~2.0 m/pix) DEMs and orthomosaic images, from which about 500 ice cliffs were extracted.
DEMs shows that the surface elevation of the Trakarding Glacier declined between 2007 and 2017 by -1.65 m w.e. yr^{-1} while it lifted up between 2017 and 2018 by +1.25 m w.e. yr^{-1}. We find that the surface elevation changes are spatially heterogeneous. The more significant surface lowering happens, the higher cliff density is observed, suggesting that the ice cliff locally enhances glacier melting. In addition, the ice cliff length density was 7.9×10^{-3} m m^{-2} in 2017, which remarks the highest density comparing to a previous study in the Khumbu region (Watson et al., 2017). Further, we find significant correlation between ice cliff length and its slope area, which means that it is possible to estimate the slope area of cliff from the cliff length, which can be obtained from satellite images.

Reference
Immerzeel et al., 2010 : Climate change will affect the Asian water towers. Science., 328, 1382-1385.
Brun et al., 2018 : Ice cliff contribution to the tongue-wide ablation of Changri Nup Glacier, Nepal, central

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Himalaya. The Cryosphere., 12, 3439-3457.
Watson et al., 2017 : Ice cliff dynamics in the Everest region of the central Himalaya. Geomorphology., 278, 238-251.

キーワード：氷河、ヒマラヤ、UAV、SfM、リモートセンシング
Keywords: Glacier, Himalaya, UAV, SfM, Remote Sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantify the range of projections of future changes in glacier mass caused by differences among observed past climate datasets

*渡辺 恵[1]、柳川 亜季[2]、平林 由希子[3]、渡部 哲史[4]、鼎 信次郎[1]
*Megumi Watanabe[1], Aki Yanagawa[2], Yukiko Hirabayashi[3], Satoshi Watanabe[4], Shinjiro Kanae[1]

1. 東京工業大学情報理工学研究科、2. 明星大学理工学部総合理工学科、3. 芝浦工業大学 土木工学科、4. 東京大学大学院工学系研究科
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Meisei University, 3. Shibaura Institute of Technology, 4. The University of Tokyo

Observed climate data used as input in glacier models are expected to differ among datasets particularly at high elevations. Differences among datasets have not yet been described as a cause of uncertainty in projections of future changes in glacier mass, although uncertainty caused by varying future climate projections among general circulation models (GCMs) has often been discussed. Differences among climate datasets are expected to propagate as uncertainty in future changes in glacier mass due to bias correction of GCMs and calibration of glacier models. We project ensemble future changes in the mass of glaciers in Asia through the year 2100 using a glacier model. A set of 18 combinations of inputs, including two observed past air temperature datasets, three observed past precipitation datasets, and future air temperature and precipitation projections from three GCMs were used. The uncertainty in projected changes in glacier mass was partitioned into three distinct sources: GCM uncertainty, observed past air temperature uncertainty, and observed past precipitation uncertainty. Our findings indicate that, in addition to the differences in climate projections among GCMs, differences among climate datasets can propagate uncertainty into projected changes in glacier mass. Significant differences in observed precipitation did not cause major uncertainty in projected changes in glacier mass.

キーワード：不確実性の伝播、氷河モデル、バイアス補正、キャリブレーション、気温、降水量
Keywords: propagation of uncertainty, glacier model, bias correction, calibration, air temperature, precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:縫村 崇行(千葉科学大学)

雪氷圏は地球の基本的構成要素である。氷河・氷床、積雪・降雪、凍土、海氷、淡水氷など、水が雪や氷として存在する環境であり、大気や海洋、生態系などと相互作用しながら地球環境に重要な役割を担っている。本セッションでは、雪や氷に関する物理・化学的特性や、雪氷圏の変動・ダイナミックス、地球における役割、また惑星における雪氷を含め、研究手法を問わず、研究成果を広範に扱うことを目的とする。

10:45 ~ 11:00

[ACC27-07] 可搬型積分球積雪粒径測定装置（HISSGraS）の初期解析結果

*青木 輝夫[1,2,3]、庭野 匡思[2]、山口 悟[4]、的場 澄人[5]、谷川 朋範[2]、堀 雅裕[6]、島田 利元[6]、八久保 晶弘[7] (1.岡山大学　大学院自然科学研究科、2.気象庁　気象研究所、3.国立極地研究所、4.防災科学技術研究所、5.北海道大学　低温科学研究所、6.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、7.北見工業大学)

11:00 ~ 11:15

[ACC27-08] 高空隙多孔質氷の圧密過程に関する実験的研究：氷レゴリス層の密度進化過程への応用

矢部 みなみ[1]、*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1] (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

11:15 ~ 11:30

[ACC27-09] **札幌で10冬期間に観測された積雪不純物が放射収支と融雪に与える効果**

*広沢 陽一郎[1]、青木 輝夫[1,2]、庭野 匡思[2]、的場 澄人[3]、兒玉 裕二[4]、谷川 朋範[2] (1.岡山大学自然科学研究科、2.気象研究所、3.北海道大学低温科学研究所、4.国立極地研究所)

11:30 ~ 12:15

Discussion

可搬型積分球積雪粒径測定装置（HISSGraS）の初期解析結果
Preliminary analysis result of the Handheld Integrating Sphere Snow Grain Sizer (HISSGraS)

*青木 輝夫[1,2,3]、庭野 匡思[2]、山口 悟[4]、的場 澄人[5]、谷川 朋範[2]、堀 雅裕[6]、島田 利元[6]、八久保 晶弘[7]
*Teruo Aoki[1,2,3], Masashi Niwano[2], Satoru Yamaguchi[4], Sumito Matoba[5], Tomonori Tanikawa[2], Masahiro Hori[6], Rigen Shimada[6], Akihiro Hachikubo[7]

1. 岡山大学　大学院自然科学研究科、2. 気象庁　気象研究所、3. 国立極地研究所、4. 防災科学技術研究所、5. 北海道大学　低温科学研究所、6. 宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、7. 北見工業大学
1. The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 2. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 3. National Institute of Polar Research, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University, 6. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 7. Kitami Institute of Technology

Snow grain size is one of the most important factors as a snow physical parameter expressing the snow metamorphism as well as controlling the albedo. As snow grains are generally non-spherical and complicated shapes, the optically-equivalent grain size is not a common glaciological grain size[1)]. Thus, various techniques to measure the specific surface area (SSA) as an optically-equivalent grain size have been developed[2-5)]. It is known from intercomparisons of those techniques so far that one of the most accurate field instruments is IceCube (A2 Photonics Sensor, France)[2)]. The IceCube measures a reflectance of snow sample at the wavelength of 1,310 nm using an integrating sphere and a laser light source. The value of SSA is transformed from the reflectance. A weight of the IceCube is as much as about 20 kg and the snow sampling into a sampling case is needed. These impose not only a workload to the observer but also a certain observation time. We therefore developed a small and light-weight (1/10) instrument, the Handheld Integrating Sphere Snow Grain Sizer (HISSGraS), which operates on the same principle as the IceCube and can measure snow pit face or snow surface directly. This direct measurement enables us to measure the SSA of snow of natural condition in a short time. We measured the SSAs with HISSGraS and IceCube for several snow samples in a cold laboratory and for natural snow pit face in Japan and Greenland. When the SSAs were measured for the same snow samples with both HISSGraS and IceCube, the those SSAs agreed well with each other. When HISSGraS measured snow pit face directly and IceCube measured snow samples collected from the same snow pit, the SSAs by HISSGraS were somewhat larger than those by IceCube. This is because the snow crystals in a sampling case would be compressed at the sampling and the snow grain size could differ from that under natural snow condition.

References

1) Aoki et al. (2007): Remote Sens. Environ., 111, 320–336.
2) Gallet et al. (2009): The Cryosphere, 3, 167-182.
3) Legagneux et al. (2002): J. Geophys. Res., 107(D17), 4335.
4) Hachikubo et al. (2012): Seppyo in Hokkaido, 31, 45–48.
5) Matzl and Schneebeli (2010): Cold Reg. Sci. Tech., 64, 1-8.

キーワード：積雪粒径、比表面積、アルベド、積雪変態
Keywords: snow grain size, specific surface area, albedo, snow metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高空隙多孔質氷の圧密過程に関する実験的研究：氷レゴリス層の密度進化過程への応用

Experimental study on compaction process of highly porous ice: Implications for density change of icy regolith layer on icy bodies

矢部 みなみ[1]、*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1]
Minami Yabe[1], *Minami Yasui[1], Masahiko Arakawa[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻
1. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University

地球や火星の極域には氷床が存在する．氷床は，降雪が自重により圧密して氷化することで形成される．また，木星以遠の氷衛星表面は氷のレゴリス層で覆われてり，そのレゴリス層は衝突クレーターの形成時に氷地殻が掘削され，粉々になった氷粒子が降り積もって形成される．このレゴリス層もまた天体重力によって圧密を受けていると考えられている．一方、地球や火星より低温で重力の小さな氷衛星では，氷レゴリス層の圧密速度は遅く，表層の氷化は進まず，分厚い空隙率の高い雪層が維持される可能性が高い．この雪層は，氷衛星の地形緩和や衝突クレーターの形成効率などの表層進化に影響を与える．そこで本研究では，この天体表層の氷レゴリス層の自重による圧密過程に着目し，空隙率の高い多孔質氷を用いた低応力下での圧縮実験を行い，圧密速度と空隙率の関係を調べた．

圧縮実験の試料には，初期空隙率0.5-0.65の多孔質氷を用いた．粒径約20μmの氷粒子をシリンダーに詰め、上からピストンで押し固めることで直径20mm，高さ40mmの円筒形試料を作成した．また，氷粒子間の焼結の影響を調べるために，焼結時間を最大約200時間まで変化させた．圧縮実験はクリープ実験により行い，応力は21-42kPaと変化させた．高さ方向の変位はレーザー変位計及び接触型変位計で測定し，直径方向の変位はタイムラプスカメラで撮影した画像を解析することで測定した．温度は-9±1℃及び-11±1℃とした．

圧縮実験後，直径方向と高さ方向の歪みの関係を調べたところ，試料半径方向の歪み(dr/r)は試料高さ方向の歪み(dh/h)の-0.11倍になることがわかった．このことから，実際の圧密速度は高さ方向の歪速度の-0.78倍に補正する必要があることがわかった．そこで本研究では，試料の高さ方向の歪速度（圧縮速度：$1/h \cdot dh/dt$)に補正数-0.78を掛けたものを圧密速度（$1/\rho \cdot d\rho/dt$）として扱う．

次に，圧縮速度に対する焼結時間の影響を調べた．その結果，同じ応力でも，焼結時間が長くなるほど圧縮速度が小さくなることがわかった．ただし，焼結時間がある臨界時間を超えると焼結時間の影響はほとんど見られなくなった．この臨界時間は，試料の初期空隙率が大きいほど短くなった．本研究では，圧縮速度に対する焼結時間の影響を除くため，臨界時間以後の圧縮速度に対する空隙率，応力，温度依存性を調べた．

臨界時間以後の圧縮速度と空隙率の関係を調べた結果，一定応力下では初期空隙率に関わらず，圧縮速度と空隙率の関係は１つの指数関数則，$1/h \cdot dh/dt = B\exp(C\phi)$（$\phi$は空隙率，$B$と$C$とは定数）と表されることがわかった．定数$B$は応力の増加とともに指数関数的に増加し，$B = \beta\,\sigma^n$（$\sigma$は応力，$\beta$と$n$は定数）とさらに書き直すことができた．$\beta$と$n$はともに応力に依存しない定数となった．$C$は応力に関わらず，ほぼ一定になることがわかった．

さらに，圧縮速度と温度の関係を調べたところ，温度の上昇と伴に圧縮速度は大きくなり，アレニウスの式（$\beta = B'\exp(-Q/RT)$）を用いて活性化エネルギーを調べた結果，127 kJ/molとなった．この値は、先行研究で得られた氷の塑性変形に関係する活性化エネルギー(80-91 kJ/mol）より多少大きくなることがわかった[1][2]

以上の結果から，空隙率0.5以上の氷の圧密速度に対する空隙率，応力，温度の依存性を組み込んだ経験式，$1/\rho \cdot d\rho/dt = -0.78B'\exp(C\phi - Q/RT)\,\sigma^n$（$B' = 2.4\times10^4$ [(Pa)^n/s]，$C = 24$，$n = 1.8$）を得ることができた．この式を用いて，地球南極及び氷衛星表層における雪の圧密進化過程を計算した．つまり，天体の地表面上にある雪や氷レゴリス層が自重により時間と伴に密度が大きくなり，厚みが減少する過程を計算した．この際，全厚みでの初期密度は180 kg/m^3，地表面での応力は100 kPaと固定した．その結果，地球の南極（厚さ10m）は100年経過すると地表面上の密度は約3倍となり，厚みは約半分となった．一方，土星の氷衛星エン

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

セラダス（厚さ5km）の環境で計算すると，厚みが約半分になる時間は100年と地球南極とほぼ同じであるが，地表面下の密度は約2倍で，地球南極に比べて密度が全体的に低くなることがわかった．

[1] Barnes *et al.* (1971) Proc. R. Soc., Ser: A., 324, 127-155. [2] Durham *et al.* (1992) JGR 97, 20,883-20,897.

キーワード：高空隙多孔質氷、圧密、クリープ実験、焼結時間、氷レゴリス層
Keywords: highly porous ice, compaction, creep experiment, sintering duration, icy regolith layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

札幌で10冬期間に観測された積雪不純物が放射収支と融雪に与える効果
Effect of snow impurities on the radiation budget and snow melting observed at Sapporo during 10 winter seasons

*広沢 陽一郎[1]、青木 輝夫[1,2]、庭野 匡思[2]、的場 澄人[3]、兒玉 裕二[4]、谷川 朋範[2]
*Yoichiro Hirozawa[1], Teruo Aoki[1,2], Masashi Niwano[2], Sumito Matoba[3], Yuji Kodama[4], Tomonori Tanikawa[2]

1. 岡山大学自然科学研究科、2. 気象研究所、3. 北海道大学低温科学研究所、4. 国立極地研究所
1. Okayama University, Graduate School of Natural Science and Technology, 2. Meteorological Research Institute, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. National Institute of Polar Research

大気中の光吸収性エアロゾルを起源とする積雪不純物は、積雪上に沈着すると積雪アルベドを低下させる効果があるため、雪氷圏の温暖化を加速させる効果を持っている。IPCC第５次報告書では雪氷面上のブラックカーボン（BC）による放射強制力が全球年平均で＋0.04 Wm^{-2}と評価されている。しかし、積雪不純物濃度の高い都市域では放射収支や融雪に対してより大きな影響を及ぼす可能性がある。本研究では札幌の積雪アルベド及び融雪に対する積雪不純物（BCと鉱物性ダスト）濃度の効果を、積雪・気象観測データと積雪アルベド物理モデル（PBSAM）（Aoki et al., 2011）を用いて調べた。観測場所は北海道大学低温科学研究所の気象観測露場（43˚04'56"N, 141˚20' 30"E, 15 m a.s.l.）で、解析期間は2007-2017年の10冬期間である。初めに積雪粒径、積雪不純物濃度、下向き放射の観測データをPBSAMに入力して得られる広波長帯域アルベドの理論計算値を観測値と比較した。次に、積雪不純物によるアルベドの変化に関する数値感度実験を行い、放射強制力（RF）を求めた。さらに、熱収支解析から積雪不純物による融雪量への寄与を見積もった。

解析期間の各年で時系列の観測値とモデル計算値を比較すると、積雪粒径や積雪不純物濃度の変化に対応したアルベド変動の計算値は観測値とよく一致した。全解析期間において、短波長域（SW）におけるアルベドの観測値と計算値の比較から得られる決定係数（R^2）と二乗平均平方根誤差（RMSE）はそれぞれ0.847と0.046で、PBSAMの高い精度が確認された。次に、積雪不純物の有無による、可視域、近赤外域、短波長域のアルベド変化に関する感度実験を行った。全解析期間における積雪不純物（BC+ダスト）によるアルベド変化と放射強制力は短波長域でそれぞれ-0.053と+6.7 Wm^{-2}であった。さらに、融雪量を積雪表面における熱収支解析及び積雪と地面の間の熱流量の観測値からそれぞれ見積もった。その結果、全解析期間を通した全融雪量の平均値は398 mm w.e.であった。このうち、融雪量全体に占める表面融雪量と底面融雪量の割合はそれぞれ76%と24%であった。表面融雪量のうち積雪不純物によるアルベド低下がもたらす融雪エネルギーは、融雪量に換算すると融雪量全体の28%に相当した。この値は無視できない大きさであると共に底面融雪量と同程度である。さらに、BCおよびダストによるこの値への寄与はそれぞれ21%および7%であった。

参考文献

Aoki, T., K. Kuchiki, M. Niwano, Y. Kodama, M. Hosaka and T. Tanaka (2011), Physically based snow albedo model for calculating broadband albedos and the solar heating profile in snowpack for general circulation models. *J. Geophys. Res.*, **116**, D11114, doi:10.1029/2010JD015507.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)

雪氷圏は地球の基本的構成要素である。氷河・氷床、積雪・降雪、凍土、海氷、淡水氷など、水が雪や氷として存在する環境であり、大気や海洋、生態系などと相互作用しながら地球環境に重要な役割を担っている。本セッションでは、雪や氷に関する物理・化学的特性や、雪氷圏の変動・ダイナミックス、地球における役割、また惑星における雪氷を含め、研究手法を問わず、研究成果を広範に扱うことを目的とする。

[ACC27-P01] Recent surface changes of rock glaciers in Tien Shan Mountains

*高玉 秀之[1]、奈良間 千之[2]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部理学科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[ACC27-P02] **Verification of AMSR-2 sea ice concentration and utilization of ship navigation in the Arctic Ocean**

*小野 温[1] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター)

[ACC27-P03] **飛騨山脈・唐松沢雪渓の氷厚と流動**

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科　、2.新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3.立山カルデラ砂防博物館)

[ACC27-P04] **Meltwater discharge from Wilkes Basin, East Antarctica at around 4.2 ka revealed from Beryllium-10 analysis of marine sediments**

*Bethany Behrens[1,2]、Yosuke Miyairi[1]、Adam Sproson[1]、Masako Yamane[3]、Yusuke Yokoyama[1,2,4,5] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan、2.Graduate Program on Environmental Science, University of Tokyo, Komaba, Meguro, Tokyo 153-0041, Japan、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Furocho, Chikusa, Nagoya, Aichi, 464-8601, Japan、4.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Natsushimacho, Yokosuka, Kanagawa Prefecture 237-0061, Japan、5.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Hongo, Bunkyo, Tokyo 113-8654, Japan)

[ACC27-P05] **南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性**

*櫻井 尚輝[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]、エセナマノブ モハメド[4]、ザルベク ウセコブ[4] (1.新潟大学、2.新潟大学理学科 、3.国立研究開発法人防災科学技術研究所、4.中央アジア応用地球科学研究所)

[ACC27-P06] Historical development of Spillway Lake on Ngozompa Glacier, Nepal

*Mohan Bahadur Chand[1]、Teiji Watanabe[2]、Yusuki Kobayashi[1] (1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University、2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

[ACC27-P07] Feature analysis of the spectral of snow, ice, and water in Lake Suwa using MODIS data

*中澤 友宏[1]、野中 崇志[2]、岩下 圭之[2] (1.日本大学大学院　生産工学研究科　土木工学専攻、2.日本大学　生産工学部　環境安全工学科)

Recent surface changes of rock glaciers in Tien Shan Mountains

*高玉 秀之[1]、奈良間 千之[2]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4]
*Hideyuki Takadama[1], Narama Chiyuki[2], Tsutomu Yamanokuchi[3], Takeo Tadono[4]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部理学科、3. リモート・センシング技術センター、4. 宇宙航空研究開発機構
1. Graduate school of Science and Technology, Niigata university, 2. Department of Science, Niigata University , 3. RESTEC, 4. JAXA

The rock glacier which composed of ice (permafrost) and debris is one of topographies to confirm periglacial area. It normally moves down at about 0.1-1m/yr by ice creeping, but the velocity of rock glacier in the study area is more faster than any other mountain regions. It has come to understand that the rock glacier is significantly accelerated in the Alps recently, and it is attributed to increasing temperature. But as for the rock glacier in the Tien Shan, it does not have sufficient data to know how fast it moves in the present and past. In this study, we tried to investigate the surface changes of rock glaciers in the Tien Shan Mountains at various time interval using DInSAR analysis. In addition, we observed the surface motion using GNSS measurement, and air and ground surface temperatures.

キーワード：岩石氷河、差分干渉SAR解析、天山山脈
Keywords: rock glacier, DInSAR, Tien Shan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Verification of AMSR-2 sea ice concentration and utilization of ship navigation in the Arctic Ocean

*小野 温[1]
*Nodoka Ono[1]

1. 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター
1. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency

Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. (MOL) plans to transport LNG produced in Yamaru through the Arctic Ocean for 28 years from 2018 using the Northern Sea Route.

JAXA offers sea ice products (sea ice concentration, etc.) from the Advanced Microwave Scanning Radiometer-2 (AMSR-2) carried by the Global Change Observation Mission-Water (GCOM-W) via the ship navigation support service ‘VENUS’ developed by the National Institute of Polar Research and verifies the availability of AMSR2 products for ship navigation.

In addition, JAXA has installed interval cameras developed by Weathernews Inc. on the LNG ship, which enables the acquisition of sea ice information in the Arctic Ocean for long periods.

Based on these field data, sea ice concentrations are calculated using the image analysis system developed by Tanaka et al. (2015), which are then verified against products from the AMSR-2 and the MODerate resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) carried by Terra/Aqua satellite.

In this study, the result of verification are reported.

キーワード：衛星リモートセンシング、マイクロ波放射計、北極海航路
Keywords: satellite remote sensing, passive microwave, Northern Sea Route

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

飛騨山脈・唐松沢雪渓の氷厚と流動
Ice thickness and flow of the perennial snow patch at Karamatsu-sawa in Hida mountain range

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3]
*Kenshiro Arie[1], Chiyuki Narama[2], Kotaro FUKUI[3], Hajime IIDA[3]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科　、2. 新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3. 立山カルデラ砂防博物館
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University, 3. Tateyama Caldera Sabo Museum

福井・飯田（2012）と福井ほか（2018）は，近年の小型化かつ高性能化した観測機器を用いて，氷厚の実測と流動観測をおこない，飛騨山脈北部に分布する御前沢雪渓，内蔵助雪渓，三ノ窓雪渓，小窓雪渓，カクネ里雪渓の６つの多年性雪渓が現存氷河であることを明らかにした．北アルプス北部には，氷河調査がおこなわれていないが，氷河の可能性が高い雪崩涵養型の多年性雪渓がいくつか存在する．そこで，本研究では，７つ目の氷河の可能性が高い唐松沢雪渓の氷厚と流速をGPR観測とGNSS測量により測定し，唐松沢雪渓の氷河の可能性について検討した．その結果，唐松沢雪渓では約30ｍの氷厚と流動現象が確認できた．

キーワード：氷河、多年性雪渓、平衡線高度、GPR、GNSS
Keywords: glacier, perennial snow patch, equilibrium line altitude, GPR, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Meltwater discharge from Wilkes Basin, East Antarctica at around 4.2 ka revealed from Beryllium-10 analysis of marine sediments

*Bethany Behrens[1,2], Yosuke Miyairi[1], Adam Sproson[1], Masako Yamane[3], Yusuke Yokoyama[1,2,4,5]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan, 2. Graduate Program on Environmental Science, University of Tokyo, Komaba, Meguro, Tokyo 153-0041, Japan, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Furocho, Chikusa, Nagoya, Aichi, 464-8601, Japan, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Natsushimacho, Yokosuka, Kanagawa Prefecture 237-0061, Japan, 5. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Hongo, Bunkyō, Tokyo 113-8654, Japan

Understanding Antarctic ice sheet dynamics related to global climate change is of scientific and societal interest as the future behavior of the ice sheets under currently changing climate is unknown. We present beryllium-10 analysis of a high-resolution marine sediment core from Adélie Basin near the Wilkes Land ice sheet, which is susceptible to retreat due to the low-lying nature and down-sloping trough of the Wilkes Basin. Combined with a newly constructed age model using compound specific radiocarbon dates, the data reveal three ice sheet meltwater discharge events at ca. ~10 ka, ca. ~6.5 ka and ca. ~4 ka. The earlier events correspond to the disappearance of Northern Hemisphere ice sheets and interglacial level atmospheric CO_2. The timing of the latest meltwater influx complements the 4.2 ka event, a period of abrupt global climatic change and the beginning of the Meghalayan Age.

Keywords: Holocene, East Antarctica, Adelie Basin, 4.2 ka event, Beryllium-10

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性

Daily variation of supraglacial lakes in the southern Inylchek Glacier

*櫻井 尚輝[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]、エセナマノブ モハメド[4]、ザルベク ウセコブ[4]
*Naoki Sakurai[1], Chiyuki Narama[2], Hiroshi Inoue[3], Muhammed Esenamanov[4], Zarylbek Usekov[4]

1. 新潟大学、2. 新潟大学理学科 、3. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、4. 中央アジア応用地球科学研究所
1. Niigata University, 2. Niigata University Department of Science, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 4. Central Asian Institute for Applied Geosciences

近年，アジアの山岳地域においてデブリ氷河末端からの大規模出水が報告されている．カラコルム山脈のグルキン氷河では，2008年5～7月にデブリ氷河の末端部から突発的かつ多量の出水が生じ，カラコルムハイウェイの通行止めや家屋流出の被害がでた(Richardson et al., 2009)．ブータン・ヒマラヤのチョゾ氷河では，2009年4月に出水が生じ，90km下流のプナカの町で混乱が生じた(Komori et al., 2012)．このようなデブリ氷河からの出水の事例では，巨大な氷河湖は確認されておらず，デブリ氷河の氷河上湖や氷河内部に発達した氷河内水路に溜まった水が突然出水したと考えられている．デブリ氷河に発達する氷河上湖については，その面積が季節変動すること(Benn et al., 2017；Narama et al., 2017)，氷河上湖の発達が氷河の表面傾斜や流動に関係すること(Reynolds.，2001; Liu et al., 2015; Miles et al., 2016)，氷河の質量収支の状態と関係すること(Benn et al., 2012)などが明らかになってきている．さらに，ネパール中央部のランタン谷のリルン氷河では，ドローンによる空撮画像の解析から，氷河内水路の立地も推定されている(Miles et al., 2017)．ここ数年間で氷河上湖の新知見が報告されているが，氷河上湖や氷河内水路の出水過程をLandsatなどの衛星画像から解析するには情報量が限られており，詳細な水の移動を解明するまでには至っていない．氷河上湖の出水に関連して引き起される被害を未然に防ぐためにも氷河上湖の理解は不可欠である．そこで本研究では，南イニルチェック氷河において，2017年と2018年のそれぞれ約１か月間，毎日実施したドローン空撮で取得されたデジタル画像とSfM技術により作成された20㎝解像度のオルソ画像とDSMから，氷河上湖の湖面の日変動を調べた．さらに，氷河上湖の発達と氷河内水路・氷河上水路の関係性についても検討した．

キーワード：氷河上湖、氷河湖出水、デブリ氷河、氷河内水路
Keywords: supragracial lake, drainage, debris-covered glacier , englacial channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Historical development of Spillway Lake on Ngozompa Glacier, Nepal

*Mohan Bahadur Chand[1], Teiji Watanabe[2], Yusuki Kobayashi[1]

1. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

Continuous loss of glacier mass in the recent period resulted the growth of several moraine-dammed glacial lakes at the terminus of the glaciers in the Himalayan region. It increases the risk of glacier lake outburst floods with the increase in size and volume of lakes. The loss of glacier mass decreases the elevation of the glacier surface and leads to the formation of elevated moraine dam which increase the possibility for developing new glacial lakes. In this study, we document the historical development of the spillway lake on Ngozompa Glacier, Nepal using a combination of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photos, WorldView imageries (0.5 –2 m), and Landsat imageries. We used Landsat imageries from 1989-2018 to prepare the long-term development of the lakes. High-resolution WorldView images and UAV photos were used for accuracy assessment. We also processed the UAV photos to prepare the Digital Elevation Model to understand the possibility of future development of the lakes. We observed the three small supraglacial ponds (0.03 km^2) near the terminus of the glacier in 1989 and they have undergone rapid change in their area till 2018 (0.32 km^2), increased by more than ten times. Several supraglacial ponds are merging together to become a large lake and it will be likely to continue in the future. The further growth of the lake is dependent largely on the subaqueous melting and calving of glacier ice, and on undercutting action of lake water. Subaqueous melting of the glacier ice leads to increase of lake depth and volume of water. However, future development of the lake depends largely on the level of the outlet channel. Presence of glacier ice under the channel may continuously lower its level and drain the water from lake. Geophysical studies are needed to understand the condition of the outlet channel.

Keywords: Glacier, Himalaya, Glacial lake, Glacier lake outburst floods, Nepal, Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Feature analysis of the spectral of snow, ice, and water in Lake Suwa using MODIS data

*中澤 友宏[1]、野中 崇志[2]、岩下 圭之[2]
*Tomohiro Nakazawa[1], Takashi Nonaka[2], Keishi Iwashita[2]

1. 日本大学大学院　生産工学研究科　土木工学専攻、2. 日本大学　生産工学部　環境安全工学科
1. Department of Civil Engineering, College of Industrial Technology, Nihon University , 2. College of Industrial Technology, Nihon University

The freezing and breakup dates of the lake are important as an index of climate change. There is not enough record of freezing and breakup dates of the lakes in Japan though various publication reports are available in Europe and United States. Estimating freezing and breakup dates in Japanese lakes contributes to grasp the trend of climate change in Japan. Satellite data is expected to complement the dates of such lakes without in-situ observations.
Therefore, our study team has developed the methodology to classify the lake surface on Lake Suwa using optical satellite data. Currently, we tried to classify the lake surface into snow, ice, and water and estimate the temporal surface changes of the lake using the spectral reflectance data and the surface temperature acquired by MODIS on daily observed Terra satellite. However, we found the difficulty to distinguish thin ice and water by the difference of the surface reflectance.
The purpose of this study was to grasp the feature of reflectance of the Lake Suwa, and we used the surface reflectance data derived by MODIS in winter season mainly in 2014 and 2018. This study acquired the lake surface status referring to the newspaper articles.
From the analysis of the reflectance of each band, it showed that the variation of the reflectance between snow, ice, and water was different depending on the wavelength. The ice showed the relatively high reflectance on band 3 (visible blue) and 4 (visible green), while snow had high reflectance on band 1 (visible red) and 2 (near infrared). The water also showed the high reflectance on band 3 and 4, and classification between ice and water was difficult only by the reflectance data. This study also compared the observations derived by the spectral band values of Landsat-8, and confirmed the validity of the result.

キーワード：MODIS、諏訪湖、反射率、結氷状況
Keywords: MODIS, Lake Suwa, Reflectance, Freezing state

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)

雪氷圏は地球の基本的構成要素である。氷河・氷床、積雪・降雪、凍土、海氷、淡水氷など、水が雪や氷として存在する環境であり、大気や海洋、生態系などと相互作用しながら地球環境に重要な役割を担っている。本セッションでは、雪や氷に関する物理・化学的特性や、雪氷圏の変動・ダイナミックス、地球における役割、また惑星における雪氷を含め、研究手法を問わず、研究成果を広範に扱うことを目的とする。

[ACC27-P01] Recent surface changes of rock glaciers in Tien Shan Mountains

*高玉 秀之[1]、奈良間 千之[2]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部理学科、3.リモート・センシング技術センター、4.宇宙航空研究開発機構)

[ACC27-P02] **Verification of AMSR-2 sea ice concentration and utilization of ship navigation in the Arctic Ocean**

*小野 温[1] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター)

[ACC27-P03] **飛騨山脈・唐松沢雪渓の氷厚と流動**

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科　、2.新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3.立山カルデラ砂防博物館)

[ACC27-P04] **Meltwater discharge from Wilkes Basin, East Antarctica at around 4.2 ka revealed from Beryllium-10 analysis of marine sediments**

*Bethany Behrens[1,2]、Yosuke Miyairi[1]、Adam Sproson[1]、Masako Yamane[3]、Yusuke Yokoyama[1,2,4,5] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan、2.Graduate Program on Environmental Science, University of Tokyo, Komaba, Meguro, Tokyo 153-0041, Japan、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Furocho, Chikusa, Nagoya, Aichi, 464-8601, Japan、4.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Natsushimacho, Yokosuka, Kanagawa Prefecture 237-0061, Japan、5.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Hongo, Bunkyo, Tokyo 113-8654, Japan)

[ACC27-P05] **南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性**

*櫻井 尚輝[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]、エセナマノブ モハメド[4]、ザルベク ウセコブ[4] (1.新潟大学、2.新潟大学理学科 、3.国立研究開発法人防災科学技術研究所、4.中央アジア応用地球科学研究所)

[ACC27-P06] Historical development of Spillway Lake on Ngozompa Glacier, Nepal

*Mohan Bahadur Chand[1]、Teiji Watanabe[2]、Yusuki Kobayashi[1] (1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University、2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

[ACC27-P07] Feature analysis of the spectral of snow, ice, and water in Lake Suwa using MODIS data

*中澤 友宏[1]、野中 崇志[2]、岩下 圭之[2] (1.日本大学大学院　生産工学研究科　土木工学専攻、2.日本大学　生産工学部　環境安全工学科)

Recent surface changes of rock glaciers in Tien Shan Mountains

*高玉 秀之[1]、奈良間 千之[2]、山之口 勤[3]、田殿 武雄[4]
*Hideyuki Takadama[1], Narama Chiyuki[2], Tsutomu Yamanokuchi[3], Takeo Tadono[4]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部理学科、3. リモート・センシング技術センター、4. 宇宙航空研究開発機構
1. Graduate school of Science and Technology, Niigata university, 2. Department of Science, Niigata University , 3. RESTEC, 4. JAXA

The rock glacier which composed of ice (permafrost) and debris is one of topographies to confirm periglacial area. It normally moves down at about 0.1-1m/yr by ice creeping, but the velocity of rock glacier in the study area is more faster than any other mountain regions. It has come to understand that the rock glacier is significantly accelerated in the Alps recently, and it is attributed to increasing temperature. But as for the rock glacier in the Tien Shan, it does not have sufficient data to know how fast it moves in the present and past. In this study, we tried to investigate the surface changes of rock glaciers in the Tien Shan Mountains at various time interval using DInSAR analysis. In addition, we observed the surface motion using GNSS measurement, and air and ground surface temperatures.

キーワード：岩石氷河、差分干渉SAR解析、天山山脈
Keywords: rock glacier, DInSAR, Tien Shan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Verification of AMSR-2 sea ice concentration and utilization of ship navigation in the Arctic Ocean

*小野 温[1]
*Nodoka Ono[1]

1. 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター
1. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency

Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. (MOL) plans to transport LNG produced in Yamaru through the Arctic Ocean for 28 years from 2018 using the Northern Sea Route.

JAXA offers sea ice products (sea ice concentration, etc.) from the Advanced Microwave Scanning Radiometer-2 (AMSR-2) carried by the Global Change Observation Mission-Water (GCOM-W) via the ship navigation support service ‘VENUS’ developed by the National Institute of Polar Research and verifies the availability of AMSR2 products for ship navigation.

In addition, JAXA has installed interval cameras developed by Weathernews Inc. on the LNG ship, which enables the acquisition of sea ice information in the Arctic Ocean for long periods.

Based on these field data, sea ice concentrations are calculated using the image analysis system developed by Tanaka et al. (2015), which are then verified against products from the AMSR-2 and the MODerate resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) carried by Terra/Aqua satellite.

In this study, the result of verification are reported.

キーワード：衛星リモートセンシング、マイクロ波放射計、北極海航路
Keywords: satellite remote sensing, passive microwave, Northern Sea Route

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

飛騨山脈・唐松沢雪渓の氷厚と流動
Ice thickness and flow of the perennial snow patch at Karamatsu-sawa in Hida mountain range

*有江 賢志朗[1]、奈良間 千之[2]、福井 幸太郎[3]、飯田 肇[3]
*Kenshiro Arie[1], Chiyuki Narama[2], Kotaro FUKUI[3], Hajime IIDA[3]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科　、2. 新潟大学理学部理学科フィールド科学人材育成プログラム、3. 立山カルデラ砂防博物館
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Faculty of Science, Niigata University, 3. Tateyama Caldera Sabo Museum

福井・飯田（2012）と福井ほか（2018）は，近年の小型化かつ高性能化した観測機器を用いて，氷厚の実測と流動観測をおこない，飛騨山脈北部に分布する御前沢雪渓，内蔵助雪渓，三ノ窓雪渓，小窓雪渓，カクネ里雪渓の６つの多年性雪渓が現存氷河であることを明らかにした．北アルプス北部には，氷河調査がおこなわれていないが，氷河の可能性が高い雪崩涵養型の多年性雪渓がいくつか存在する．そこで，本研究では，７つ目の氷河の可能性が高い唐松沢雪渓の氷厚と流速をGPR観測とGNSS測量により測定し，唐松沢雪渓の氷河の可能性について検討した．その結果，唐松沢雪渓では約30ｍの氷厚と流動現象が確認できた．

キーワード：氷河、多年性雪渓、平衡線高度、GPR、GNSS
Keywords: glacier, perennial snow patch, equilibrium line altitude, GPR, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Meltwater discharge from Wilkes Basin, East Antarctica at around 4.2 ka revealed from Beryllium-10 analysis of marine sediments

*Bethany Behrens[1,2], Yosuke Miyairi[1], Adam Sproson[1], Masako Yamane[3], Yusuke Yokoyama[1,2,4,5]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan, 2. Graduate Program on Environmental Science, University of Tokyo, Komaba, Meguro, Tokyo 153-0041, Japan, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Furocho, Chikusa, Nagoya, Aichi, 464-8601, Japan, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Natsushimacho, Yokosuka, Kanagawa Prefecture 237-0061, Japan, 5. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Hongo, Bunkyō, Tokyo 113-8654, Japan

Understanding Antarctic ice sheet dynamics related to global climate change is of scientific and societal interest as the future behavior of the ice sheets under currently changing climate is unknown. We present beryllium-10 analysis of a high-resolution marine sediment core from Adélie Basin near the Wilkes Land ice sheet, which is susceptible to retreat due to the low-lying nature and down-sloping trough of the Wilkes Basin. Combined with a newly constructed age model using compound specific radiocarbon dates, the data reveal three ice sheet meltwater discharge events at ca. ~10 ka, ca. ~6.5 ka and ca. ~4 ka. The earlier events correspond to the disappearance of Northern Hemisphere ice sheets and interglacial level atmospheric CO_2. The timing of the latest meltwater influx complements the 4.2 ka event, a period of abrupt global climatic change and the beginning of the Meghalayan Age.

Keywords: Holocene, East Antarctica, Adelie Basin, 4.2 ka event, Beryllium-10

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南イニルチェック氷河における氷河上湖の日変動特性

Daily variation of supraglacial lakes in the southern Inylchek Glacier

*櫻井 尚輝[1]、奈良間 千之[2]、井上 公[3]、エセナマノブ モハメド[4]、ザルベク ウセコブ[4]
*Naoki Sakurai[1], Chiyuki Narama[2], Hiroshi Inoue[3], Muhammed Esenamanov[4], Zarylbek Usekov[4]

1. 新潟大学、2. 新潟大学理学科 、3. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、4. 中央アジア応用地球科学研究所
1. Niigata University, 2. Niigata University Department of Science, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 4. Central Asian Institute for Applied Geosciences

近年，アジアの山岳地域においてデブリ氷河末端からの大規模出水が報告されている．カラコルム山脈のグルキン氷河では，2008年5～7月にデブリ氷河の末端部から突発的かつ多量の出水が生じ，カラコルムハイウェイの通行止めや家屋流出の被害がでた(Richardson et al., 2009)．ブータン・ヒマラヤのチョゾ氷河では，2009年4月に出水が生じ，90km下流のプナカの町で混乱が生じた(Komori et al., 2012)．このようなデブリ氷河からの出水の事例では，巨大な氷河湖は確認されておらず，デブリ氷河の氷河上湖や氷河内部に発達した氷河内水路に溜まった水が突然出水したと考えられている．デブリ氷河に発達する氷河上湖については，その面積が季節変動すること(Benn et al., 2017；Narama et al., 2017)，氷河上湖の発達が氷河の表面傾斜や流動に関係すること(Reynolds.，2001; Liu et al., 2015; Miles et al., 2016)，氷河の質量収支の状態と関係すること(Benn et al., 2012)などが明らかになってきている．さらに，ネパール中央部のランタン谷のリルン氷河では，ドローンによる空撮画像の解析から，氷河内水路の立地も推定されている(Miles et al., 2017)．ここ数年間で氷河上湖の新知見が報告されているが，氷河上湖や氷河内水路の出水過程をLandsatなどの衛星画像から解析するには情報量が限られており，詳細な水の移動を解明するまでには至っていない．氷河上湖の出水に関連して引き起される被害を未然に防ぐためにも氷河上湖の理解は不可欠である．そこで本研究では，南イニルチェック氷河において，2017年と2018年のそれぞれ約１か月間，毎日実施したドローン空撮で取得されたデジタル画像とSfM技術により作成された20㎝解像度のオルソ画像とDSMから，氷河上湖の湖面の日変動を調べた．さらに，氷河上湖の発達と氷河内水路・氷河上水路の関係性についても検討した．

キーワード：氷河上湖、氷河湖出水、デブリ氷河、氷河内水路
Keywords: supragracial lake, drainage, debris-covered glacier , englacial channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Historical development of Spillway Lake on Ngozompa Glacier, Nepal

*Mohan Bahadur Chand[1], Teiji Watanabe[2], Yusuki Kobayashi[1]

1. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

Continuous loss of glacier mass in the recent period resulted the growth of several moraine-dammed glacial lakes at the terminus of the glaciers in the Himalayan region. It increases the risk of glacier lake outburst floods with the increase in size and volume of lakes. The loss of glacier mass decreases the elevation of the glacier surface and leads to the formation of elevated moraine dam which increase the possibility for developing new glacial lakes. In this study, we document the historical development of the spillway lake on Ngozompa Glacier, Nepal using a combination of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photos, WorldView imageries (0.5 –2 m), and Landsat imageries. We used Landsat imageries from 1989-2018 to prepare the long-term development of the lakes. High-resolution WorldView images and UAV photos were used for accuracy assessment. We also processed the UAV photos to prepare the Digital Elevation Model to understand the possibility of future development of the lakes. We observed the three small supraglacial ponds (0.03 km^2) near the terminus of the glacier in 1989 and they have undergone rapid change in their area till 2018 (0.32 km^2), increased by more than ten times. Several supraglacial ponds are merging together to become a large lake and it will be likely to continue in the future. The further growth of the lake is dependent largely on the subaqueous melting and calving of glacier ice, and on undercutting action of lake water. Subaqueous melting of the glacier ice leads to increase of lake depth and volume of water. However, future development of the lake depends largely on the level of the outlet channel. Presence of glacier ice under the channel may continuously lower its level and drain the water from lake. Geophysical studies are needed to understand the condition of the outlet channel.

Keywords: Glacier, Himalaya, Glacial lake, Glacier lake outburst floods, Nepal, Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Feature analysis of the spectral of snow, ice, and water in Lake Suwa using MODIS data

*中澤 友宏[1]、野中 崇志[2]、岩下 圭之[2]
*Tomohiro Nakazawa[1], Takashi Nonaka[2], Keishi Iwashita[2]

1. 日本大学大学院　生産工学研究科　土木工学専攻、2. 日本大学　生産工学部　環境安全工学科
1. Department of Civil Engineering, College of Industrial Technology, Nihon University , 2. College of Industrial Technology, Nihon University

The freezing and breakup dates of the lake are important as an index of climate change. There is not enough record of freezing and breakup dates of the lakes in Japan though various publication reports are available in Europe and United States. Estimating freezing and breakup dates in Japanese lakes contributes to grasp the trend of climate change in Japan. Satellite data is expected to complement the dates of such lakes without in-situ observations.
Therefore, our study team has developed the methodology to classify the lake surface on Lake Suwa using optical satellite data. Currently, we tried to classify the lake surface into snow, ice, and water and estimate the temporal surface changes of the lake using the spectral reflectance data and the surface temperature acquired by MODIS on daily observed Terra satellite. However, we found the difficulty to distinguish thin ice and water by the difference of the surface reflectance.
The purpose of this study was to grasp the feature of reflectance of the Lake Suwa, and we used the surface reflectance data derived by MODIS in winter season mainly in 2014 and 2018. This study acquired the lake surface status referring to the newspaper articles.
From the analysis of the reflectance of each band, it showed that the variation of the reflectance between snow, ice, and water was different depending on the wavelength. The ice showed the relatively high reflectance on band 3 (visible blue) and 4 (visible green), while snow had high reflectance on band 1 (visible red) and 2 (near infrared). The water also showed the high reflectance on band 3 and 4, and classification between ice and water was difficult only by the reflectance data. This study also compared the observations derived by the spectral band values of Landsat-8, and confirmed the validity of the result.

キーワード：MODIS、諏訪湖、反射率、結氷状況
Keywords: MODIS, Lake Suwa, Reflectance, Freezing state

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[A-CG34] 衛星による地球環境観測

コンビーナ:沖 理子(宇宙航空研究開発機構)、本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、松永 恒雄(国立環境研究所地球環境研究センター／衛星観測センター)、座長:可知 美佐子(宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター)

近年、我々は様々な時空間スケールで起こる地球環境変動の問題を意識せざるを得ない状況下にある。衛星による地球環境観測データは、その問題への対処や解決に向けて必要不可欠な基礎データとなっている。衛星観測の分野は、近年の観測センサ技術とデータ処理技術の進歩により急速な進展を見せつつあり、個々の観測センサデータの精度を吟味する時代から、より高度なデータ利用の時代に入り、ユーザーの裾野も広がっている。また40年以上に渡る観測データの蓄積により、長期変動の解析がもたらす成果に期待が持てるようになり、長期継続観測の重要性が益々増している。利用が複合的になった今日において、大気、海洋、陸域の分野を包含できる本連合大会の大気水圏科学分野のセッションで包括的に取り上げ、関係者の知恵と知識を集結することで地球環境変動の問題に向けた更なる研究と利用の進展、将来の衛星地球観測計画の議論を促進することを目的としてセッション提案を行う。

15:30 ~ 15:45

[ACG34-01] 水循環変動観測衛星「しずく」と高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）の現状と将来計画

*可知 美佐子[1]、前田 崇[1]、小野 温[1]、藤井 秀幸[1]、笠原 希仁[1]、江淵 直人[1,2] (1.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、2.北海道大学　低温科学研究所)

15:45 ~ 16:00

[ACG34-02] Testing and Evaluation for JPSS-1 Algorithms using Algorithm Development Library Block 2.1

*Bigyani Das[1,2]、Weizhong Chen[1,2]、Thomas S King[1,2]、Walter Wolf[2] (1.IMSG、2.STAR/NESDIS/NOAA)

16:00 ~ 16:15

[ACG34-03] Remote Sensing of Atmospheric and Surface Properties using Hyperspectral satellite Sensors

*Xu Liu[1] (1.NASA Langley Research Center)

16:15 ~ 16:30

[ACG34-04] **RADIOMETRIC UNIFORMITY AND STABILITY OF GROUND SITE CHARACTERIZATION FOR INSAT-3D**

*Shailesh Parihar[1]、R. Bhatla[1]、A. K. Mitra[2] (1.Banaras Hindu University, Varanasi, India、2.India Meteorological Department, New Delhi, India)

16:30 ~ 16:45

[ACG34-05] 地球環境観測のためのASTER熱赤外放射計に対する代替校正活動

*山本 聡[1]、外岡 秀行[2]、加藤 創史[3]、鮎澤 一樹[2]、松永 恒雄[4] (1.宇宙システム開発利用推進機構、2.茨城大学、3.リモート・センシング技術センター、4.国立環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[ACG34-06] 植生ライダMOLIの概要

★招待講演

*下田 陽久[1]、木村 俊義[2]、三橋 怜[2]、室岡 純平[2]、境沢 大介[2]、今井 正[2]、浅井 和宏[3] (1.東海大学、2.日本宇宙航空開発研究機構、3.東北工業大学)

水循環変動観測衛星「しずく」と高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）の現状と将来計画
Current Status and Future Plan of the Global Change Observation Mission - Water (GCOM-W) and Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2)

*可知 美佐子[1]、前田 崇[1]、小野 温[1]、藤井 秀幸[1]、笠原 希仁[1]、江淵 直人[1,2]
*Misako Kachi[1], Takashi Maeda[1], Nodoka Ono[1], Hideyuki Fujii[1], Marehito Kasahara[1], Naoto Ebuchi[1,2]

1. 宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、2. 北海道大学　低温科学研究所
1. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The Global Change Observation Mission (GCOM) –Water (GCOM-W) is one of two medium sized satellites to provide comprehensive information of the Essential Climate Variables (ECV) of atmosphere, ocean, land, cryosphere, and ecosystem. The GCOM-W (Water) or “SHIZUKU” satellite that carries the Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2), which was launched on May 2012; and GCOM-C (Climate) or “SHIKISAI” satellite that carries the Second-generation Global Imager (SGLI) and launched in December 2017. Both satellites are currently operating, and their data are distributed through the JAXA G-Portal (https://gportal.jaxa.jp/gpr/).

AMSR2 is multi-frequency, total-power microwave radiometer system with dual polarization channels for all frequency bands, and a successor of JAXA’s Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E) on the NASA's Aqua satellite. Sensor specification of AMSR2 is almost identical to that of AMSR-E, except larger (2.0 m) antenna, additional 7.3 GHz channels to mitigate Radio Frequency Interference (RFI) and improved internal calibration. Due to its higher spatial resolution, all-weather capability, near-real-time availability and observation stability, AMSR2 data is routinely used in many operational and science applications. To provide consistent dataset between AMSR2 and AMSR-E for long-term water cycle monitoring and climate studies, we applied the latest AMSR2 algorithms and formats to AMSR-E data and have provided products through the G-Portal system. Level 1B and 1R (resampled L1B) products have been released since April 2018, and Level 2 products will be released early summer in 2019. We have also released new AMSR2 research products, Thin Ice Detection (sea ice thinner than 30 cm) and Total Precipitable Water over Land, since January 2019 through the GCOM-W Research Product Data Providing Service (https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_W/research/resdist.html).

The GCOM-W satellite has been in extended mission phase since 2017, and we expect to operate satellite and instrument as long as possible to reduce observation gaps between AMSR2 follow-on mission, which has been in Pre-project Phase (Phase A) since September 2018.

キーワード：衛星リモートセンシング、水循環、マイクロ波放射計
Keywords: satellite remote sensing, water cycle, microwave radiometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Testing and Evaluation for JPSS-1 Algorithms using Algorithm Development Library Block 2.1

*Bigyani Das[1,2], Weizhong Chen[1,2], Thomas S King[1,2], Walter Wolf[2]

1. IMSG, 2. STAR/NESDIS/NOAA

The Joint Polar Satellite System 1 (JPSS-1) is the next generation polar-orbiting operational environmental satellite which was launched on November 18, 2017. It carries advanced versions of the instruments Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS), Cross-track Infrared Sounder (CrIS), Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS) and Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) that are on board of Suomi National Polar-Orbiting Partnership (S-NPP) satellite which was launched on October 28, 2011. All the Sensor Data Record (SDR) algorithms for the instruments are processed in the Interactive Data Processing Segment (IDPS) system designed and maintained by Raytheon. The Algorithm Development Library (ADL) Block 2.1 is an updated offline test system developed by Raytheon to mimic the operational system. Current version of the algorithm has gone through many recent code updates as well as Look-up-Table (LUT) updates for improving product quality. The center for Satellite Applications and Research (STAR) Algorithm Scientific Software Integration and System Transition Team (ASSISTT) uses ADL Block 2.1 to test and integrate updates to JPSS-1 algorithms, both code and the Lookup Tables (LUTs). Weekly updates are made to Dark tables for both OMPS Nadir Mapper (NM) and Nadir Profiler (NP) instruments and for both SNPP and JPSS-1 (J01) satellites. These are tested, integrated and submitted as packages with inputs, outputs and guide documents for further verification by the Data Products Engineering and Services (DPES) team and final integration by Raytheon in the operational system IDPS. Updates are also made to bi-weekly Wavelength and Solar tables for OMPS NP for SNPP satellite. They are tested and submitted in the package for operational implementation. We have created scripts to automate the staging and processing of weekly and bi-weekly updated LUTs in ADL Block 2.1. Details of the process of integration and application of the scripts for testing and integration of LUTs for OMPS as well as other instruments will be discussed.

Keywords: JPSS, Algorithm Integration, STAR ASSISTT, Algorithm Development Library

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Remote Sensing of Atmospheric and Surface Properties using Hyperspectral satellite Sensors

*Xu Liu[1]

1. NASA Langley Research Center

Hyperspectral remote sensors from satellite platforms provide high information content on clouds, atmospheric temperatures, moisture, and trace gases profiles. They also provide surface information. In order to retrieve these information from hyperspectral remote sensing data, a fast and accurate radiative transfer model and a robust inversion algorithm are needed. We will describe a Principal Component-based Radiative Transfer Model (PCRTM) and an associated non-linear inversion algorithm. The PCRTM model can provide fast and accurate top of atmosphere high spectral resolution radiance or reflectance spectra from far infrared spectral region to UV-VIS spectral region. The forward model has been used to analyse hyperspectral data such as AIRS, CrIS, IASI, and SCIAMACHY. Examples of retrieval results from some of these satellite sensors will be given.

Keywords: remote sensing, atmospheric profiles, radiative transfer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

RADIOMETRIC UNIFORMITY AND STABILITY OF GROUND SITE CHARACTERIZATION FOR INSAT-3D

*Shailesh Parihar[1], R. Bhatla[1], A. K. Mitra[2]

1. Banaras Hindu University, Varanasi, India, 2. India Meteorological Department, New Delhi, India

Radiometric phenomena of Earth Observation Satellite sensors vary between ground pre-launch calibration campaign, after launch and over satellite lifetime due to launching vibration, eventual optical element misalignments, generally space harsh environment. One of vicarious calibration methods is the reflectance-based approach that is applied here to radiometric calibration of INSAT-3D visible channel. In-situ vicarious calibration method for radiometric calibration of visible (VIS 550–750 nm) sensor onboard geostationary satellite INSAT-3D has been carried out for characterizing the radiometric uniformity of the site at Bhuj, Gujarat. The measurements of ground reflectance (spectral range of 350–2500 nm), aerosol optical depth (AOD), total column ozone from Spectroradiometer (spectral range of 350–2500 nm), Sunphotometer, Ozonometer respectively and other meteorological variables were obtained from site during the field campaigns and calibration coefficients with bias and relative error for optical sensor of the INSAT-3D satellite is presented. Based on these measurements, simulations of radiance reaching at top of the atmosphere (TOA) were carried out using radiative transfer model 6S (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum). The computed TOA radiances when compared with the sensor measured radiances for various dates and sites show an over-estimation of TOA radiance. The analysis suggested that Bhuj site has been preferred for post launch vicarious calibration of optical sensor of INSAT-3D satellite as well as upcoming geostationary INSAT satellite series.

Keywords: INSAT-3D, vicarious calibration, radiative transfer model 6S

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球環境観測のためのASTER熱赤外放射計に対する代替校正活動
Vicarious calibration activities of ASTER Thermal Infrared Radiometer (TIR) for Earth environmental observation

*山本 聡[1]、外岡 秀行[2]、加藤 創史[3]、鮎澤 一樹[2]、松永 恒雄[4]
*Satoru Yamamoto[1], Hideyuki Tonooka[2], Soushi Kato[3], Kazuki Ayuzawa[2], Tsuneo Matsunaga[4]

1. 宇宙システム開発利用推進機構、2. 茨城大学、3. リモート・センシング技術センター、4. 国立環境研究所
1. Japan Space Systems, 2. Ibaraki University, 3. Remote Sensing Technology Center of Japan, 4. National Institute for Environmental Studies

The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) instrument on the Terra satellite has been retrieving multiband images with 14 spectral bands from the visible through thermal infrared and stereo images over the Earth's surface since 2000. The data set by ASTER has provided the composition and distribution of materials, temperature/emissivity map, and digital elevation topography models (DEM), contributing to a variety of Earth's science applications, i.e., natural resources, agricultural applications, natural disasters, geology, and urban development as well as monitoring global environmental change. In addition, the data of ASTER is being used for space business involved in space-enabled economic activity and service.

In order to establish the ASTER data for high-accuracy applications, radiometric calibration and atmospheric correction are highly important. Since any optical sensor is expected to degrade in space, we need to monitor the performance of the sensor over time based on onboard and vicarious calibrations. One of vicarious calibration approaches characterizes instrument performance based on comparison with the data measured by field campaigns at homogeneous ground areas such as lake and desert sites. The field campaigns for ASTER took place at various test sites such as Railroad Valley Playa, Lunar Lake, and Alkali Lake in Nevada and water sites such as Lake Kasumigaura in Japan during about two decades.

On 30 August through 1 September 2018, as part of annual vicarious calibrations for ASTER Thermal Infrared Radiometer (TIR), we conducted the field campaigns at Railroad Valley playa and Alkali Lake in Nevada. We also made the vicarious calibration at Lone Mountain playa in Nevada, which is a new test site discovered during this campaign. In this presentation, we will report the activity of the 2018's field campaigns at Nevada, and discuss how important the radiometric calibration after launch is to Earth's science applications including assessment of global environmental change based on satellites.

キーワード：マルチペクトルデータ、リモートセンシング、ASTER、地球観測衛星、代替校正
Keywords: multispectral data, remote-sensing, ASTER, Earth observation satellite, vicarious calibration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

植生ライダMOLIの概要
Overview of Vegetation Lidar MOLI

*下田 陽久[1]、木村 俊義[2]、三橋 怜[2]、室岡 純平[2]、境沢 大介[2]、今井 正[2]、浅井 和宏[3]
*Haruhisa Shimoda[1], Toshiyoshi Kimura[2], Rei Mituhashi [2], Junpei Muruoka [2], Daisuke Sakaizawa[2], Tadashi Imai [2], Kazuhiro Asai[3]

1. 東海大学、2. 日本宇宙航空開発研究機構、3. 東北工業大学
1. Tokai University, 2. JAXA, 3. Tohoku Institute of Technology

Under the PARIS AGREEMENT (Adopted at COP 21 in 2015), each country, including developing countries, is obliged to declare its emissions, but an objective verification method was considered necessary from the perspective of credibility and accuracy. It is said that one of the largest errors today is in the evaluation of CO_2 absorption by forests. Regarding the assessment of forests as a CO_2 absorption source, biomass and the change of biomass observed. We propose the use of airborne and satellite-mounted LIDAR as an effective method of directly measuring tree height. JAXA has begun studying the space vegetation LIDAR mission using the Multi-footprint Observation Lidar and Imager (MOLI) in collaboration with scientists. The main objective of this mission is to globally and precisely measure canopy height from space for improving biomass estimation. MOLI is designed to be mounted on the Exposed Facility (EF) of the Japanese Experiment Module on the International Space Station (ISS). The mission requirements for MOLI were set through discussions with scientists, and are listed as follows:

1. MOLI measures canopy height globally with accuracy of ±2 m (for canopy height less than 20 m) or ± 10% (for canopy height above 20 m) so as to generate map data of canopy heights and biomass, combined with imagery data from other satellites. The measurement data are also used as inputs or for validation in carbon cycle models.

2. Simultaneously, MOLI also measures the vegetation index and vegetation phenology for generating more accurate map data of canopy height and biomass.

3. MOLI measures the average amount of carbon per sub-national-scale area (80 km grid) to an uncertainty level of 20% or less (95% confidence interval).

The system requirements for MOLI are set based on the mission requirements. Regarding the waveform generated by the Geoscience Laser Altimeter System (GLAS) installed in the ICESat. However, waveforms with a lower S/N (less than 10) were excluded from analysis, as it greatly reduced the accuracy of canopy height measurement. Based on this result, the S/N requirement of MOLI was set to 10 or more, and the measurement precision of canopy height reached ±2 m or 10 %.

The tilted ground causes significant errors in measuring the canopy height due to the difference in height of the ground in the footprint. MOLI must be able to detect the inclination of the ground in order to estimate the difference in height of the footprint ground. Thus, MOLI must have a multi-footprint to estimate the tilt of the ground surface by detecting the time lag of each footprint.

Since MOLI needs to acquire data on vegetation phenology and vegetation index at the same time as the LIDAR observation to generate map data, it also has an optical imager with multiple bands. Using the imager, MOLI also measures the canopy height to identify the trees observed by MOLI for ground

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

verification. The imager GSD is 5m. The imager also has green, red and NIR bands for measuring vegetation phenology and vegetation index.

To realize the sampling design, it is necessary to irradiate two laser beams and receive two reflection signals with the array detector. We considered dividing the laser beam into two laser beams by using an optical system. Based on this method, one laser transmitter is attached and the pulse energy is 40 mJ

キーワード：植生ライダ、MOLI、バイオマス
Keywords: vegetation Lidar, MOLI, biomass

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)

地球温暖化および関連する人為起源の環境変化により、極端な気象現象の激甚化や海面上昇、海洋酸性化・貧酸素化、そして大規模な生態系変化が生じることが懸念されている。こうした変化を予測するための実験プロトコル(CMIP6)が、2021年公表予定のIPCC第6次報告書に向けて定められ、それに基づいた各国の研究機関での実験結果が得られつつある。CMIP6の他にも、イベントアトリビューションや、環境変化と社会経済の相互作用を取り入れたモデル開発など、様々なタイプの予測研究が盛んになっている。また、環境変化を捉える観測研究や、予測の信頼性検証ための観測データ解析も重要性を増してきている。本セッションでは、地球規模環境変化予測に関する専門的な議論に加え、モデル予測と観測、社会科学との分野横断的な連携も視野に、最新の研究成果報告と討議を行う。なお本セッションは、Future Earth プロジェクト「地球システムの解析・統合・モデリング」AIMES (https://aimesproject.org/) との共同開催である。

[ACG35-P01] World Regionalization of Climate Change (1961–2010)

*Shao Sun[1,2]、Peijun Shi[2,3,4]、Daoyi Gong[2]、Tao Zhou[2] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China、2.State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、3.Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、4.Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

[ACG35-P02] Quantifying and identifying future climate signal, noise, and internal variability at finer temporal scales

*Jongho Kim[1]、Manh Van Doi[1] (1.University of Ulsan)

[ACG35-P03] Basic evaluation of MIROC6 and current status of CMIP6 experiments

*建部 洋晶[1] (1.海洋研究開発機構)

[ACG35-P04] Synchronized increase of extreme cold and warm events in China during the recent global warming slowdown

*Xiubao Sun[1,3]、Chunzai Wang[1]、Guoyu Ren[2,3]、Panfeng Zhang[2] (1.State Key Laboratory of Tropical Oceanography (LTO), South China Sea Institute of Oceanology(SCSIO), Chinese Academy of Sciences (CAS)、2.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences (CUG)、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center (NCC), China Meteorological Administration (CMA))

[ACG35-P05] Quantification of thermodynamical and dynamical contributions to the anthropogenic influences on tropical cyclone rainfall extremes

*Cheng-Ta Chen[1]、Shih-How Lo[1]、Chung-Chieh Wang[1]、Kazuhisa Tsuboki[2] (1.Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University、2.Hydrospheric-Atmospheric Research Center, Nagoya University)

[ACG35-P06] Temporal Evolution of the Long-Term Distributional Biases of Climate Models as a Parameter for the Regional Evaluation of the Simulation of Climate Change

*Martin Gomez-Garcia[1]、Akiko Matsumura[1]、Shiro Hishinuma[1]、Daikichi Ogawada[1] (1.Nippon Koei Co. Ltd., Reasearch and Development Center)

[ACG35-P07] A global simulation of bioenergy crop yield

*Zhipin Ai[1]、Naota Hanasaki[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

[ACG35-P08] Integrated Research Program for Advancing Climate Models - Theme B: national research program in Japan on earth system modeling

*河宮 未知生[1]、羽島 知洋[1]、立入 郁[1]、筒井 純一[2]、横畠 徳太[3]、荒川 隆[4]、井上 孝洋[4] (1.海洋研究開発機構、2.電力中央研究所、3.国立環境研究補、4.高度情報科学技術研究機構)

[ACG35-P09] Towards probabilistic climate projections based on the CMIP6 multi-model ensemble

*筒井 純一[1] (1.電力中央研究所)

[ACG35-P10] Effect on the earth system of realizing 1.5 degree climate target by overshooting after reaching 2 degree level

*立入 郁[1]、Diego Silva Herran[2]、蘇 宣銘[1]、河宮 未知生[1] (1.海洋研究開発機構、2.地球環境戦略研究機関)

[ACG35-P11] **Historical regional and sectoral contributions to climate change**

*蘇 宣銘[1]、立入 郁[1]、田中 克政[2]、渡辺 路生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG35-P12] **Future projection of global climate, water, food, bio-energy, and land investigated with MIROC-INTEG: a global bio-geophysical land surface model with human components**

*横畠 徳太[1]、佐藤 雄亮[1]、木下 嗣基[2]、櫻井 玄[3]、Pokhrel Yadu[4]、伊藤 昭彦[1]、加藤 悦史[5]、岡田 将誌[1]、花崎 直太[1]、新田 友子[6]、江守 正多[1] (1.国立環境研究所、2.茨城大学、3.農研機構、4.ミシガン州立大学、5.エネルギー総合工学研究所、6.東京大学)

[ACG35-P13] **Downscaling a global agricultural land use model to country level for national SSP analysis**

*Wenchao Wu[1]、Tomoko Hasegawa[1]、Kiyoshi Takahashi[1]、Shinichiro Fujimori[2] (1.National Institute for Environmental Studies、2.Kyoto Univ.)

[ACG35-P14] Extreme Events and Emergent Trends in Marine Ecosystem Stressors under a historical/RCP8.5 Climate Change Pathway

*Keith Bradley Rodgers[1,2]、Sarah Schlunegger[3]、Richard Slater[3]、Burke Hales[4]、Axel Timmermann[1,2] (1.IBS Center for Climate Physics, Busan, South Korea、2.Pusan National University, Busan, South Korea、3.AOS Program, Princeton University, Princeton NJ, USA、4.College of Ocean and Atmospheric Sciences, Oregon State Universitym, Corvallis, OR, USA)

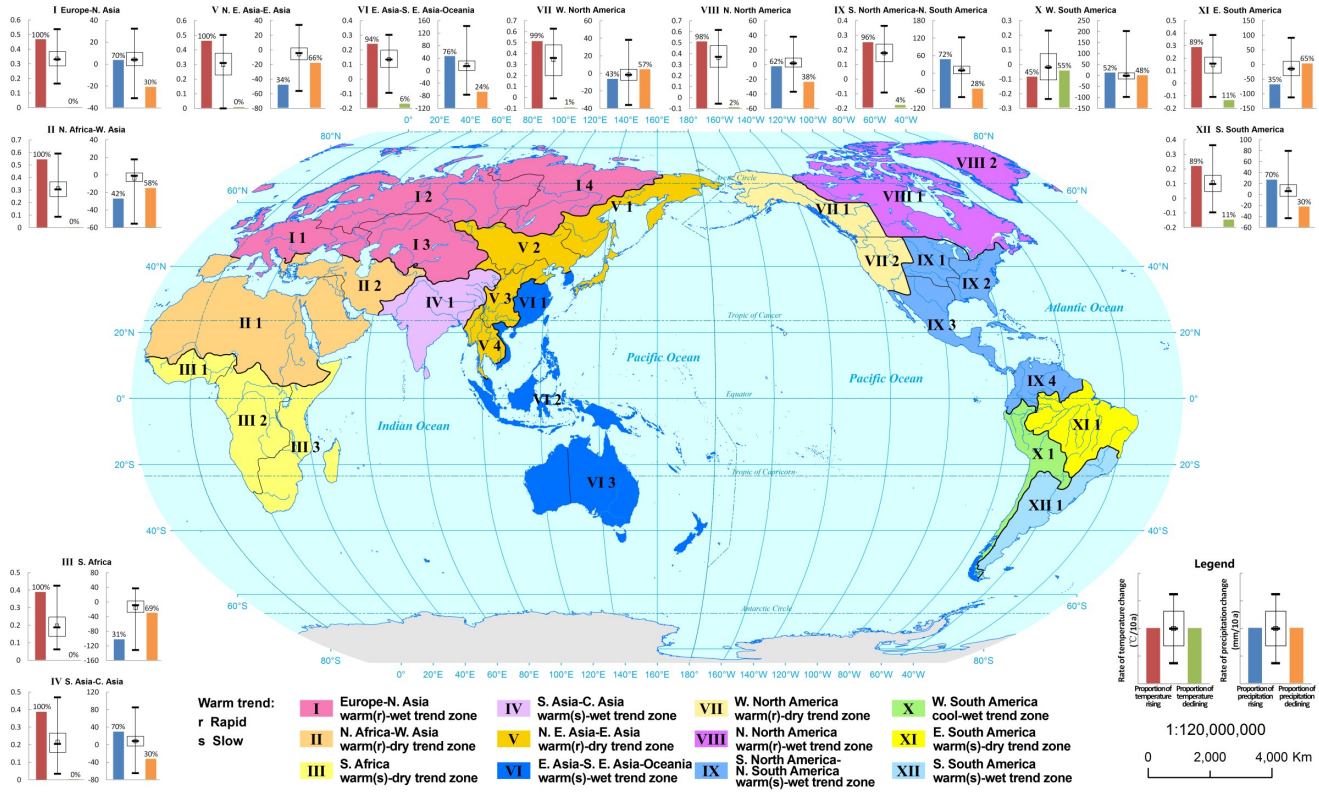
World Regionalization of Climate Change (1961–2010)

*Shao Sun[1,2], Peijun Shi[2,3,4], Daoyi Gong[2], Tao Zhou[2]

1. National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China, 2. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China, 3. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China, 4. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China

Existing climate regionalization aims to characterize the regional differences in climate based on years of the mean values of climate indices. However, with the accelerating climate change nowadays, existing climate regionalization cannot represent the regional difference of climate change, nor can it reflect the extreme weather and climate disasters and environmental risks incurred from climate changes. This paper utilizes the tendency value and fluctuation value of temperature and precipitation from 1961 to 2010 to identify the climate change quantitatively, and completes world regionalization of climate change (1961–2010) with administrative subdivisions of countries as the basic unit in combination with world's terrain feature. Level-I regionalization divides world's climate change (1961–2010) into twelve tendency zones based on the tendency of temperature and precipitation; level-II regionalization refers to twenty-eight fluctuation regions based on level-I regionalization according to the fluctuation of temperature and precipitation. Climate change regionalization provides a basis for countries and regions in the world to develop plans for adapting to climate change, especially for managing extreme weather and climate disasters and environmental risks.

Keywords: Climate change, Regionalization, Tendency, Fluctuation, World



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantifying and identifying future climate signal, noise, and internal variability at finer temporal scales

*Jongho Kim[1], Manh Van Doi[1]

1. University of Ulsan

Quantifying and identifying climate internal variability (CIV) plays an important role in climate change studies because of its irreducible and unpredictable characteristics. A large number of studies have addressed such an issue; however, the issue was only resolved at coarser resolution on the first order moments of few climate variables. Our recent study has estimated CIV of climate variables for a “current” period at finer spatial and temporal scales; however, whether CIV will change or remain constant in the future under the impact of representative concentration pathways (RCP45 and RCP85) is still questionable. To investigate how CIV will change in the future in both spatial pattern and magnitude, CIV is assessed over 30-year periods in both current and future periods with two scenarios in Korea by analyzing an ensemble of 100 simulations generated by an hourly weather generator. In this study, signal to noise ratio (SNR) used to evaluate the model performance will be applied to simulating ensemble for different periods. CIV is then estimated by two methods: “detrended” and “differenced”; SNR is estimated by “analysis of variance” and “trend analysis” methods. Both SNR and CIV are evaluated with four proposed matrices signifying rainfall volume, extremes and occurrence of rainfall. To consider the change of CIV in the future periods, t-test (test for mean difference) and f-test (test for variance difference) are applied to the ensemble of CIV. In this study, analyzing SNR’s values shows that the four proposed matrices are controlled by non-linear stochastic process and the change tend to increase in the future with increase of CO2 concentration. CIV is proved to change in the future periods under impact of CO2 scenarios. Spatial distribution of CIV’s change over future periods of which locations provides the important and useful information for decision making of water resources planning and proposing mitigation measures of disaster protection.

Acknowledgment:

This research was supported by the Water Management Research Program funded by Ministry of Environment of Korean government (127554), and by the Basic Science Research Program of the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Education (2016R1D1A1B03931886).

Keywords: climate internal variability, signal to noise ratio, t-test, f-test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Basic evaluation of MIROC6 and current status of CMIP6 experiments

*建部 洋晶[1]
*Hiroaki Tatebe[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The sixth version of the Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC), called MIROC6, was cooperatively developed by a Japanese climate modeling community. Overall reproducibility of mean climate and internal climate variability in MIROC6 is better than that in the previous version (MIROC5). The tropical climate systems (e.g., summertime precipitation in the western Pacific and the eastward propagating Madden-Julian Oscillation) and the mid-latitude atmospheric circulations (e.g., the westerlies, the polar night jet, and troposphere-stratosphere interactions) are significantly improved in MIROC6. These improvements can be attributed to the newly implemented parameterization for shallow convective processes and to the directly resolved stratosphere. In the present study, simulated mean climate, internal climate variability in MIROC6 are evaluated and briefly summarized in comparison with MIROC5 and observations. Using MIROC6, designated simulations tackling a wide range of climate science issues, as well as seasonal-to-decadal climate predictions and future climate projections, are currently ongoing with an aim towards contributing to the sixth phase of the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6). Preliminary results of historical climate simulations from the middle of the 19th century, climate projections from the present to the end of the 21th century based on future scenarios of the Shared Socio-economic Pathways, and initialized climate predictions on seasonal-to-decadal timescales will be given in this talk.

キーワード：気候モデル、第6期結合モデル間相互比較プロジェクト、気候変動予測
Keywords: Climate model, CMIP6, climate projections/predictions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Synchronized increase of extreme cold and warm events in China during the recent global warming slowdown

*Xiubao Sun[1,3], Chunzai Wang[1], Guoyu Ren[2,3], Panfeng Zhang[2]

1. State Key Laboratory of Tropical Oceanography (LTO), South China Sea Institute of Oceanology(SCSIO), Chinese Academy of Sciences (CAS), 2. Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences (CUG), 3. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center (NCC), China Meteorological Administration (CMA)

From the end of 1990s to the middle of 2010s, global mean temperature experienced a process of warming slowdown. However, global warm extremes did not show the slowdown phenomenon during the recent global warming slowdown. Based on the observation data of 2362 land surface stations in China, we analyzed the cold and warm extremes changes over mainland China between global warming period (1961-1999) and warming slowdown period (2000-2014). Results indicate that the warming trend in the cold season (MAM and DJF) is significantly higher than that in the warm season (JJA and SON) in the period of global warming (1961-1999), while the warming trend in the warm season is significantly higher than that in the cold season in the period of global warming slowdown. That is, the trend of warm season and the cool season in China have reversed. At the same time, we also found that the synchronous increase occurrence of extreme warm events in summer (JJA) and extreme cold events in winter (DJF) leads to the seasonal trend reverse phenomenon, but there are differences in the spatial variation characteristics between cold and warm extremes. The increase of warm extremes in summer is mainly due to the strong increase of warm events in south China, while the increase of cold events in winter is due to the increase of cold events over China. Further, we also found that the variability of extreme temperature has increased more significantly in the warming slowdown period than that in global warming period. East Asian winter monsoon and summer monsoon both show enhanced characteristics during the global warming slowdown period, which indicates that the increase of sea-land temperature difference in summer and winter results in the synchronous increase of extreme cold and warm events by increasing the climate variability in China.

Keywords: Global warming, Global warming slowdown, Extreme warm events, Extreme cold events, Land-sea temperature difference

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantification of thermodynamical and dynamical contributions to the anthropogenic influences on tropical cyclone rainfall extremes

*Cheng-Ta Chen[1], Shih-How Lo[1], Chung-Chieh Wang[1], Kazuhisa Tsuboki[2]

1. Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University, 2. Hydrospheric-Atmospheric Research Center, Nagoya University

The rainfall extremes and strong winds associated with tropical cyclones lead to significant damages and lost to where they make landfalling. Upward trend in term of financial lost was indicated for the past few decades from the report of major reinsurance firms. Whether the past anthropogenic warming played a significant role in such extreme event and their changes remained very controversial. On one hand, people argue it’s nearly impossible to attribute an individual extreme event to global warming. On the other hand, the increase of heavy rainfall is consistent with the expected effects of climate change on tropical cyclone. To diagnose possible anthropogenic contributions to the odds of heavy rainfall associated with tropical cyclone, we adapt an existing event attribution framework of modeling a ‘world that was’ and comparing it to a modeled ‘world that might have been’ for that same time but for the absence of historical anthropogenic drivers of climate. One limitation for applying such approach to high-impact weather system is that it will require models capable of capturing the essential processes lead to the studied extremes. Using a cloud system resolving model that can properly simulate the complicated interactions between tropical cyclone, large-scale background, topography, we first perform the ensemble ‘world that was’ simulations forced by the high resolution ECMWF YOTC analysis. We then re-simulate with the adjusted ‘world that might have been conditions’ by removing the regional atmospheric and oceanic forcing due to human influences estimated from the CMIP5 model ensemble mean conditions between all forcing and natural forcing only historical runs. Thus our findings are highly conditional on the driving analysis and adjustments therein, but the setup allows us to elucidate possible contribution of anthropogenic forcing to changes in the likelihood of heavy rainfall associated tropical cyclone. With only less than half of degree anthropogenic warming over the study area, we found that this forcing very likely (9 out of 10 cases) increase the risk of heavy rainfall event (grid rainfall greater than 33 mm per hour) by at least 16%. The role of dynamical processes that leads to precipitation extreme increases beyond the moisture content increase will be further analyzed and discussed.

Keywords: Tropical Cyclone, Extreme rainfall, extreme event attribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Temporal Evolution of the Long-Term Distributional Biases of Climate Models as a Parameter for the Regional Evaluation of the Simulation of Climate Change

*Martin Gomez-Garcia[1], Akiko Matsumura[1], Shiro Hishinuma[1], Daikichi Ogawada[1]

1. Nippon Koei Co. Ltd., Reasearch and Development Center

Owing to the climate variability of the General Circulation Models (GCM), the discrepancy between their outputs and observational datasets at scales that range from hours to years is practically random. Thus, the associated errors need to be evaluated in terms of the long-term (multidecadal) distributional properties of the atmospheric variables. A recently developed bias-correction method corrects the systematic errors (i.e., biases) in the climate mean state and in three distributional measures of the daily and the interannual variability (namely the frequency of extremes, the skewness, and the scale of the variable at each timescale). The adjustment of these biases is done in such a way that the corrections at one timescale do not affect the probability distribution at another. Therefore, this bias-correction method is able to preserve the GCM-simulated climate trends and extensively reproduce the long-term frequency of the observed extreme weather (e.g. 98th percentile of wet days, maximum seasonal mean of surface temperature).

Generally, the bias-correction of GCMs faces the challenge of including the simulated changes of climate, which supposes alterations in not only the mean but also other aspects like the skewness and the frequency of extremes. The abovementioned bias-correction method includes the effect of the simulated climate change in the correction of the distributional biases. However, considering the coarse resolution of the GCMs and the imperfections in the parameterizations of the subgrid physical processes, the fundamental assumption that the distributional biases are predictable (i.e., stationary) is made.

In this study, we explored the possibility of evaluating the sensibility with which GCMs simulate the response of the earth-system components to external forcing (i.e., climate change) by comparing the temporal evolution of the distributional biases at different timescales over specific regions. For the short period in which the observed data was available, our results revealed that many CMIP5 GCMs are indeed able to simulate with a quasi-stationary bias the changes caused by climate change. Moreover, being able to identify the regions in which certain models do not show the errors with a systematic behavior in either the climate mean state, the daily variability or the interannual variability can be useful for the further development of climate models. We expect that with the data of the GCM outputs of the future phases of the CMIP project, the period in which the observed and the modeled data coincide becomes longer and, thus, our conclusions can be supported by more robust evidence.

Keywords: Bias correction of GCMs at different timescales, Climate trends and climate variability, Evaluation of the ability of GCMs to simulate climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A global simulation of bioenergy crop yield

*Zhipin Ai[1], Naota Hanasaki[1]

1. National Institute for Environmental Studies

Large-scale development of bioenergy is considered as an effective pathway to achieve the 2 degrees target of the Paris Agreement. To avoid the competition with food crops, so-called the second-generation bioenergy crops such as miscanthus and switchgrass are regarded as potential dedicated biomass crop. However, the models to estimate the yield of miscanthus and switchgrass at a global scale which enable analyzing the effects of irrigation water application are seldom seen as of today. Here, we firstly updated the crop module in the global hydrological model H08 for miscanthus and switchgrass. Then, we conducted a global simulation and validation of the yield for miscanthus and switchgrass at 0.5 degree. The results indicated that the updated H08 have a good ability in simulating the yield of perennial bioenergy crops, which provides a good foundation for further integrated assessment of the impacts of bioenergy crop production on water sector.

Acknowledgement: This research was supported by the Environment Research and Technology Development Fund (S-14-5) of the Environmental Restoration and Conservation Agency.

Keywords: Bioenergy, Crop yield, H08

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Integrated Research Program for Advancing Climate Models - Theme B: national research program in Japan on earth system modeling

*河宮 未知生[1]、羽島 知洋[1]、立入 郁[1]、筒井 純一[2]、横畠 徳太[3]、荒川 隆[4]、井上 孝洋[4]
*Michio Kawamiya[1], Tomohiro Hajima[1], Kaoru Tachiiri[1], Jun'ichi Tsutsui[2], Tokuta Yokohata[3], Takashi Arakawa[4], Takahiro Inoue[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 電力中央研究所、3. 国立環境研究補、4. 高度情報科学技術研究機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. National Institute for Environmental Studies, 4. Research Organization for Information Science and Technology

The Integrated Research Program for Advancing Climate Models, or TOUGOU (abbreviation taken from its Japanese name), is a national project for projection of global change. Its aim to provide information for adaptation and mitigation, based on scientific evaluation of changes including those in extreme events and carbon cycle. The project was launched in April, 2017. While the entire program deals with a wide range of physical aspects and consequent impacts of climate change, Theme B (TOUGOU-B) focuses on the development of a state-of-the-art Earth system model (ESM) incorporating biogeochemical processes, such as sophisticated carbon and nitrogen cycles, as well as its application to exploring future socio-economic pathways of climate change mitigation. MIROC-ESM, an ESM developed under TOUGOU-B (and the previous SOUSEI-B) has been significantly improved since the 5th phase of coupled model intercomparison project (CMIP5), and has started to be run for CMIP6. During the three years since TOUGOU was launched, results have been obtained that may contribute to 6th Assessment Report (AR6) of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) including those on impacts of pyrogenic iron on oceanic ecosystem, assessment of the outcome of labor productivity change due to warming, and effects of high dust amount on surface temperature during the Last Glacial Maximum. Besides, efforts to secure ways to disseminate projection data are ongoing under TOUGOU-B. Specifically, collaboration has been established between climate modeling community in Japan and Data Integration and Analysis System (DIAS), a national IT project for environmental data, have been continuing, in order for Japan to participate in Earth System Grid Federation (ESGF). ESGF is an international cooperative activity to construct a data distributing system for climate related data such as CMIP6 outputs. Some of the details of these results will be explained in the presentation.

キーワード：気候変動に関する政府間パネル、地球システムモデル、炭素循環、社会経済シナリオ、第6期結合モデル相互比較プロジェクト、気候変動緩和策
Keywords: IPCC, Earth system model , carbon cycle, socio-economic scenario, CMIP6, climate mitigation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Towards probabilistic climate projections based on the CMIP6 multi-model ensemble

*筒井 純一[1]
*Junichi Tsutsui[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

Research on climate change mitigation uses a climate model emulator that represents the average and range over a specific multi-model ensemble of complex climate simulations. The Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) has provided such multi-model ensembles, and its latest Phase 6 (CMIP6) results are being revealed. As a first step to applying the CMIP6 results to probabilistic climate projections, we focus on the distribution of key parameters representing atmospheric CO_2-induced forcing and transient temperature responses.

In this study, we develop a procedure to determine the forcing-response parameters of a complex climate model. We simultaneously fit a curve built on an impulse response function to the global mean time series of the model's surface temperature anomaly and top-of-atmosphere energy imbalance from two basic CO_2-forced experiments, i.e., an abrupt quadrupling and a 1%-per-year increase in atmospheric CO_2 concentration. This scheme serves as an improved alternative to the widely-used regression method of Gregory et al. (2004). Furthermore, it makes a complete set of parameters to emulate the target model from which equilibrium climate sensitivity (ECS) and transient climate response (TCR) are derived. The properties of a multi-model ensemble are quantified through a statistical approach including a principal component analysis for the parameters.

The two CO_2-forced experiments are included in the set of common experiments which is designed to maintain continuity across different CMIP phases. Here, we compare the parameters of individual CMIP6 models with those of the previous-phase CMIP5 models. The parameters of the CMIP5 ensemble have several features. The ratio of TCR to ECS is distributed in the range of approximately 0.5 to 0.7, and for models with large ECS, the ratio tends to decrease. The scaling parameter for the effective radiative forcing of CO_2 varies from model to model and tends to be less than a reference value used in a conventional formula of CO_2 radiative forcing. Although the number of CMIP6 models is currently limited, their parameters show similar distributions within the CMIP5 ranges.

キーワード：気候感度、有効放射強制力、インパルス応答モデル、気候モデルエミュレータ、アンサンブル気候実験
Keywords: climate sensitivity, effective radiative forcing, impulse response model, climate model emulator, ensemble climate experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect on the earth system of realizing 1.5 degree climate target by overshooting after reaching 2 degree level

*立入 郁[1]、Diego Silva Herran[2]、蘇 宣銘[1]、河宮 未知生[1]
*Kaoru Tachiiri[1], Herran Diego Silva[2], Xuanming Su[1], Michio Kawamiya[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 地球環境戦略研究機関
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Institute for Global Environmental Strategies

By using an Earth system model (ESM) with emissions and land use scenarios consistent with socio-economic projections from an integrated assessment model, the effect of overshooting to 1.5 degree target (in Celsius from pre-industrial periods) after reaching 2 degree level is investigated in selected indicators of the global environment. Unlike the internationally coordinated model intercomparison project, the scenario is developed for a specific climatic model. The ESM output results in delayed achievements for both of 1.5 and 2 degree targets in terms of global surface mean air temperature, but achieved before or around 2100 as expected when we use global mean surface temperature (for which sea surface temperature and surface air temperature are used for ocean and land, respectively) masked with observation areas. In the overshooting scenario more heat is absorbed by the ocean compared to a case without overshooting, but still we found significant difference between the two scenarios in Arctic sea ice, while in both scenarios corals seem difficult to survive the 21st century (when no thermal adaptation is assumed) . The difference in steric sea level rise between the scenarios is only below 2 cm in 2100. In addition, vegetation productivity in broad regions shows slight (~5%) increase. Emission pathways in the scenarios rely on a large amount of carbon sequestration. In the 2 degree scenario CO2 emissions in 2100 are slightly below zero, while for 1.5 degree scenario they are below -20 GtCO2.. When the Earth system has high climate sensitivity and TCRE, to reach the 1.5 degree target we need to take an overshooting temperature pathway, but in case the overshooting is large, difference in some indicators between 1.5 degree and 2 degree scenarios can be non-significant, which is an important indication in implementing adaptive mitigation in the coming decades.

キーワード：地球システムモデル、統合評価モデル、1.5℃目標、2℃目標、安定化、オーバーシュート
Keywords: Earth system model, integrated assessment model, 1.5 degree target, 2 degree target, stabilization, overshooting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Historical regional and sectoral contributions to climate change

*蘇 宣銘[1]、立入 郁[1]、田中 克政[2]、渡辺 路生[1]
*Xuanming Su[1], Kaoru Tachiiri[1], Katsumasa TANAKA[2], Michio Watanabe[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute for Environmental Studies

Regional or sectoral contributions to climate change are important in the formulation of climate change policy. After the industrial revolution, developed countries emit CO_2 and non-CO_2 greenhouse gases (GHGs), and the historical emissions are large; while developing countries contribute relative fewer emissions in historical period but increase significantly in recent years or visible future. To assess the contributions to climate change, using cumulative emissions is a general and direct method. However, such method may ignore the lifetime of GHGs since part of the GHGs sink into the biosphere, ocean, soil or diminish during biogeochemical cycles. In this study, we evaluate the historical regional and sectoral contributions to climate change by using an improved version of Simple Climate Model for OPTimization (SCM4OPT) with a normalized marginal method. Based on the results, we analyze ten major GHG emitting countries and 12 sectors.

First, current emissions with relative long lifetime like CO_2 and N_2O, from developing countries increase significantly, like China, India, Mexico and Brazil, however, their contributions to climate change are still relatively smaller, compared with the developed countries such as USA, Japan, Germany, Canada and UK, of which countries the cumulative emissions are in relatively larger scale and current emissions are already under controlled. We can conclude here that the GHGs with relatively long lifetime need to be controlled stringently to reduce the long-term effects on climate change. For CH_4, which has a relatively shorter lifetime, the contributions to climate change are closely related to emissions within recent decades. These imply that reductions on short lifetime emissions can make immediate alleviation regarding climate change.

Second, energy sector contributes most of the CO_2 emissions, and therefore contribute almost half to the climate change among all the sectors. However, for CH_4 and N_2O, agriculture sector contributes most of the emissions and therefore their contributions to climate change are remarkable. Reduction policiesneed to targetthesesectors. In addition, CO_2 from land transportation and CH_4 from waste treatment increase rapidly in recent years, attention also needs to be paid to these sectors for making climate change policies.

キーワード：地域別排出、セクター別排出、温暖化への寄与、シンプル気候モデル
Keywords: region emissions, sector emissions, climate change contribution, simple climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Future projection of global climate, water, food, bio-energy, and land investigated with MIROC-INTEG: a global bio-geophysical land surface model with human components

*横畠 徳太[1]、佐藤 雄亮[1]、木下 嗣基[2]、櫻井 玄[3]、Pokhrel Yadu[4]、伊藤 昭彦[1]、加藤 悦史[5]、岡田 将誌[1]、花崎 直太[1]、新田 友子[6]、江守 正多[1]
*Tokuta Yokohata[1], Yusuke Satoh[1], Tsuguki Kinoshita[2], Gen Sakurai[3], Yadu Pokhrel[4], Akihiko Ito[1], Etsushi Kato[5], Masashi Okada[1], Naota Hanasaki[1], Tomoko Nitta[6], Seita Emori[1]

1. 国立環境研究所、2. 茨城大学、3. 農研機構、4. ミシガン州立大学、5. エネルギー総合工学研究所、6. 東京大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Ibaraki University, 3. National Agriculture and Food Research Organization, 4. Michigan State University, 5. The Institute of Applied Energy, 6. University of Tokyo

Future climate changes possibly affect water resources, food production, energy supply, and ecosystem services. It is critical to better understand the interactions between the changes in these complicated factors. While earth system models and integrated assessment models are applicable to explore this topic, parts of their natural and/or human processes tend to be simplified depending on their scope. As such, it still remains a challenge to realistically model the human-natural interface. In this context, the MIROC integrated terrestrial model (MIROC-INTEG) was developed. One of the features of MIROC-INTEG is that the natural ecosystem and human activity models are coupled to a global land surface model MATSIRO (Nitta et al. 2014, Journal of Climate), which is a component of a state-of-the-art global climate model, MIROC (Watanabe et al. 2010, Journal of Climate). As a natural ecosystem model, we use a global vegetation model, VISIT (Ito and Inatomi 2012, Biogeosciences). As human activity models, we use a global land-surface model with anthropogenic water regulation modules, HiGW-MAT (Pokhrel et al, 2012, Journal of Hydrometeorology), and a global crop model, PRYSBI2 (Sakurai et al, 2014, Scientific Reports). In HiGW-MAT, models of human water regulations such as water withdrawal from river, dam operation, and irrigation (Hanasaki et al. 2008, Hydrol. Earth Syst. Sci.) are incorporated to the above-mentioned global land surface model, MATSIRO. In PRYSBI2, the growth and yield of four crops (wheat, maize, soybean, rice) are calculated. In addition to these models, a global land use model (Terrestrial Land-use Model, TeLMO) is newly developed in the present study. TeLMO calculate the grid ratio of cropland (food and bio-energy crops), pasture, forest (managed and un-managed), as well as their transition. Output variables of each sub-model are passed to other sub-models during the time integration.
We will present an analysis of historical and future simulations with a focus on the interactions between water, food, energy, and land. In the historical simulations, we validated the model output such as irrigated water, crop yield, ecosystem productions, and cropland area by comparing to the observed or reanalysis data. In the future simulations, we investigated the role of uncertainties in climate (Representative Concentration Pathways) and socio-economic (Shared Socio-economic Pathways) scenarios. We also investigate the role of uncertainties in model parameters, and found that an uncertainty in the fertilization effect of crop growth model PRYSBI2 strongly affect uncertainty in future projection of crop yield and land use change in TeLMO. We found that future changes in precipitation and/or temperature possibly cause decrease in soil moisture, leading to decreases in crop yield (especially in high emission scenario such as RCP8.5). Decrease in crop yield bring about increase in crop land area, which also causes the increase in irrigation demands. Interaction between water, crop yield, and land use, as well as possible impacts on ecosystem service will be discussed in the presentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：全球気候モデル、地球システムモデル、人間活動
Keywords: Global Climate Model, Earth System Model, Human activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Downscaling a global agricultural land use model to country level for national SSP analysis

*Wenchao Wu[1], Tomoko Hasegawa[1], Kiyoshi Takahashi[1], Shinichiro Fujimori[2]

1. National Institute for Environmental Studies, 2. Kyoto Univ.

The Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) has been part of latest scenario framework developed by the climate change research society in the recent decade, serving the integrated analysis of future climate impacts, vulnerabilities, adaptation, and mitigation, in which the agriculture, food system and land use are important components. Multiple integrated assessment models (IAMs) have been used for the quantitative projections of future agriculture, food system and land use in the global scale. However, the tool and application of IAMs to the quantification of SSPs on regional or national level is limited. Meanwhile, there are growing needs for the quantification of SSPs on regional or national level for a more detailed understanding of agriculture, food, and land use, and their interactions with other nexus, such as energy, water, and biodiversity. One obstacle for such application is the coarse spatial resolution of global IAMs for land use module. This study aims to apply the Asian-Pacific Integrated Model/Platform for Land-Use and Environmental Model (AIM/PLUM) for the quantification of agriculture, food system, and land use in Japan under its national-specific SSPs narratives. To achieve this, a regional land use model, AIM/PLUM-Japan, was developed, by improving the spatial resolution to 0.05˚ (targeting 1km) from global model of 0.5˚. We combined the statistical production area data and spatial land use data to produce a refined base crop map. Agricultural land use could be downscaled to 0.05˚ resolution and gridded agricultural land use information could be generated using this model. Aside from providing quantitative land use information for Japan’ s SSPs, this study also contributes to the IAMs and SSPs societies by testing the applicability and feasibility of global IAMs, especially land use models, to the regional or national extension. For example, regional (national) SSPs quantifications for other regions could be easily implemented by a similar paradigm using AIM/PLUM.

Keywords: downscaling, land use, national SSP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Extreme Events and Emergent Trends in Marine Ecosystem Stressors under a historical/RCP8.5 Climate Change Pathway

*Keith Bradley Rodgers[1,2], Sarah Schlunegger[3], Richard Slater[3], Burke Hales[4], Axel Timmermann[1,2]

1. IBS Center for Climate Physics, Busan, South Korea, 2. Pusan National University, Busan, South Korea, 3. AOS Program, Princeton University, Princeton NJ, USA, 4. College of Ocean and Atmospheric Sciences, Oregon State Universitym, Corvallis, OR, USA

It is important to identify the degree to which climate change will impact ocean ecosystems over the 21st century. Over the last decade there has been increasing application of Earth System Models (ESMs) to project changes in ecosystem stressors (acidification, warming, and de-oxygenation) with a focus on surface and/or thermocline-integrated conditions. Recent efforts have made combined use of CMIP5 models, large ensemble simulations, and/or scenario sensitivity experiments to estimate uncertainties in future projections. Nevertheless very little to date has been done to evaluate how the frequency of extreme events with ecosystem stressors will respond to future climate perturbations. Here we consider for an ensemble suite of simulations with GFDL's ESM2M changes in the frequency of marine ecosystem extreme events over the 21stcentury. We focus on the contrast between the behavior at the ocean's surface vs. base of the ocean's euphotic zone, as these are both important horizons for ocean ecosystems, and on the contrast between the Time of Emergence of decadal trends vs. frequency changes of extreme events, as these are both important ecological timescales. Particular attention is devoted to acidification at the base of the euphotic zone, as this pertains to the life cycle of pteropods. Preliminary results indicate that in addition to the subpolar Northern Oceans and the Southern Ocean, the Large Marine Ecosystems (LME) regions of the eastern Pacific become increasingly exposed to corrosive waters over the 21stcentury.

Keywords: Climate Change, Ecosystem Stressors, Extreme Events, Large Ensemble

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)

地球温暖化および関連する人為起源の環境変化により、極端な気象現象の激甚化や海面上昇、海洋酸性化・貧酸素化、そして大規模な生態系変化が生じることが懸念されている。こうした変化を予測するための実験プロトコル(CMIP6)が、2021年公表予定のIPCC第6次報告書に向けて定められ、それに基づいた各国の研究機関での実験結果が得られつつある。CMIP6の他にも、イベントアトリビューションや、環境変化と社会経済の相互作用を取り入れたモデル開発など、様々なタイプの予測研究が盛んになっている。また、環境変化を捉える観測研究や、予測の信頼性検証ための観測データ解析も重要性を増してきている。本セッションでは、地球規模環境変化予測に関する専門的な議論に加え、モデル予測と観測、社会科学との分野横断的な連携も視野に、最新の研究成果報告と討議を行う。なお本セッションは、Future Earth プロジェクト「地球システムの解析・統合・モデリング」AIMES (https://aimesproject.org/) との共同開催である。

[ACG35-P01] World Regionalization of Climate Change (1961–2010)

*Shao Sun[1,2]、Peijun Shi[2,3,4]、Daoyi Gong[2]、Tao Zhou[2] (1.National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China、2.State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、3.Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China、4.Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

[ACG35-P02] Quantifying and identifying future climate signal, noise, and internal variability at finer temporal scales

*Jongho Kim[1]、Manh Van Doi[1] (1.University of Ulsan)

[ACG35-P03] Basic evaluation of MIROC6 and current status of CMIP6 experiments

*建部 洋晶[1] (1.海洋研究開発機構)

[ACG35-P04] Synchronized increase of extreme cold and warm events in China during the recent global warming slowdown

*Xiubao Sun[1,3]、Chunzai Wang[1]、Guoyu Ren[2,3]、Panfeng Zhang[2] (1.State Key Laboratory of Tropical Oceanography (LTO), South China Sea Institute of Oceanology(SCSIO), Chinese Academy of Sciences (CAS)、2.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences (CUG)、3.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center (NCC), China Meteorological Administration (CMA))

[ACG35-P05] Quantification of thermodynamical and dynamical contributions to the anthropogenic influences on tropical cyclone rainfall extremes

*Cheng-Ta Chen[1]、Shih-How Lo[1]、Chung-Chieh Wang[1]、Kazuhisa Tsuboki[2] (1.Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University、2.Hydrospheric-Atmospheric Research Center, Nagoya University)

[ACG35-P06] Temporal Evolution of the Long-Term Distributional Biases of Climate Models as a Parameter for the Regional Evaluation of the Simulation of Climate Change

*Martin Gomez-Garcia[1]、Akiko Matsumura[1]、Shiro Hishinuma[1]、Daikichi Ogawada[1] (1.Nippon Koei Co. Ltd., Reasearch and Development Center)

[ACG35-P07] A global simulation of bioenergy crop yield

*Zhipin Ai[1]、Naota Hanasaki[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

[ACG35-P08] Integrated Research Program for Advancing Climate Models - Theme B: national research program in Japan on earth system modeling

*河宮 未知生[1]、羽島 知洋[1]、立入 郁[1]、筒井 純一[2]、横畠 徳太[3]、荒川 隆[4]、井上 孝洋[4] (1.海洋研究開発機構、2.電力中央研究所、3.国立環境研究補、4.高度情報科学技術研究機構)

[ACG35-P09] Towards probabilistic climate projections based on the CMIP6 multi-model ensemble

*筒井 純一[1] (1.電力中央研究所)

[ACG35-P10] Effect on the earth system of realizing 1.5 degree climate target by overshooting after reaching 2 degree level

*立入 郁[1]、Diego Silva Herran[2]、蘇 宣銘[1]、河宮 未知生[1] (1.海洋研究開発機構、2.地球環境戦略研究機関)

[ACG35-P11] **Historical regional and sectoral contributions to climate change**

*蘇 宣銘[1]、立入 郁[1]、田中 克政[2]、渡辺 路生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG35-P12] **Future projection of global climate, water, food, bio-energy, and land investigated with MIROC-INTEG: a global bio-geophysical land surface model with human components**

*横畠 徳太[1]、佐藤 雄亮[1]、木下 嗣基[2]、櫻井 玄[3]、Pokhrel Yadu[4]、伊藤 昭彦[1]、加藤 悦史[5]、岡田 将誌[1]、花崎 直太[1]、新田 友子[6]、江守 正多[1] (1.国立環境研究所、2.茨城大学、3.農研機構、4.ミシガン州立大学、5.エネルギー総合工学研究所、6.東京大学)

[ACG35-P13] **Downscaling a global agricultural land use model to country level for national SSP analysis**

*Wenchao Wu[1]、Tomoko Hasegawa[1]、Kiyoshi Takahashi[1]、Shinichiro Fujimori[2] (1.National Institute for Environmental Studies、2.Kyoto Univ.)

[ACG35-P14] Extreme Events and Emergent Trends in Marine Ecosystem Stressors under a historical/RCP8.5 Climate Change Pathway

*Keith Bradley Rodgers[1,2]、Sarah Schlunegger[3]、Richard Slater[3]、Burke Hales[4]、Axel Timmermann[1,2] (1.IBS Center for Climate Physics, Busan, South Korea、2.Pusan National University, Busan, South Korea、3.AOS Program, Princeton University, Princeton NJ, USA、4.College of Ocean and Atmospheric Sciences, Oregon State Universitym, Corvallis, OR, USA)

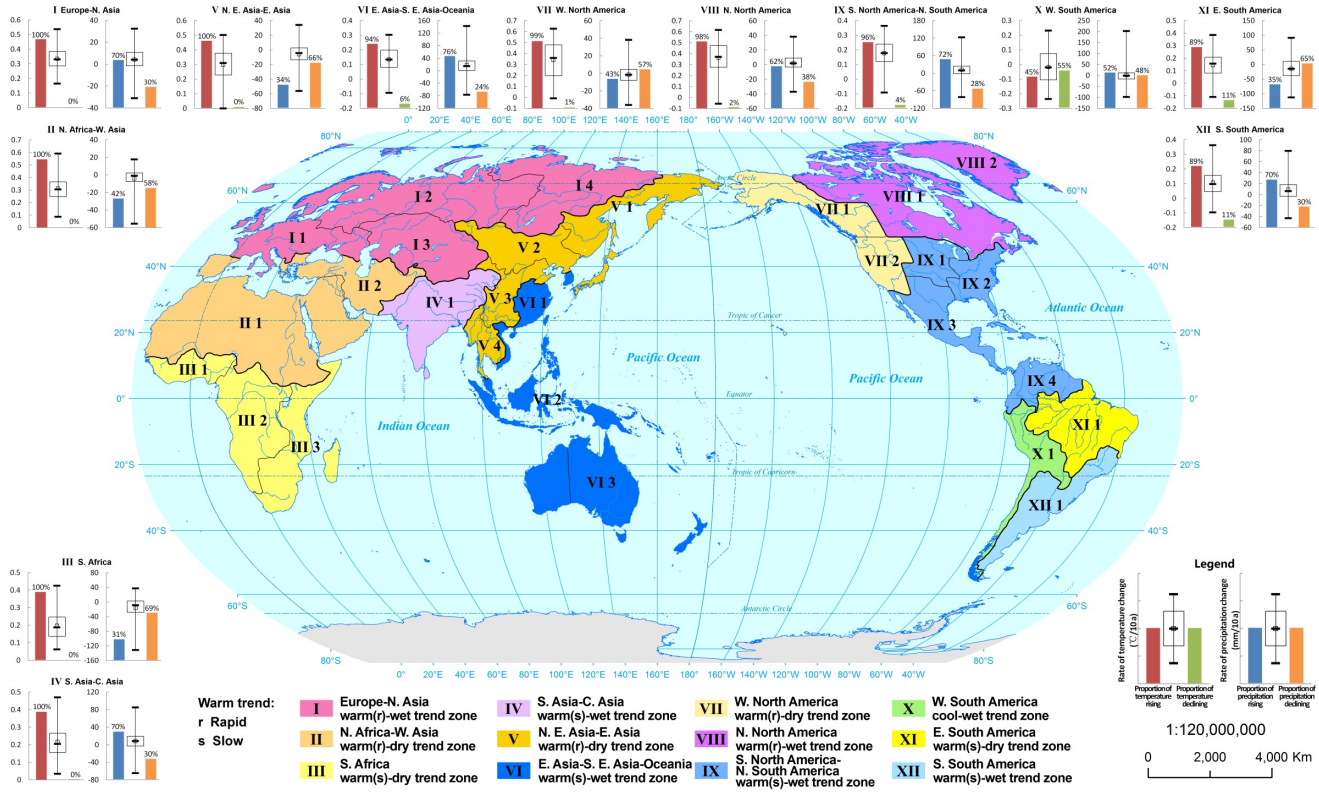
World Regionalization of Climate Change (1961–2010)

*Shao Sun[1,2], Peijun Shi[2,3,4], Daoyi Gong[2], Tao Zhou[2]

1. National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China, 2. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China, 3. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China, 4. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China

Existing climate regionalization aims to characterize the regional differences in climate based on years of the mean values of climate indices. However, with the accelerating climate change nowadays, existing climate regionalization cannot represent the regional difference of climate change, nor can it reflect the extreme weather and climate disasters and environmental risks incurred from climate changes. This paper utilizes the tendency value and fluctuation value of temperature and precipitation from 1961 to 2010 to identify the climate change quantitatively, and completes world regionalization of climate change (1961–2010) with administrative subdivisions of countries as the basic unit in combination with world's terrain feature. Level-I regionalization divides world's climate change (1961–2010) into twelve tendency zones based on the tendency of temperature and precipitation; level-II regionalization refers to twenty-eight fluctuation regions based on level-I regionalization according to the fluctuation of temperature and precipitation. Climate change regionalization provides a basis for countries and regions in the world to develop plans for adapting to climate change, especially for managing extreme weather and climate disasters and environmental risks.

Keywords: Climate change, Regionalization, Tendency, Fluctuation, World



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantifying and identifying future climate signal, noise, and internal variability at finer temporal scales

*Jongho Kim[1], Manh Van Doi[1]

1. University of Ulsan

Quantifying and identifying climate internal variability (CIV) plays an important role in climate change studies because of its irreducible and unpredictable characteristics. A large number of studies have addressed such an issue; however, the issue was only resolved at coarser resolution on the first order moments of few climate variables. Our recent study has estimated CIV of climate variables for a “current” period at finer spatial and temporal scales; however, whether CIV will change or remain constant in the future under the impact of representative concentration pathways (RCP45 and RCP85) is still questionable. To investigate how CIV will change in the future in both spatial pattern and magnitude, CIV is assessed over 30-year periods in both current and future periods with two scenarios in Korea by analyzing an ensemble of 100 simulations generated by an hourly weather generator. In this study, signal to noise ratio (SNR) used to evaluate the model performance will be applied to simulating ensemble for different periods. CIV is then estimated by two methods: “detrended” and “differenced”; SNR is estimated by “analysis of variance” and “trend analysis” methods. Both SNR and CIV are evaluated with four proposed matrices signifying rainfall volume, extremes and occurrence of rainfall. To consider the change of CIV in the future periods, t-test (test for mean difference) and f-test (test for variance difference) are applied to the ensemble of CIV. In this study, analyzing SNR’s values shows that the four proposed matrices are controlled by non-linear stochastic process and the change tend to increase in the future with increase of CO2 concentration. CIV is proved to change in the future periods under impact of CO2 scenarios. Spatial distribution of CIV’s change over future periods of which locations provides the important and useful information for decision making of water resources planning and proposing mitigation measures of disaster protection.

Acknowledgment:

This research was supported by the Water Management Research Program funded by Ministry of Environment of Korean government (127554), and by the Basic Science Research Program of the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Education (2016R1D1A1B03931886).

Keywords: climate internal variability, signal to noise ratio, t-test, f-test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Basic evaluation of MIROC6 and current status of CMIP6 experiments

*建部 洋晶[1]
*Hiroaki Tatebe[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The sixth version of the Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC), called MIROC6, was cooperatively developed by a Japanese climate modeling community. Overall reproducibility of mean climate and internal climate variability in MIROC6 is better than that in the previous version (MIROC5). The tropical climate systems (e.g., summertime precipitation in the western Pacific and the eastward propagating Madden-Julian Oscillation) and the mid-latitude atmospheric circulations (e.g., the westerlies, the polar night jet, and troposphere-stratosphere interactions) are significantly improved in MIROC6. These improvements can be attributed to the newly implemented parameterization for shallow convective processes and to the directly resolved stratosphere. In the present study, simulated mean climate, internal climate variability in MIROC6 are evaluated and briefly summarized in comparison with MIROC5 and observations. Using MIROC6, designated simulations tackling a wide range of climate science issues, as well as seasonal-to-decadal climate predictions and future climate projections, are currently ongoing with an aim towards contributing to the sixth phase of the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6). Preliminary results of historical climate simulations from the middle of the 19th century, climate projections from the present to the end of the 21th century based on future scenarios of the Shared Socio-economic Pathways, and initialized climate predictions on seasonal-to-decadal timescales will be given in this talk.

キーワード：気候モデル、第6期結合モデル間相互比較プロジェクト、気候変動予測
Keywords: Climate model, CMIP6, climate projections/predictions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Synchronized increase of extreme cold and warm events in China during the recent global warming slowdown

*Xiubao Sun[1,3], Chunzai Wang[1], Guoyu Ren[2,3], Panfeng Zhang[2]

1. State Key Laboratory of Tropical Oceanography (LTO), South China Sea Institute of Oceanology(SCSIO), Chinese Academy of Sciences (CAS), 2. Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences (CUG), 3. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center (NCC), China Meteorological Administration (CMA)

From the end of 1990s to the middle of 2010s, global mean temperature experienced a process of warming slowdown. However, global warm extremes did not show the slowdown phenomenon during the recent global warming slowdown. Based on the observation data of 2362 land surface stations in China, we analyzed the cold and warm extremes changes over mainland China between global warming period (1961-1999) and warming slowdown period (2000-2014). Results indicate that the warming trend in the cold season (MAM and DJF) is significantly higher than that in the warm season (JJA and SON) in the period of global warming (1961-1999), while the warming trend in the warm season is significantly higher than that in the cold season in the period of global warming slowdown. That is, the trend of warm season and the cool season in China have reversed. At the same time, we also found that the synchronous increase occurrence of extreme warm events in summer (JJA) and extreme cold events in winter (DJF) leads to the seasonal trend reverse phenomenon, but there are differences in the spatial variation characteristics between cold and warm extremes. The increase of warm extremes in summer is mainly due to the strong increase of warm events in south China, while the increase of cold events in winter is due to the increase of cold events over China. Further, we also found that the variability of extreme temperature has increased more significantly in the warming slowdown period than that in global warming period. East Asian winter monsoon and summer monsoon both show enhanced characteristics during the global warming slowdown period, which indicates that the increase of sea-land temperature difference in summer and winter results in the synchronous increase of extreme cold and warm events by increasing the climate variability in China.

Keywords: Global warming, Global warming slowdown, Extreme warm events, Extreme cold events, Land-sea temperature difference

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantification of thermodynamical and dynamical contributions to the anthropogenic influences on tropical cyclone rainfall extremes

*Cheng-Ta Chen[1], Shih-How Lo[1], Chung-Chieh Wang[1], Kazuhisa Tsuboki[2]

1. Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University, 2. Hydrospheric-Atmospheric Research Center, Nagoya University

The rainfall extremes and strong winds associated with tropical cyclones lead to significant damages and lost to where they make landfalling. Upward trend in term of financial lost was indicated for the past few decades from the report of major reinsurance firms. Whether the past anthropogenic warming played a significant role in such extreme event and their changes remained very controversial. On one hand, people argue it’s nearly impossible to attribute an individual extreme event to global warming. On the other hand, the increase of heavy rainfall is consistent with the expected effects of climate change on tropical cyclone. To diagnose possible anthropogenic contributions to the odds of heavy rainfall associated with tropical cyclone, we adapt an existing event attribution framework of modeling a ‘world that was’ and comparing it to a modeled ‘world that might have been’ for that same time but for the absence of historical anthropogenic drivers of climate. One limitation for applying such approach to high-impact weather system is that it will require models capable of capturing the essential processes lead to the studied extremes. Using a cloud system resolving model that can properly simulate the complicated interactions between tropical cyclone, large-scale background, topography, we first perform the ensemble ‘world that was’ simulations forced by the high resolution ECMWF YOTC analysis. We then re-simulate with the adjusted ‘world that might have been conditions’ by removing the regional atmospheric and oceanic forcing due to human influences estimated from the CMIP5 model ensemble mean conditions between all forcing and natural forcing only historical runs. Thus our findings are highly conditional on the driving analysis and adjustments therein, but the setup allows us to elucidate possible contribution of anthropogenic forcing to changes in the likelihood of heavy rainfall associated tropical cyclone. With only less than half of degree anthropogenic warming over the study area, we found that this forcing very likely (9 out of 10 cases) increase the risk of heavy rainfall event (grid rainfall greater than 33 mm per hour) by at least 16%. The role of dynamical processes that leads to precipitation extreme increases beyond the moisture content increase will be further analyzed and discussed.

Keywords: Tropical Cyclone, Extreme rainfall, extreme event attribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Temporal Evolution of the Long-Term Distributional Biases of Climate Models as a Parameter for the Regional Evaluation of the Simulation of Climate Change

*Martin Gomez-Garcia[1], Akiko Matsumura[1], Shiro Hishinuma[1], Daikichi Ogawada[1]

1. Nippon Koei Co. Ltd., Reasearch and Development Center

Owing to the climate variability of the General Circulation Models (GCM), the discrepancy between their outputs and observational datasets at scales that range from hours to years is practically random. Thus, the associated errors need to be evaluated in terms of the long-term (multidecadal) distributional properties of the atmospheric variables. A recently developed bias-correction method corrects the systematic errors (i.e., biases) in the climate mean state and in three distributional measures of the daily and the interannual variability (namely the frequency of extremes, the skewness, and the scale of the variable at each timescale). The adjustment of these biases is done in such a way that the corrections at one timescale do not affect the probability distribution at another. Therefore, this bias-correction method is able to preserve the GCM-simulated climate trends and extensively reproduce the long-term frequency of the observed extreme weather (e.g. 98th percentile of wet days, maximum seasonal mean of surface temperature).

Generally, the bias-correction of GCMs faces the challenge of including the simulated changes of climate, which supposes alterations in not only the mean but also other aspects like the skewness and the frequency of extremes. The abovementioned bias-correction method includes the effect of the simulated climate change in the correction of the distributional biases. However, considering the coarse resolution of the GCMs and the imperfections in the parameterizations of the subgrid physical processes, the fundamental assumption that the distributional biases are predictable (i.e., stationary) is made.

In this study, we explored the possibility of evaluating the sensibility with which GCMs simulate the response of the earth-system components to external forcing (i.e., climate change) by comparing the temporal evolution of the distributional biases at different timescales over specific regions. For the short period in which the observed data was available, our results revealed that many CMIP5 GCMs are indeed able to simulate with a quasi-stationary bias the changes caused by climate change. Moreover, being able to identify the regions in which certain models do not show the errors with a systematic behavior in either the climate mean state, the daily variability or the interannual variability can be useful for the further development of climate models. We expect that with the data of the GCM outputs of the future phases of the CMIP project, the period in which the observed and the modeled data coincide becomes longer and, thus, our conclusions can be supported by more robust evidence.

Keywords: Bias correction of GCMs at different timescales, Climate trends and climate variability, Evaluation of the ability of GCMs to simulate climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A global simulation of bioenergy crop yield

*Zhipin Ai[1], Naota Hanasaki[1]

1. National Institute for Environmental Studies

Large-scale development of bioenergy is considered as an effective pathway to achieve the 2 degrees target of the Paris Agreement. To avoid the competition with food crops, so-called the second-generation bioenergy crops such as miscanthus and switchgrass are regarded as potential dedicated biomass crop. However, the models to estimate the yield of miscanthus and switchgrass at a global scale which enable analyzing the effects of irrigation water application are seldom seen as of today. Here, we firstly updated the crop module in the global hydrological model H08 for miscanthus and switchgrass. Then, we conducted a global simulation and validation of the yield for miscanthus and switchgrass at 0.5 degree. The results indicated that the updated H08 have a good ability in simulating the yield of perennial bioenergy crops, which provides a good foundation for further integrated assessment of the impacts of bioenergy crop production on water sector.

Acknowledgement: This research was supported by the Environment Research and Technology Development Fund (S-14-5) of the Environmental Restoration and Conservation Agency.

Keywords: Bioenergy, Crop yield, H08

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Integrated Research Program for Advancing Climate Models - Theme B: national research program in Japan on earth system modeling

*河宮 未知生[1]、羽島 知洋[1]、立入 郁[1]、筒井 純一[2]、横畠 徳太[3]、荒川 隆[4]、井上 孝洋[4]
*Michio Kawamiya[1], Tomohiro Hajima[1], Kaoru Tachiiri[1], Jun'ichi Tsutsui[2], Tokuta Yokohata[3], Takashi Arakawa[4], Takahiro Inoue[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 電力中央研究所、3. 国立環境研究補、4. 高度情報科学技術研究機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. National Institute for Environmental Studies, 4. Research Organization for Information Science and Technology

The Integrated Research Program for Advancing Climate Models, or TOUGOU (abbreviation taken from its Japanese name), is a national project for projection of global change. Its aim to provide information for adaptation and mitigation, based on scientific evaluation of changes including those in extreme events and carbon cycle. The project was launched in April, 2017. While the entire program deals with a wide range of physical aspects and consequent impacts of climate change, Theme B (TOUGOU-B) focuses on the development of a state-of-the-art Earth system model (ESM) incorporating biogeochemical processes, such as sophisticated carbon and nitrogen cycles, as well as its application to exploring future socio-economic pathways of climate change mitigation. MIROC-ESM, an ESM developed under TOUGOU-B (and the previous SOUSEI-B) has been significantly improved since the 5th phase of coupled model intercomparison project (CMIP5), and has started to be run for CMIP6. During the three years since TOUGOU was launched, results have been obtained that may contribute to 6th Assessment Report (AR6) of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) including those on impacts of pyrogenic iron on oceanic ecosystem, assessment of the outcome of labor productivity change due to warming, and effects of high dust amount on surface temperature during the Last Glacial Maximum. Besides, efforts to secure ways to disseminate projection data are ongoing under TOUGOU-B. Specifically, collaboration has been established between climate modeling community in Japan and Data Integration and Analysis System (DIAS), a national IT project for environmental data, have been continuing, in order for Japan to participate in Earth System Grid Federation (ESGF). ESGF is an international cooperative activity to construct a data distributing system for climate related data such as CMIP6 outputs. Some of the details of these results will be explained in the presentation.

キーワード：気候変動に関する政府間パネル、地球システムモデル、炭素循環、社会経済シナリオ、第6期結合モデル相互比較プロジェクト、気候変動緩和策
Keywords: IPCC, Earth system model , carbon cycle, socio-economic scenario, CMIP6, climate mitigation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Towards probabilistic climate projections based on the CMIP6 multi-model ensemble

*筒井 純一[1]
*Junichi Tsutsui[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

Research on climate change mitigation uses a climate model emulator that represents the average and range over a specific multi-model ensemble of complex climate simulations. The Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) has provided such multi-model ensembles, and its latest Phase 6 (CMIP6) results are being revealed. As a first step to applying the CMIP6 results to probabilistic climate projections, we focus on the distribution of key parameters representing atmospheric CO_2-induced forcing and transient temperature responses.

In this study, we develop a procedure to determine the forcing-response parameters of a complex climate model. We simultaneously fit a curve built on an impulse response function to the global mean time series of the model's surface temperature anomaly and top-of-atmosphere energy imbalance from two basic CO_2-forced experiments, i.e., an abrupt quadrupling and a 1%-per-year increase in atmospheric CO_2 concentration. This scheme serves as an improved alternative to the widely-used regression method of Gregory et al. (2004). Furthermore, it makes a complete set of parameters to emulate the target model from which equilibrium climate sensitivity (ECS) and transient climate response (TCR) are derived. The properties of a multi-model ensemble are quantified through a statistical approach including a principal component analysis for the parameters.

The two CO_2-forced experiments are included in the set of common experiments which is designed to maintain continuity across different CMIP phases. Here, we compare the parameters of individual CMIP6 models with those of the previous-phase CMIP5 models. The parameters of the CMIP5 ensemble have several features. The ratio of TCR to ECS is distributed in the range of approximately 0.5 to 0.7, and for models with large ECS, the ratio tends to decrease. The scaling parameter for the effective radiative forcing of CO_2 varies from model to model and tends to be less than a reference value used in a conventional formula of CO_2 radiative forcing. Although the number of CMIP6 models is currently limited, their parameters show similar distributions within the CMIP5 ranges.

キーワード：気候感度、有効放射強制力、インパルス応答モデル、気候モデルエミュレータ、アンサンブル気候実験
Keywords: climate sensitivity, effective radiative forcing, impulse response model, climate model emulator, ensemble climate experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect on the earth system of realizing 1.5 degree climate target by overshooting after reaching 2 degree level

*立入 郁[1]、Diego Silva Herran[2]、蘇 宣銘[1]、河宮 未知生[1]
*Kaoru Tachiiri[1], Herran Diego Silva[2], Xuanming Su[1], Michio Kawamiya[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 地球環境戦略研究機関
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Institute for Global Environmental Strategies

By using an Earth system model (ESM) with emissions and land use scenarios consistent with socio-economic projections from an integrated assessment model, the effect of overshooting to 1.5 degree target (in Celsius from pre-industrial periods) after reaching 2 degree level is investigated in selected indicators of the global environment. Unlike the internationally coordinated model intercomparison project, the scenario is developed for a specific climatic model. The ESM output results in delayed achievements for both of 1.5 and 2 degree targets in terms of global surface mean air temperature, but achieved before or around 2100 as expected when we use global mean surface temperature (for which sea surface temperature and surface air temperature are used for ocean and land, respectively) masked with observation areas. In the overshooting scenario more heat is absorbed by the ocean compared to a case without overshooting, but still we found significant difference between the two scenarios in Arctic sea ice, while in both scenarios corals seem difficult to survive the 21st century (when no thermal adaptation is assumed) . The difference in steric sea level rise between the scenarios is only below 2 cm in 2100. In addition, vegetation productivity in broad regions shows slight (~5%) increase. Emission pathways in the scenarios rely on a large amount of carbon sequestration. In the 2 degree scenario CO2 emissions in 2100 are slightly below zero, while for 1.5 degree scenario they are below -20 GtCO2.. When the Earth system has high climate sensitivity and TCRE, to reach the 1.5 degree target we need to take an overshooting temperature pathway, but in case the overshooting is large, difference in some indicators between 1.5 degree and 2 degree scenarios can be non-significant, which is an important indication in implementing adaptive mitigation in the coming decades.

キーワード：地球システムモデル、統合評価モデル、1.5℃目標、2℃目標、安定化、オーバーシュート
Keywords: Earth system model, integrated assessment model, 1.5 degree target, 2 degree target, stabilization, overshooting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Historical regional and sectoral contributions to climate change

*蘇 宣銘[1]、立入 郁[1]、田中 克政[2]、渡辺 路生[1]
*Xuanming Su[1], Kaoru Tachiiri[1], Katsumasa TANAKA[2], Michio Watanabe[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute for Environmental Studies

Regional or sectoral contributions to climate change are important in the formulation of climate change policy. After the industrial revolution, developed countries emit CO_2 and non-CO_2 greenhouse gases (GHGs), and the historical emissions are large; while developing countries contribute relative fewer emissions in historical period but increase significantly in recent years or visible future. To assess the contributions to climate change, using cumulative emissions is a general and direct method. However, such method may ignore the lifetime of GHGs since part of the GHGs sink into the biosphere, ocean, soil or diminish during biogeochemical cycles. In this study, we evaluate the historical regional and sectoral contributions to climate change by using an improved version of Simple Climate Model for OPTimization (SCM4OPT) with a normalized marginal method. Based on the results, we analyze ten major GHG emitting countries and 12 sectors.

First, current emissions with relative long lifetime like CO_2 and N_2O, from developing countries increase significantly, like China, India, Mexico and Brazil, however, their contributions to climate change are still relatively smaller, compared with the developed countries such as USA, Japan, Germany, Canada and UK, of which countries the cumulative emissions are in relatively larger scale and current emissions are already under controlled. We can conclude here that the GHGs with relatively long lifetime need to be controlled stringently to reduce the long-term effects on climate change. For CH_4, which has a relatively shorter lifetime, the contributions to climate change are closely related to emissions within recent decades. These imply that reductions on short lifetime emissions can make immediate alleviation regarding climate change.

Second, energy sector contributes most of the CO_2 emissions, and therefore contribute almost half to the climate change among all the sectors. However, for CH_4 and N_2O, agriculture sector contributes most of the emissions and therefore their contributions to climate change are remarkable. Reduction policiesneed to targetthesesectors. In addition, CO_2 from land transportation and CH_4 from waste treatment increase rapidly in recent years, attention also needs to be paid to these sectors for making climate change policies.

キーワード：地域別排出、セクター別排出、温暖化への寄与、シンプル気候モデル
Keywords: region emissions, sector emissions, climate change contribution, simple climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Future projection of global climate, water, food, bio-energy, and land investigated with MIROC-INTEG: a global bio-geophysical land surface model with human components

*横畠 徳太[1]、佐藤 雄亮[1]、木下 嗣基[2]、櫻井 玄[3]、Pokhrel Yadu[4]、伊藤 昭彦[1]、加藤 悦史[5]、岡田 将誌[1]、花崎 直太[1]、新田 友子[6]、江守 正多[1]
*Tokuta Yokohata[1], Yusuke Satoh[1], Tsuguki Kinoshita[2], Gen Sakurai[3], Yadu Pokhrel[4], Akihiko Ito[1], Etsushi Kato[5], Masashi Okada[1], Naota Hanasaki[1], Tomoko Nitta[6], Seita Emori[1]

1. 国立環境研究所、2. 茨城大学、3. 農研機構、4. ミシガン州立大学、5. エネルギー総合工学研究所、6. 東京大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Ibaraki University, 3. National Agriculture and Food Research Organization, 4. Michigan State University, 5. The Institute of Applied Energy, 6. University of Tokyo

Future climate changes possibly affect water resources, food production, energy supply, and ecosystem services. It is critical to better understand the interactions between the changes in these complicated factors. While earth system models and integrated assessment models are applicable to explore this topic, parts of their natural and/or human processes tend to be simplified depending on their scope. As such, it still remains a challenge to realistically model the human-natural interface. In this context, the MIROC integrated terrestrial model (MIROC-INTEG) was developed. One of the features of MIROC-INTEG is that the natural ecosystem and human activity models are coupled to a global land surface model MATSIRO (Nitta et al. 2014, Journal of Climate), which is a component of a state-of-the-art global climate model, MIROC (Watanabe et al. 2010, Journal of Climate). As a natural ecosystem model, we use a global vegetation model, VISIT (Ito and Inatomi 2012, Biogeosciences). As human activity models, we use a global land-surface model with anthropogenic water regulation modules, HiGW-MAT (Pokhrel et al, 2012, Journal of Hydrometeorology), and a global crop model, PRYSBI2 (Sakurai et al, 2014, Scientific Reports). In HiGW-MAT, models of human water regulations such as water withdrawal from river, dam operation, and irrigation (Hanasaki et al. 2008, Hydrol. Earth Syst. Sci.) are incorporated to the above-mentioned global land surface model, MATSIRO. In PRYSBI2, the growth and yield of four crops (wheat, maize, soybean, rice) are calculated. In addition to these models, a global land use model (Terrestrial Land-use Model, TeLMO) is newly developed in the present study. TeLMO calculate the grid ratio of cropland (food and bio-energy crops), pasture, forest (managed and un-managed), as well as their transition. Output variables of each sub-model are passed to other sub-models during the time integration.
We will present an analysis of historical and future simulations with a focus on the interactions between water, food, energy, and land. In the historical simulations, we validated the model output such as irrigated water, crop yield, ecosystem productions, and cropland area by comparing to the observed or reanalysis data. In the future simulations, we investigated the role of uncertainties in climate (Representative Concentration Pathways) and socio-economic (Shared Socio-economic Pathways) scenarios. We also investigate the role of uncertainties in model parameters, and found that an uncertainty in the fertilization effect of crop growth model PRYSBI2 strongly affect uncertainty in future projection of crop yield and land use change in TeLMO. We found that future changes in precipitation and/or temperature possibly cause decrease in soil moisture, leading to decreases in crop yield (especially in high emission scenario such as RCP8.5). Decrease in crop yield bring about increase in crop land area, which also causes the increase in irrigation demands. Interaction between water, crop yield, and land use, as well as possible impacts on ecosystem service will be discussed in the presentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：全球気候モデル、地球システムモデル、人間活動
Keywords: Global Climate Model, Earth System Model, Human activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Downscaling a global agricultural land use model to country level for national SSP analysis

*Wenchao Wu[1], Tomoko Hasegawa[1], Kiyoshi Takahashi[1], Shinichiro Fujimori[2]

1. National Institute for Environmental Studies, 2. Kyoto Univ.

The Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) has been part of latest scenario framework developed by the climate change research society in the recent decade, serving the integrated analysis of future climate impacts, vulnerabilities, adaptation, and mitigation, in which the agriculture, food system and land use are important components. Multiple integrated assessment models (IAMs) have been used for the quantitative projections of future agriculture, food system and land use in the global scale. However, the tool and application of IAMs to the quantification of SSPs on regional or national level is limited. Meanwhile, there are growing needs for the quantification of SSPs on regional or national level for a more detailed understanding of agriculture, food, and land use, and their interactions with other nexus, such as energy, water, and biodiversity. One obstacle for such application is the coarse spatial resolution of global IAMs for land use module. This study aims to apply the Asian-Pacific Integrated Model/Platform for Land-Use and Environmental Model (AIM/PLUM) for the quantification of agriculture, food system, and land use in Japan under its national-specific SSPs narratives. To achieve this, a regional land use model, AIM/PLUM-Japan, was developed, by improving the spatial resolution to 0.05˚ (targeting 1km) from global model of 0.5˚. We combined the statistical production area data and spatial land use data to produce a refined base crop map. Agricultural land use could be downscaled to 0.05˚ resolution and gridded agricultural land use information could be generated using this model. Aside from providing quantitative land use information for Japan’ s SSPs, this study also contributes to the IAMs and SSPs societies by testing the applicability and feasibility of global IAMs, especially land use models, to the regional or national extension. For example, regional (national) SSPs quantifications for other regions could be easily implemented by a similar paradigm using AIM/PLUM.

Keywords: downscaling, land use, national SSP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Extreme Events and Emergent Trends in Marine Ecosystem Stressors under a historical/RCP8.5 Climate Change Pathway

*Keith Bradley Rodgers[1,2], Sarah Schlunegger[3], Richard Slater[3], Burke Hales[4], Axel Timmermann[1,2]

1. IBS Center for Climate Physics, Busan, South Korea, 2. Pusan National University, Busan, South Korea, 3. AOS Program, Princeton University, Princeton NJ, USA, 4. College of Ocean and Atmospheric Sciences, Oregon State Universitym, Corvallis, OR, USA

It is important to identify the degree to which climate change will impact ocean ecosystems over the 21st century. Over the last decade there has been increasing application of Earth System Models (ESMs) to project changes in ecosystem stressors (acidification, warming, and de-oxygenation) with a focus on surface and/or thermocline-integrated conditions. Recent efforts have made combined use of CMIP5 models, large ensemble simulations, and/or scenario sensitivity experiments to estimate uncertainties in future projections. Nevertheless very little to date has been done to evaluate how the frequency of extreme events with ecosystem stressors will respond to future climate perturbations. Here we consider for an ensemble suite of simulations with GFDL's ESM2M changes in the frequency of marine ecosystem extreme events over the 21stcentury. We focus on the contrast between the behavior at the ocean's surface vs. base of the ocean's euphotic zone, as these are both important horizons for ocean ecosystems, and on the contrast between the Time of Emergence of decadal trends vs. frequency changes of extreme events, as these are both important ecological timescales. Particular attention is devoted to acidification at the base of the euphotic zone, as this pertains to the life cycle of pteropods. Preliminary results indicate that in addition to the subpolar Northern Oceans and the Southern Ocean, the Large Marine Ecosystems (LME) regions of the eastern Pacific become increasingly exposed to corrosive waters over the 21stcentury.

Keywords: Climate Change, Ecosystem Stressors, Extreme Events, Large Ensemble

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)、座長:建部 洋晶

地球温暖化および関連する人為起源の環境変化により、極端な気象現象の激甚化や海面上昇、海洋酸性化・貧酸素化、そして大規模な生態系変化が生じることが懸念されている。こうした変化を予測するための実験プロトコル(CMIP6)が、2021年公表予定のIPCC第6次報告書に向けて定められ、それに基づいた各国の研究機関での実験結果が得られつつある。CMIP6の他にも、イベントアトリビューションや、環境変化と社会経済の相互作用を取り入れたモデル開発など、様々なタイプの予測研究が盛んになっている。また、環境変化を捉える観測研究や、予測の信頼性検証ための観測データ解析も重要性を増してきている。本セッションでは、地球規模環境変化予測に関する専門的な議論に加え、モデル予測と観測、社会科学との分野横断的な連携も視野に、最新の研究成果報告と討議を行う。なお本セッションは、Future Earth プロジェクト「地球システムの解析・統合・モデリング」AIMES (https://aimesproject.org/) との共同開催である。

13:45 ~ 14:00

[ACG35-01] Sour and anoxic Sea of Japan in the near future

*Chen-Tung Arthur Chen[1]、Hon-Kit Lui[1]、Masao Ishii[2] (1.National Sun Yat Sen University、2.Japan Meteorological Agency)

14:00 ~ 14:15

[ACG35-02] Decadal predictions of the variable ocean carbon uptake

★Invited Papers

*Hongmei Li[1]、Tatiana Ilyina[1]、Wolfgang A. Müller[1,2]、Peter Landschützer[1] (1.Max Planck Institute for Meteorology, Bundesstraße 53, 20146 Hamburg, Germany、2.Deutscher Wetterdienst, Bernhard-Nocht-Straße 76, 20359 Hamburg, Germany)

14:15 ~ 14:30

[ACG35-03] Air-sea CO_2 flux variations in the tropical Pacific simulated with two ESMs embedded an ocean data assimilation system

*渡辺 路生[1]、建部 洋晶[1]、小山 博司[1]、羽島 知洋[1]、渡部 雅浩[2]、河宮 未知生[1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

14:30 ~ 14:45

[ACG35-04] A Study of Decadal Ocean Deoxygenation and Heat Uptake from a suite of OMIP Simulations

*Takano Yohei[1]、Tjiputra Jerry[2]、Schwinger Jörg[2]、Gröger Matthias[3]、Berthet Sarah[4]、Séférian Roland[4]、Yool Andrew[5]、Palmieri Julien[5]、渡辺 路生[6]、Stemmler Irene[1]、Ilyina Tatiana[1] (1.Max Planck Institute for Meteorology、2.Norwegian Research Centre、3.Swedish Meteorological and Hydrological Institute、4.Centre National de Recherche Météorologique, Unite mixte de recherche 3589 Météo-France/CNRS、5. National Oceanography Centre、6.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

14:45 ~ 15:00

[ACG35-05] Role of large-scale environmental variability in changing storm climate

*Nilima Aditya Natoo[1] (1.University of Bremen, Germany)

15:00 ~ 15:15

[ACG35-06] The forced response of the climate system: The case of climatic teleconnections

*Tamas Bodai[1]、Matyas Herein[2]、Gabor Drotos[3] (1.University of Reading、2.Eotvos University Budapest、3.Universitat de les Illes Balears)

Sour and anoxic Sea of Japan in the near future

*Chen-Tung Arthur Chen[1], Hon-Kit Lui[1], Masao Ishii[2]

1. National Sun Yat Sen University, 2. Japan Meteorological Agency

The ocean acidification is frequently related to hypoxia. In the paper "An anoxic Sea of Japan in 2200?" (Chen, Marine Chemistry, 1999) it was suggested that the sea is undergoing rapid de-oxygenation, and that the sea may become anoxic by the year 2200. But, a question mark was used in the title because of large uncertainties. In a recent Nature Climate Change paper (Chen et al., 2017), however, it was further concluded that the deep Sea of Japan has acidified at a faster rate than anywhere else in the world oceans. The conclusion of rapid acidification is in line with the conclusion of de-oxygenation. In addition, adding 20 years of new data confirms that the assessment of 1999 was correct. Likely the Sea of Japan would become sour and anoxic within the next two hundred years, if not sooner, based on nutrients, oxygen and pH data.

Keywords: Sea of Japan, acidification, hypoxia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Decadal predictions of the variable ocean carbon uptake

*Hongmei Li[1], Tatiana Ilyina[1], Wolfgang A. Müller[1,2], Peter Landschützer[1]

1. Max Planck Institute for Meteorology, Bundesstraße 53, 20146 Hamburg, Germany, 2. Deutscher Wetterdienst, Bernhard-Nocht-Straße 76, 20359 Hamburg, Germany

The global ocean, as a major carbon sink, absorbs about 25% of the contemporary anthropogenic CO_2 emissions; hence the carbon uptake by the ocean largely mitigates the CO_2concentration increase in the atmosphere and hence the global warming. Moreover, the strength of the carbon flux into the ocean, varies substantially from annual to decadal time-scale. Therefore, predicting the variable ocean carbon uptake and global carbon cycle is of essential value of tracing the fate of carbon and the corresponding climate and ecosystem changes.

By assimilating atmosphere and ocean physical observations into the decadal prediction system based on the Max Planck Institute Earth System Model (MPI-ESM), we reproduce the ocean carbon uptake variations in consistent with the data-based estimates. The retrospective predictions starting from the assimilation states show a predictive skill of 2 years in the ocean carbon uptake globally. Regionally the predictive skill is up to 5 years in the Southern Ocean and the North Pacific. To understand the mechanisms in maintaining the predictability of the ocean carbon uptake, we separate the ocean surface pCO_2, which is the main driver of the variability in carbon fluxes, into thermal and non-thermal components. The thermal component is affected by the solubility of CO_2via temperature variations, and the non-thermal component is affected by the ocean circulation and biology, i.e., is not first order affected by the temperature. We find that the thermal component contributes mainly to shorter-term (of <3 years) of predictive skill of the ocean carbon uptake, while the non-thermal component is responsible for longer-term (of >3 years) of predictive skill of the ocean carbon uptake.

Decadal prediction study of the global carbon cycle and corresponding ecosystem based on the ESMs is still at its early stage and facing a number of challenges arising from limited ocean biogeochemical observations and lack of proper initialization strategies. An extension of our predictions in the context of multi-model framework is in progress and this will facilitate deeper understanding of the mechanisms and further improvement of the predictive skill in the global carbon cycle.

Keywords: Decadal predictions, Ocean carbon uptake, Climate variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Air-sea CO_2 flux variations in the tropical Pacific simulated with two ESMs embedded an ocean data assimilation system

*渡辺 路生[1]、建部 洋晶[1]、小山 博司[1]、羽島 知洋[1]、渡部 雅浩[2]、河宮 未知生[1]
*Michio Watanabe[1], Hiroaki Tatebe[1], Hiroshi Koyama[1], Tomohiro Hajima[1], Masahiro Watanabe[2], Michio Kawamiya[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

Interannual-to-decadal fluctuations of the global-mean atmospheric CO_2 concentration are observed associated with internal climate variations, and these fluctuations sometimes cancel out and at other times support the centennial increasing trend of the global-mean atmospheric CO_2 concentration due to accumulation of anthropogenic CO_2 emissions. One direct cause of the fluctuations is the oceanic absorption or release of CO_2 through the global air-sea CO_2 flux variations which are mainly dominated by the tropical Pacific. Therefore, deeper understanding of the tropical oceanic processes and properly initializing oceanic states including marine ecosystem are of importance in future predictions of the global CO_2 concentration together with quantification of human-influences. In the present study, we examined the simulated air-sea CO_2 flux variations in the tropical Pacific in two ESMs (MIROC-ES2L and MIROC-ESM) with the same ocean data assimilation system. Although the assimilation procedures are the same, observed anti-correlated relationship between interannual variations of the upward air-sea CO_2 flux and the sea surface temperature (SST) in the tropical Pacific are well captured in MIROC-ES2L, but the relationship is reversed in MIROC-ESM. Tropical climatic-mean state of MIROC-ESM shows significant biases of weaker trade winds as well as more diffuse equatorial thermocline than observations, and simulated amplitude of interannual variations of NINO3-SST is about half as large as observations. When observations are assimilated into the model, these biases lead to non-negligible correction terms on the governing equations of ocean temperature and salinity, which induces an anomalous spurious equatorial upwelling during El-Niño events. The spurious upwelling brings dissolved inorganic carbon rich water in the subsurface layer to the surface mixed layer. Consequently, an anomalous upward air-sea CO_2 flux is occurred during El-Niño, as opposed to observations and MIROC-ES2L. Better modeling physical processes in the tropical climate system is suggested to be essential for better marine ecosystem modeling and reanalysis.

キーワード：地球システムモデル、データ同化、大気海洋CO2フラックス、ENSO
Keywords: Earth system model, data assimilation, air-sea CO2 flux, ENSO

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Study of Decadal Ocean Deoxygenation and Heat Uptake from a suite of OMIP Simulations

*Takano Yohei[1]、Tjiputra Jerry[2]、Schwinger Jörg[2]、Gröger Matthias[3]、Berthet Sarah[4]、Séférian Roland[4]、Yool Andrew[5]、Palmieri Julien[5]、渡辺 路生[6]、Stemmler Irene[1]、Ilyina Tatiana[1]
*Yohei Takano[1], Jerry Tjiputra[2], Jörg Schwinger[2], Matthias Gröger[3], Sarah Berthet[4], Roland Séférian[4], Andrew Yool[5], Julien Palmieri[5], Michio Watanabe[6], Irene Stemmler[1], Tatiana Ilyina[1]

1. Max Planck Institute for Meteorology、2. Norwegian Research Centre、3. Swedish Meteorological and Hydrological Institute、4. Centre National de Recherche Météorologique, Unite mixte de recherche 3589 Météo-France/CNRS、5. National Oceanography Centre、6. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
1. Max Planck Institute for Meteorology, 2. Norwegian Research Centre, 3. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, 4. Centre National de Recherche Météorologique, Unite mixte de recherche 3589 Météo-France/CNRS, 5. National Oceanography Centre, 6. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Observational studies reveal substantial ocean deoxygenation and increased heat uptake in the past decades. These two properties are known to be tightly connected. The Earth System Models (ESMs) struggle to simulate the observed trends in oxygen inventory (O_2-Inv) and the tight global O_2-heat relationship. One possible reason is the role of decadal climate variability.

The past decadal changes in oxygen inventory and tight global O_2-heat relationship cannot be fully explained by changes in solubility alone, indicating the important role of changes in ocean circulation and biology. Climate variability could modulate O_2-Inv and heat uptake on decadal timescales but the observed climate variability is not necessarily simulated in the ESMs historical simulations due to the fact that the models have their own internal climate variability, which vary in magnitude and phase, in the coupled climate system. Here we address the question how the observed decadal climate variability modulates O_2-Inv and heat uptake using a suite of OMIP simulations.

We will present results from the comparison of state-of-the-art ocean model simulations driven by the atmospheric reanalysis forcing. The main focus is to understand decadal changes in global and regional upper ocean O_2-Inv and OHC based on the results from six different model simulations (NorESM-OC, EC-EARTH3.3.0, CNRM-ESM2-1, UKESM1, MIROC-ES2L, and MPI-OM-HAMOCC), and observations. The model structural differences result in different physical and biogeochemical mean states, which lead to different decadal variability of O_2-Inv and OHC. The regional O_2-heat relationship among the models and observations would be presented to discern the biases in the simulated ocean circulations and biological processes. Our study will provide first indications of the importance of decadal climate variability on determining changes in O_2-Inv and OHC. Hence, it will also provide guidance on accuracy and uncertainty of future deoxygenation and warming projected in the ESMs. We aim on stimulating the discussion on near term strategy of how we analyze upcoming OMIP simulations within the context of climate variability and changes in ocean physics and biogeochemistry based on our multi-model analysis.

キーワード：Multi-model comparison、ocean deoxygenation、ocean heat uptake、decadal variability and trend
Keywords: Multi-model comparison, ocean deoxygenation, ocean heat uptake, decadal variability and trend

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Role of large-scale environmental variability in changing storm climate

*Nilima Aditya Natoo[1]

1. University of Bremen, Germany

This paper focusses sequentially on two different aspects: (a) recent changes in observed storms, and (b) its linkages to the changes in large-scale environmental (LSE) variability. The analysis of observed storm show that in spite of an overall reduction in the Southwest Pacific (SWP) storminess over the past four decades, the number of extreme storms corresponding to the mean maximum sustained storm wind speed, has increased. At the same time, a slight reduction in the corresponding mean minimum central pressure is observed. The transition time from category 1 to 3 has also reduced substantially (by ~12 hours). Possible conditions for some of these observed behavioural change in terms of quick intensification and traveling longer distance towards south pole will be discussed.
The second aspect explores the linkages between above changes in storm indices and corresponding variability in LSE variability. The methodology uses multiple linear regression analysis to establish their relationship. This relationship is used to construct scenarios of likely change in future storminess using simulated (RCP8.5 minus historical) differences. The analysis will show how the role of some of the environmental indices when in combination can aid in modulating the Southwest Pacific change in storminess.

Keywords: Southwest Pacific, Storminess, Regression analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The forced response of the climate system: The case of climatic teleconnections

*Tamas Bodai[1], Matyas Herein[2], Gabor Drotos[3]

1. University of Reading, 2. Eotvos University Budapest, 3. Universitat de les Illes Balears

We frame the forced response of the climate system in terms of an ensemble that represents the so-called snapshot/pullback attractor, and explore the implications and power of this approach. Teleconnections as cross-correlations can be defined in the ensemble-based framework by evaluating the correlations over ensemble members. As a specific example, we studied the teleconnection between the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and the Indian summer monsoon in ensemble simulations from state-of-the-art climate models, the Max Planck Institute Earth System Model (MPI-ESM) and the Community Earth System Model (CESM). We detect an increase in the strength of the teleconnection in the MPI-ESM under historical forcing between 1890 and 2005, which is in contrast with scientific consensus. In the MPI-ESM no similar increase is present between 2006 and 2099 under the Representative Concentration Pathway 8.5 (RCP8.5), and in a 110-year-long 1-percent pure CO2 scenario; neither is in the CESM between 1960 and 2100 with historical forcing and RCP8.5. This is also a puzzling result inasmuch as the historical forcing is the weakest. Accordingly, we evaluated that the static susceptibility of the strength of the teleconnection with respect to radiative forcing (assuming an instantaneous and linear response) is at least three times larger in the historical MPI-ESM ensemble than in the others.

Keywords: teleconnection, ENSO, Indian monsoon, forced response, trajectory ensemble

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[A-CG35] 地球規模環境変化の予測と検出

コンビーナ:河宮 未知生(海洋研究開発機構)、建部 洋晶(海洋研究開発機構)、立入 郁(海洋研究開発機構)、座長:立入 郁(海洋研究開発機構)、河宮 未知生(海洋研究開発機構)

地球温暖化および関連する人為起源の環境変化により、極端な気象現象の激甚化や海面上昇、海洋酸性化・貧酸素化、そして大規模な生態系変化が生じることが懸念されている。こうした変化を予測するための実験プロトコル(CMIP6)が、2021年公表予定のIPCC第6次報告書に向けて定められ、それに基づいた各国の研究機関での実験結果が得られつつある。CMIP6の他にも、イベントアトリビューションや、環境変化と社会経済の相互作用を取り入れたモデル開発など、様々なタイプの予測研究が盛んになっている。また、環境変化を捉える観測研究や、予測の信頼性検証ための観測データ解析も重要性を増してきている。本セッションでは、地球規模環境変化予測に関する専門的な議論に加え、モデル予測と観測、社会科学との分野横断的な連携も視野に、最新の研究成果報告と討議を行う。なお本セッションは、Future Earth プロジェクト「地球システムの解析・統合・モデリング」AIMES (https://aimesproject.org/) との共同開催である。

15:30 ~ 15:45

[ACG35-07] Guiding Mother Earth: taking stock of progress to a long-term temperature goal

★Invited Papers

*Myles Robert Allen[1] (1.Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment and Department of Physics, University of Oxford)

15:45 ~ 16:00

[ACG35-08] **Uneven distributions of four hazard indicators of climate change with the Paris Agreement's goals**

*塩竈 秀夫[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター)

16:00 ~ 16:15

[ACG35-09] Understanding the centennial-scale human-natural interactions using an integrated terrestrial model MIROC-INTEG under ISIMIP2 project

*佐藤 雄亮[1]、Julien Boulange[1]、花崎 直太[1]、高田 久美子[1]、Yadu Pokhrel[3]、Ted Veldkamp[2,4]、Peter Burek[2]、横畠 徳太[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.国際応用システム研究所、3.ミシガン州立大学、4.アムステルダム自由大学)

16:15 ~ 16:30

[ACG35-10] Radiative forcing of the physiological CO_2 response

*Victor Brovkin[1]、Veronika Gayler[1]、Sonia I Seneviratne[2]、Pierre Gentine[3] (1.Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany、2.ETH, Institute for Atmospheric and Climate Science, Zurich, Switzerland、3.Columbia University, Earth and Environmental Engineering, New York, USA)

16:30 ~ 16:45

[ACG35-11] Progress of MIROC-ES2 simulations in CMIP6 and the analysis of the biogeochemical feedbacks

*羽島 知洋[1]、渡辺 真吾[1]、河宮 未知生[1]、立入 郁[1]、建部 洋晶[1]、伊藤 昭彦[2]、高田 久美子[2]、渡辺 路生[1]、野口 真希[1]、山本 彬友[1]、伊藤 彰記[1]、阿部 学[1]、大垣内 るみ[1]、山崎 大[3] (1.独立行政法人 海洋研究開発機構、2.国立環境研究所、3.東京大学生産技術研究所)

16:45 ~ 17:00

[ACG35-12] The impact of long-term historical warming on the global terrestrial gross primary production

*Irina Melnikova[1]、Takahiro Sasai[1] (1.Tohoku University)

Guiding Mother Earth: taking stock of progress to a long-term temperature goal

*Myles Robert Allen[1]

1. Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment and Department of Physics, University of Oxford

The IPCC Special Report on 1.5˚C found that human-induced global warming had reached 1˚C ±0.2˚C, increasing at 0.2˚C per decade, leaving only a few decades for emissions to be reduced to net zero to limit warming to 1.5˚C. The Paris Climate Agreement introduced a regime of periodic stocktakes of progress to the long-term temperature goal of limiting warming to well below 2˚C, pursuing efforts to 1.5˚C. While there is general agreement that these stocktakes are to be informed by science, these is less consensus on how this will be done. I will explain how we can robustly estimate the level of human-induced warming to date, and how this information was used to support a revision in the remaining carbon budget for cumulative future CO_2 emissions consistent with limiting warming to 1.5˚C. CO_2 budgets in the IPCC Special Report were contingent on scenarios for non-CO_2 forcing, but the concept of a carbon budget can be generalised if we recognise how other anthropogenic forcing agents affect climate on different timescales, either expressing them as CO_2-forcing-equivalent emissions, or applying the traditional GWP_{100} metric in a new way. Taken together, these insights provide a simple, transparent, scenario-independent and model-independent method of assessing the implications of current and future emissions for progress towards a long-term temperature goal.

Keywords: Climate change, Greenhouse-gases, Stocktake, Attribution, Metrics, Forcing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Uneven distributions of four hazard indicators of climate change with the Paris Agreement’ s goals

*塩竈 秀夫[1]
*Hideo Shiogama[1]

1. 国立環境研究所地球環境研究センター
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

Clarifying characteristics of hazards and risks of climate change at 2ºC and 1.5ºC global warming is important for understanding the implications of the Paris Agreement. We perform and analyse large ensembles of 2ºC and 1.5ºC warming simulations. In the 2ºC runs, we find substantial increases in extreme hot days, heavy rainfalls, high streamflow and labor capacity reduction related to heat stress. For example, about half of the world's population will experience a present day 1-in-10 year hot day event every other year at 2ºC warming. The regions with largely increases of these four hazard indicators coincide with countries characterized by small CO_2 emissions, low-income and high vulnerability. Limiting global warming to 1.5ºC, compared to 2ºC, will lower increases in the four hazard indicators especially in those regions.

キーワード：気候変動、パリ協定
Keywords: Climate change, Paris Agreement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Understanding the centennial-scale human-natural interactions using an integrated terrestrial model MIROC-INTEG under ISIMIP2 project

*佐藤 雄亮[1]、Julien Boulange[1]、花崎 直太[1]、高田 久美子[1]、Yadu Pokhrel[3]、Ted Veldkamp[2,4]、Peter Burek[2]、横畠 徳太[1]
*Yusuke Satoh[1], Julien Boulange[1], Naota Hanasaki[1], Kumiko Takata[1], Yadu Pokhrel[3], Ted Veldkamp[2,4], Peter Burek[2], Tokuta Yokohata[1]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所、2. 国際応用システム研究所、3. ミシガン州立大学、4. アムステルダム自由大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. International Institute for Applied Systems Analysis, 3. Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University, 4. Institute for Environmental Studies (IVM), VU Amsterdam

Within the earth system, changing-climate, -human society, and -ecosystems interact mutually. It is crucial to better understand the interconnectedness among such human-natural systems in order to assess the potential impacts of climate and socioeconomic changes on each system and identify sustainable pathways. Although existing earth system models and integrated assessment models are applicable to explore this field, parts of their natural and/or human processes tend to be simplified depending on their scope. Therefore, it still remains a challenge to improve integrated modeling frameworks. For these reasons, a process-based integrated terrestrial model, MIROC INTEGrated terrestrial model (MIROC-INTEG), was developed. The modeling framework is composed of five natural/human subcomponents. At its core is a land surface model (MATSIRO), which is coupled to three human modules; water use (H08), food and biofuel crop production(PRYSBI2) and land use change (TELMO). An ecosystem model (VISIT) calculates the C and N cycles among atmosphere-vegetation-soil. While each sub-model can run independently, MIROC-INTEG dynamically simulates their interactions, embracing the water-food-energy nexus within a system.

The goal of this study is to improve our quantitative understanding on coupled terrestrial systems at the global scale for past and future time-scales. Hence, we have run MIROC-INTEG following the Inter-Sectoral Impact Model Inter-comparison Project phase 2a (ISIMIP2a) and 2b (ISIMIP2b) simulation protocols. Using 3 hourly climate forcing data and considering anthropogenic activities, MIROC-INTEG simulated agro-hydrological condition at a spatial resolution of 0.5°, globally. As its inputs, ISIMIP2a makes use of three reanalysis-base metrological data for historical periods, and ISIMIP2b employs an ensemble of bias-corrected forcing data set of four general circulation models covering preindustrial, historical, and future time-periods under four representative concentration pathways. Furthermore, ISIMIP provides a unique opportunity for validation of simulation skill in comparison with other models' under consistent protocols.
Within this contribution we present the first results of MIROC-INTEG looking specifically at the centennial-scale human-natural interactions over the period 1851-2099 and its consequences for long-term changes in fundamental hydrological variables. The results are presented at global, regional and large-basin scale and are compared against existing ISIMIP runs of other hydrological and land surface models.

キーワード：陸域統合モデル、人間活動、気候変動および社会変化、マルチフォーシング、モデル間相互比較
Keywords: Integrated terrestrial model, Human intervention, climate and socio-economic change, multi-forcing, model inter comparison

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiative forcing of the physiological CO_2 response

*Victor Brovkin[1], Veronika Gayler[1], Sonia I Seneviratne[2], Pierre Gentine[3]

1. Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany, 2. ETH, Institute for Atmospheric and Climate Science, Zurich, Switzerland, 3. Columbia University, Earth and Environmental Engineering, New York, USA

Theory and observations indicate that plant stomatal conductance decreases in response to increase in the atmospheric CO_2. This physiological CO_2 response causes reduction in the evapotranspiration and modification of the global hydrological cycle, affecting the global radiative fluxes and climate sensitivity. While this biogeophysical mechanism is included into all comprehensive Earth System Models, its radiative forcing has not been isolated from the other biospheric feedbacks. To evaluate the scale of its radiative forcing, we performed two sensitivity experiments with the CMIP6 version of the MPI Earth system model (MPI-ESM1.2-LR). In addition to the standard 4xCO_2 simulation, in which both climate and carbon cycle respond to an instantaneous 4-fold increase in CO_2, we performed the 4xCO_2rad simulation in which biogeochemistry and plants were not affected by elevated CO_2. We analyse changes in outgoing radiation and surface temperature using the Gregory et al. (2004) approach for radiative forcing, and compare results with- and without physiological CO_2 response. Rescaling to the doubling of the CO_2 concentration, stomatal conductance response increases equilibrium climate sensitivity of the model by ca. 10%, and its radiative feedback is estimated at 0.14 W/m^2/K. This suggest that the magnitude of this positive biogeophysical feedback is comparable with the magnitude of biogeochemical (climate-carbon) feedback.

Keywords: climate feedbacks, vegetation cover, radiative forcing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Progress of MIROC-ES2 simulations in CMIP6 and the analysis of the biogeochemical feedbacks

*羽島 知洋[1]、渡辺 真吾[1]、河宮 未知生[1]、立入 郁[1]、建部 洋晶[1]、伊藤 昭彦[2]、高田 久美子[2]、渡辺 路生[1]、野口 真希[1]、山本 彬友[1]、伊藤 彰記[1]、阿部 学[1]、大垣内 るみ[1]、山崎 大[3]
*Tomohiro Hajima[1], Shingo Watanabe[1], Michio Kawamiya[1], Kaoru Tachiiri[1], Hiroaki Tatebe[1], Akihiko Ito[2], Kumiko TAKATA[2], Michio Watanabe[1], Maki Noguchi[1], Akitomo Yamamoto[1], Akinori Ito[1], Manabu Abe[1], Rumi Ohgaito[1], Dai Yamazaki[3]

1. 独立行政法人 海洋研究開発機構、2. 国立環境研究所、3. 東京大学生産技術研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

In order to reveal how climate-biogeochemical system responds to anthropogenic forcing, a new Earth system model “MIROC-ES2L” has been developed for CMIP6. The physical core of the model is “MIROC5.2”, and the biogeochemical component are updated from that used for CMIP5: the new model has explicit CN interaction in land ecosystem, and ocean component has been improved to include P, Fe, and O in addition to C and N cycles that were already incorporated into that of CMIP5 ver. In the new model, ocean N cycle is opened to other subsystems: N input via biological fixation, deposition and riverine transport are considered, and denitrification process controls N loss from the ocean. This model is used for CMIP6 runs, by participating in endorsed MIPs such as C4MIP, PMIP, OMIP, LUMIP, CDRMIP, ScenarioMIP, VolMIP, etc.
A provisional historical simulation by MIROC-ES2L with CMIP6 official forcing (v6.2.1) clearly showed a global warming trend from 1970’s, which is consistent with observation (HadCRU4). Carbon stored in land ecosystem decreased by responding to the land-use change forcing, and started to increase around 1960 by responding to CO2 increase and increased N input into land (N deposition and fertilizer), in addition to the response to LUC. Ocean continuously store the anthropogenic CO2: the increase during 1850-2005 is about 150PgC, which is almost similar level to the number reported in Global Carbon Budget 2017. In addition to C cycle, the historical simulation showed drastic changes in global N budget, by directly responding to the anthropogenic forcing (LUC and agriculture), and indirectly affected by climate–carbon cycle change. Agriculture increased both land N2O emission (diagnosed) and N leaching, the latter of which impacted on ocean biogeochemistry near river mouths.

キーワード：地球システムモデル、生物地球化学、CMIP6、炭素循環、フィードバック
Keywords: Earth system model, Biogeochemistry, CMIP6, Carbon cycle, Feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The impact of long-term historical warming on the global terrestrial gross primary production

*Irina Melnikova[1], Takahiro Sasai[1]

1. Tohoku University

The recent increase of carbon dioxide in the atmosphere from anthropogenic emissions resulted in the increase of carbon uptake by the global biosphere. The most uncertain contributor to the interannual global uptake variability is land, and the largest and primary land carbon flux is gross primary production (GPP). In this study, we aim to estimate the impact of the long-term (1951–2010) historical warming on the global terrestrial GPP. We use the Biosphere model integrating Eco-physiological And Mechanistic approaches using Satellite data (BEAMS ver.1.3) [*Sasai et al.*, 2016] forced by historical and nonwarming simulation climates of the Database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF) [*Mizuta et al.*, 2017]. This is a pioneer study to apply a diagnostic GPP estimation approach on the large-size ensembles climate data to simulate the long-term global GPP.

First, we evaluated the surface d4PDF climatology in comparison with existing modern datasets, including reanalyses, and discussed the benefits and limitations of the database in the studies of the terrestrial carbon fluxes. Second, we validated the BEAMS GPP forced by d4PDF data against observations and evaluated the BEAMS performance against existing GPP grid-datasets by other approaches (data-driven datasets and process-driven models). Finally, we discussed the impact of the long-term historical warming on the global GPP in terms of decadal trends and density histograms.

We confirmed that d4PDF surface climatology is appropriate for use in the studies of the terrestrial carbon fluxes, and d4PDF historical climate data is comparable to existing modern datasets. BEAMS estimated both the magnitude and decadal trends of the global terrestrial GPP realistically by using the benefits of the diagnostic approach. The global long-term (1951–2010) mean GPP equaled 144.0 ±2.3 GtC $year^{-1}$ for historical and 140.3 ±1.3 GtC $year^{-1}$ for nonwarming climates. The accumulated increase of the historical warming-induced GPP equaled 184.8 ±5.8 GtC for the period of 1951–2010 and accounted for nearly half of all anthropogenic emissions. The GPP increase intensified over time. The density histogram analyses showed that the global GPP distribution in the present (2001–2010) share neither the mean nor spread of GPP in the nonwarming climate.
This study provides the evidence of the impact of long-term historical warming on the global GPP by a novel approach using the benefits of the diagnostic model and large-size ensemble climate data.

Keywords: GPP, climate change, BEAMS, diagnostic approach, large-size ensemble, d4PDF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、座長:宮崎 雄三(北海道大学 低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学 低温科学研究所)

海洋における様々な時空間スケールでの水塊混合、化学物質の種類や量、海洋微生物の活動度が大気中の生物起源ガスやエアロゾルの生成を駆動することが知られているが、一連のプロセスや生成量の詳細は未解明な点が多い。さらに、海洋大気中の生物起源ガスやエアロゾルは、大気化学反応を介して、雲生成と放射収支や海洋ー大気間の炭素・窒素循環に関わり、海洋微生物の活動にフィードバックすると考えられる。本セッションでは、海洋混合・物質循環、植物プランクトン・微生物増殖、揮発性有機化合物（VOCs）・海洋大気エアロゾル生成など海洋から大気に至る一連の研究、国際コアプロジェクトSurface Ocean-Lower Atmosphere Study（SOLAS）に関わる内容も含め、海洋ー大気間の生物地球化学的な相互作用を含むプロセスの議論および理解を目指す。

10:45 ~ 11:00

[ACG42-01] 海氷内部でのブロモホルム生成と大気への放出について

*野村 大樹[1]、大木 淳之[1]、Ellen Damm[2]、Gerhard Dieckmann[2]、Bruno Delille[3]、Markus Frey[4]、Mats Granskog[5]、Klaus Meiners[6,7]、Anna Silyakova[8]、田村 岳史[9]、Jean-Louis Tison[10]、山下 洋平[11] (1.北海道大学大学院水産科学研究院、2.Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany、3.Université de Liège, Liège, Belgium.、4.British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom.、5.Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway.、6.Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia.、7.Australian Antarctic Division, Kingston, Australia.、8.Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway.、9.国立極地研究所、10.Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium.、11.北海道大学大学院地球環境科学研究院)

11:00 ~ 11:15

[ACG42-02] **Accumulation processes of trace metals into arctic sea ice: distribution of Fe, Mn and Cd associated with ice structure**

*La Kenya Evans[1]、Jun Nishioka[1] (1.Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University)

11:15 ~ 11:30

[ACG42-03] **海洋地球研究船「みらい」における南北両半球広緯度帯での外洋大気オゾン観測：西太平洋赤道域ではハロゲン化学が重要か?**

*金谷 有剛[1]、宮崎 和幸[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1]、高島 久洋[1,2]、駒崎 雄一[1]、潘 小楽[3,1]、加藤 咲[2]、須藤 健悟[4,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.福岡大学、3.中国科学院大気物理研究所、4.名古屋大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG42-04] 太平洋赤道域で発見された低い窒素同位体組成を持つ硝酸エアロゾルが示す海洋-大気における窒素リサイクル

*服部 祥平[1]、亀崎 和輝[1]、岩本 洋子[2]、石野 咲子[1]、植松 光夫[3]、三浦 和彦[4]、吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2.広島大学、3.東京大学、4.東京理科大学)

11:45 ~ 12:00

[ACG42-05] **北太平洋亜熱帯域における海洋大気エアロゾル中の水溶性有機態窒素の起源**

*土橋 司[1,2]、宮崎 雄三[1]、立花 英里[1]、岩本 洋子[3]、高橋 一生[4]、堀井 幸子[4]、Wong Shu-Kuan[5]、浜崎 恒二[5] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.広島大学大学院生物圏科学研究科、4.東京大学大学院農学生命科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACG42-06] Impacts of ammonia on gas-particle partition and AWC during the 2016 APHH-Beijing campaign: inducing effects of nitrate ammonium

*baozhu Ge[1]、Xiaobin Xu[2]、Zhiqiang Ma[3]、Xiaole PAN[1]、Zhe WANG[1,4]、Weili Lin[5]、Bin Ouyang[6]、Danhui Xu[1]、James Lee[7]、Mei Zheng[8]、Dongsheng Ji[1]、Yele Sun[1]、Huabin Dong[8]、Freya Anne Squires[7]、Pingqing Fu[1]、Zifa Wang[1] (1.State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory for Atmospheric Chemistry of China Meteorological Administration, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China、3.Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing, China、4.Research Institute for Applied Mechanics (RIAM), Kyushu University, Fukuoka, Japan、5.College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China、6.Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK、7.National Centre for Atmospheric Science Department of Chemistry, University of York, York, YO10 5DD, UK、8.State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing, 100871, China)

海氷内部でのブロモホルム生成と大気への放出について
Production of bromoform in sea ice and emission to the atmosphere

*野村 大樹[1]、大木 淳之[1]、Ellen Damm[2]、Gerhard Dieckmann[2]、Bruno Delille[3]、Markus Frey[4]、Mats Granskog[5]、Klaus Meiners[6,7]、Anna Silyakova[8]、田村 岳史[9]、Jean-Louis Tison[10]、山下 洋平[11]
*Daiki Nomura[1], Atsushi Ooki[1], Ellen Damm[2], Gerhard Dieckmann[2], Bruno Delille[3], Markus Frey[4], Mats Granskog[5], Klaus Meiners[6,7], Anna Silyakova[8], Takeshi Tamura[9], Jean-Louis Tison[10], Youhei Yamashita[11]

1. 北海道大学大学院水産科学研究院、2. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany、3. Université de Liège, Liège, Belgium.、4. British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom.、5. Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway.、6. Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia.、7. Australian Antarctic Division, Kingston, Australia.、8. Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway.、9. 国立極地研究所、10. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium.、11. 北海道大学大学院地球環境科学研究院
1. Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 2. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany, 3. Université de Liège, Liège, Belgium., 4. British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom., 5. Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway., 6. Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia., 7. Australian Antarctic Division, Kingston, Australia., 8. Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway., 9. National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan., 10. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium., 11. Graduate School of Environmental Sceince, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

Bromoform ($CHBr_3$) is one of the important bromine containing volatile halocarbons that are involved in ozone depletion in the atmosphere. Although the possible source of reactive bromine species from snow and sea ice has been discussed, mechanisms that control $CHBr_3$ production within sea ice and emission to the atmosphere remain unclear. Here, we show evidence of massive $CHBr_3$ production at sea ice surface-snow interfaces and its strong emission to the atmosphere from five field-campaigns to the Arctic Ocean, the Southern Ocean, and the Sea of Okhotsk in the winter and spring, in addition to supporting laboratory experiments. We found that the ice-related strong $CHBr_3$ emission was linked to the production of the $CHBr_3$ at the snow-sea ice interface through the haloform reaction. Our results suggest that sea ice acts as a strong $CHBr_3$ source for the atmosphere, indicating a significant contribution to the atmospheric bromine cycle.

キーワード：海氷、ブロモホルム、極域海洋
Keywords: sea ice, bromoform, polar ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Accumulation processes of trace metals into arctic sea ice: distribution of Fe, Mn and Cd associated with ice structure

*La Kenya Evans[1], Jun Nishioka[1]

1. Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University

Increased loss of Arctic summer sea ice can influence the cycling of biogeochemical materials (trace metals, nutrients, etc.), affecting seawater’ s biology and chemistry. Sea ice is important for the supply of biogeochemical materials, especially trace metals, to the surface waters of the polar oceans; but its role is not clear. Understanding the accumulation and release mechanisms into Arctic sea ice will clarify the geochemical behaviour of trace metals. This study compared dissolved (D) and labile particulate (LP) Fe, Mn, and Cd to the observed sea ice structure from a single Arctic sea ice core. The structure of sea ice reflects the process of ice formation, which may aid in the determination of accumulation processes. Using photographic analysis for the percentage of pore microstructure and $\delta^{18}O$ analysis, sea ice structure was observed as: snow, granular (frazil), mixed (granular and columnar) and columnar ice. Salinity and nutrients were low, indicating brine drainage and multi-year ice. High trace metal concentrations in snow ice indicated meteoric snow as a source and accumulation during snow ice formation. High concentrations of LPFe in granular ice indicated accumulation via suspension freezing by frazil ice followed by entrainment. Dissolved Mn and Cd accumulated in snow and granular ice through chemical transformation processes. Elevated DMn and DCd in granular ice resulted from the reduction and release from accumulated Fe and Mn oxides. Elevated DMn and DCd in snow ice may have been due to the photochemical reduction of LPFe and LPMn. Low trace metal concentrations in mixed and columnar ice indicated trace metal release due to brine drainage. Our study clearly indicated that the differences observed in trace metals, within sea ice structure, showed that sea ice formation, chemical reduction and brine release were the processes behind trace metal accumulation and release in this Arctic sea ice.

Keywords: Trace Metals, Dissolved , Labile Particulate , Sea Ice Structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋地球研究船「みらい」における南北両半球広緯度帯での外洋大気オゾン観測：西太平洋赤道域ではハロゲン化学が重要か?
Is halogen chemistry responsible for low ozone levels observed over western Pacific equatorial region? - From observations on R/V Mirai

*金谷 有剛[1]、宮崎 和幸[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1]、高島 久洋[1,2]、駒崎 雄一[1]、潘 小楽[3,1]、加藤 咲[2]、須藤 健悟[4,1]
*Yugo Kanaya[1], Kazuyuki Miyazaki[1], Fumikazu Taketani[1], Takuma Miyakawa[1], Hisahiro Takashima[1,2], Yuichi Komazaki[1], Xiaole PAN[3,1], Saki Kato[2], Kengo Sudo[4,1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2. 福岡大学、3. 中国科学院大気物理研究所、4. 名古屋大学
1. Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Fukuoka University, 3. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, China, 4. Nagoya University

対流圏オゾン化学やその気候インパクトを地球規模で十分に明らかにするためには、陸上での観測に加えて、洋上大気でのオゾン濃度測定が重要である。我々は2012～2017年にかけて、海洋地球研究船「みらい」での24航海（またはレグ）において、1万時間超の外洋上オゾン・一酸化炭素(CO)濃度観測を実施し、データを公開している(Kanaya et al., Atmos. Chem. Phys. Disc., 2019)。観測範囲は南大洋・インド洋・太平洋・北極海に及び、67˚ S～75˚ Nの広い緯度帯をカバーしているため、全球化学輸送モデルからの洋上オゾン分布を評価するのに適している。本発表では、得られた観測データの統計的な特徴や地理的分布、気塊の起源について概観したのち、大気化学輸送モデルCHASERへ多化学種の衛星観測を同化して得られた、対流圏化学再解析データversion 2 (TCR-2)のオゾン濃度場を本観測によって評価して結果を示す。とくに、西太平洋赤道域(125–165˚E, 10˚S –25˚N)において、10ppbを下回るレベルの低オゾン濃度が、TCR-2や化学気候モデル相互比較ACCMIPでのモデル結果と比べて高頻度に観測された点に注目する。観測に対するTCR-2での過大評価に関する差分濃度は、165–180˚E, 15 –30˚ Nを満たす海域上に気塊が滞在した時間と正相関することがわかった。また、その海域上での気塊滞在中に、0.25 ppb h^{-1}の追加消失項があれば、観測データがよく再現されることがわかった。ハロゲン化学が本研究で扱ったモデル計算では共通して考慮されておらず、ヨウ素化学などによる対流圏オゾン破壊がこの海域で活発である可能性が示唆された。海洋表層から大気へのハロゲン類供給過程や、境界面での不均一反応について今後追究することが重要である。我々の洋上での観測データは、陸上を中心とするTropospheric Ozone Assessment Report (TOAR)での観測データセットと相補的あり、対流圏オゾンの全球像解明に資するものと考えている。

キーワード：洋上大気組成観測、オゾン未知消失過程、ハロゲン類、西太平洋赤道域
Keywords: Over-ocean atmospheric composition observations, Missing sink of ozone, Halogens, Western Pacific equatorial region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太平洋赤道域で発見された低い窒素同位体組成を持つ硝酸エアロゾルが示す海洋-大気における窒素リサイクル

Very low $\delta^{15}N$ of atmospheric nitrate found in the earstern equatorial Pacific and its implication to dynamic nitrogen recycle between ocean and lower atmosphere

*服部 祥平[1]、亀崎 和輝[1]、岩本 洋子[2]、石野 咲子[1]、植松 光夫[3]、三浦 和彦[4]、吉田 尚弘[1]
*Shohei Hattori[1], Kazuki Kamezaki[1], Yoko Iwamoto[2], Sakiko Ishino[1], Mitsuo Uematsu[3], Kazuhiko Miura[4], Naohiro Yoshida[1]

1. 東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2. 広島大学、3. 東京大学、4. 東京理科大学
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 2. Hiroshima University, 3. University of Tokyo, 4. Tokyo University of Science

Atmospheric nitrogen sources in the marine boundary layer of the remote ocean have been known to include long-range transport (LRT) of anthropogenic pollutants, and the LRT of anthropogenic atmospheric particulate nitrate ($p\text{-}NO_3^-$) within the free troposphere has been observed in regions influenced by westerlies from the Asian continent over Pacific Ocean. This traditional paradigm that the ocean is considered a passive recipient of anthropogenic N deposition can be applied western north Pacific regions. However, for the equatorial Pacific under the influence of pristine air, the sources of such $p\text{-}NO_3^-$ remain unresolved. To address this, we present $\delta^{15}N$ of $p\text{-}NO_3^-$ collected over the Pacific Ocean between 40˚S and 68˚N on two cruises, carried out by the Research Vessel *Hakuho Maru*, and estimated $\delta^{15}N$ of source NO_x of each sample. We categorized six marine regions within the Pacific Ocean, based on backward trajectory analysis to determine their source regions and various ion concentrations to assess whether anthropogenic or non-anthropogenic sources were dominant.

We found remarkably low $\delta^{15}N(NO_x)$ values for the equatorial Pacific regions compared to those in other regions over Pacific Ocean. These low source $\delta^{15}N(NO_x)$ values cannot be explained using conventional NO_x apportionment. Given that the eastern equatorial Pacific is one of the biologically active ocean regions resulted from upwelling water, here we postulate the alternative biogenic nitrogen source (NH_3 or alkyl nitrate) in this region. In the presentation, we will discuss important feature of self-recycle process of nitrogen between ocean and lower atmosphere in the eastern equatorial Pacific. We will also discuss its implication to nitrogen deposition for this region, which may contribute to new marine biological production and/or nitrous oxide emissions.

キーワード：硝酸、安定同位体、太平洋、赤道域
Keywords: Nitrate, Stable Isotopes, Pacific Ocean, Equatorial Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋亜熱帯域における海洋大気エアロゾル中の水溶性有機態窒素の起源

Origin of water-soluble organic nitrogen in marine atmospheric aerosols in the subtropical North Pacific

*土橋 司[1,2]、宮崎 雄三[1]、立花 英里[1]、岩本 洋子[3]、高橋 一生[4]、堀井 幸子[4]、Wong Shu-Kuan[5]、浜崎 恒二[5]

*Tsukasa Dobashi[1,2], Yuzo Miyazaki[1], Eri Tachibana[1], Yoko Iwamoto[3], Kazutaka Takahashi[4], Sachiko Horii[4], Shu-Kuan Wong[5], Koji Hamasaki[5]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 広島大学大学院生物圏科学研究科、4. 東京大学大学院農学生命科学研究科、5. 東京大学大気海洋研究所

1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ., 2. Graduate School of Env. Sci., Hokkaido Univ., 3. Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima Univ., 4. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, Univ. of Tokyo, 5. Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo

海洋表層から放出される大気エアロゾルは太陽光の反射や吸収、雲の生成に深く関わることで大気の放射収支に影響を与えるなど、気候変動の重要な支配要因である。海洋表層から放出されるエアロゾル中の水溶性有機態窒素(WSON)は粒子の水溶性特性、酸性度、光吸収特性などの物理化学的性質に影響を与えると考えられるが、海洋大気エアロゾル中のWSONの起源に関する研究はほとんどない。本研究では、観測データが少ない北太平洋亜熱帯域での海洋大気エアロゾル中のWSONと関連する有機物組成の空間分布、および海洋表層の窒素固定生物を中心とする微生物活動との関係から、WSONの起源を明らかにすることを目的とした。

2017年8–10月に北太平洋亜熱帯域において学術研究船白鳳丸(KH-17-4航海)上で主に23ºN上の東西方向に粒径別エアロゾルを採取した。水溶性有機炭素(WSOC)とWSTNの測定は全窒素測定ユニット付き全有機炭素計を用い、無機態窒素(IN)の測定はイオンクロマトグラフを用い、WSON濃度はWSTNとINの濃度差により導出した。安定炭素同位体比（$\delta^{13}C$）は元素分析-同位体比質量分析計(EA-IR/MS)を用いて測定した。23ºNの航路上で得られたサブミクロンWSON濃度は、160ºW（ハワイ付近）を境に東側海域の平均濃度（5.9±6.0 ngN m^{-3}）が西側のそれ（2.2±2.0 ngN m^{-3}）より約2–3倍有意に高いなど、特徴的な経度分布が見られた。特に東側海域では水溶性全窒素(WSTN)に占めるWSONの質量割合は平均14.1%、最大約40%を占めており、海域によってはWSONの存在量の重要性が明らかになった。後方流跡線解析およびクロロフィル*a*濃度、エアロゾルの起源を示す$\delta^{13}C$の測定結果から、この海域でのWSONは大部分が海洋表層微生物に由来することが示唆された。エアロゾルの一次・二次生成指標（Na^+など）との相関から、観測されたWSONの多くは海洋から直接粒子として放出される一次生成ではなく、気体からの二次生成物であることが示唆された。さらに、粒径ごとのWSONと海洋表層での窒素固定速度が有意な相関を示したことから、WSONの生成プロセスとして、本海域での窒素固定生物(シアノバクテリアなど)によって生成された反応性窒素が、海洋表層から気体として放出され大気中でWSONエアロゾルが生成されるプロセスが初めて示唆された。

キーワード：有機態窒素、海洋大気エアロゾル、大気ー海洋間地球化学、窒素固定

Keywords: Organic nitrogen, Marine atmospheric aerosol, Biogeochemical linkage between atmosphere and ocean, Nitrogen fixation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impacts of ammonia on gas-particle partition and AWC during the 2016 APHH-Beijing campaign: inducing effects of nitrate ammonium

*baozhu Ge[1], Xiaobin Xu[2], Zhiqiang Ma[3], Xiaole PAN[1], Zhe WANG[1,4], Weili Lin[5], Bin Ouyang[6], Danhui Xu[1], James Lee[7], Mei Zheng[8], Dongsheng Ji[1], Yele Sun[1], Huabin Dong[8], Freya Anne Squires[7], Pingqing Fu[1], Zifa Wang[1]

1. State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China, 2. State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory for Atmospheric Chemistry of China Meteorological Administration, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China, 3. Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing, China, 4. Research Institute for Applied Mechanics (RIAM), Kyushu University, Fukuoka, Japan, 5. College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China, 6. Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK, 7. National Centre for Atmospheric Science Department of Chemistry, University of York, York, YO10 5DD, UK, 8. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing, 100871, China

Atmospheric NH_3 plays a vital role not only in the environmental ecosystem but also in atmosphere chemistry. To fully understand the effects of NH_3 on the formation of haze pollution in Beijing, ambient NH_3 and related species were measured at high resolutions during the wintertime Air Pollution and Human Health-Beijing (APHH-Beijing) campaign in 2016. Simulations were made to gain insights into impacts of NH_3 on the formation of secondary inorganic aerosols (SIAs) and regional fine particle pollution. We found that the total NH_x (gaseous NH_3+particle NH_4^+) was mostly in excess of the SO_4^{2-}-NO_3^--NH_4^+-water equilibrium system during our campaign. This NH_x excess made medium aerosol acidity, with the median pH value being 3.6 and 4.5 for polluted and non-polluted conditions, respectively, and enhanced the formation of particle phase nitrate. During polluted periods, SIAs contributed most to $PM_{2.5}$ and were highly correlated with aerosol water content (AWC), indicating the importance of heterogeneous reactions in haze formation. Our analysis suggests that NH_4NO_3 is the most important factor driving the formation of AWC, with NO_3^- controlling the prior pollution stage and NH_4^+ the most polluted stage. Increased formation of NH_4NO_3 under excess NH_x, especially during the nighttime, may trigger the decreasing of aerosol DRH and hence lead to hygroscopic growth even under lower RH conditions and the wet aerosol particles become better medium for rapid heterogeneous reactions. A further increase of RH promotes the positive feedback "AWC-heterogeneous reactions" and ultimately leads to the formation of severe haze. Both our observational and modelling results suggest that the control of NH_3 may be more effective in reducing $PM_{2.5}$ under current emissions conditions in the North China Plain (NCP).

Keywords: Ammonia, partition, aerosol acidity, APHH-Beijing, PM2.5, NCP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)

海洋における様々な時空間スケールでの水塊混合、化学物質の種類や量、海洋微生物の活動度が大気中の生物起源ガスやエアロゾルの生成を駆動することが知られているが、一連のプロセスや生成量の詳細は未解明な点が多い。さらに、海洋大気中の生物起源ガスやエアロゾルは、大気化学反応を介して、雲生成と放射収支や海洋ー大気間の炭素・窒素循環に関わり、海洋微生物の活動にフィードバックすると考えられる。本セッションでは、海洋混合・物質循環、植物プランクトン・微生物増殖、揮発性有機化合物（VOCs）・海洋大気エアロゾル生成など海洋から大気に至る一連の研究、国際コアプロジェクトSurface Ocean-Lower Atmosphere Study（SOLAS）に関わる内容も含め、海洋ー大気間の生物地球化学的な相互作用を含むプロセスの議論および理解を目指す。

[ACG42-P01] Mixing States of Aged Black Carbon Collected over the Western North Pacific Ocean

*吉末 百花[1]、桃井 裕広[1]、足立 光司[2]、矢吹 正教[3]、森 樹大[1]、水津 明穂[4]、児玉 真一[1,4]、三浦 和彦[1]、植松 光夫[4] (1.東京理科大学、2.気象研究所、3.京都大学、4.東京大学)

[ACG42-P02] Influence of Deposition of Atmospheric Inorganic Nitrogen Compounds to Marine Ecosystem at Bay of Bengal

*竹谷 文一[1]、相田 真希[1]、山地 一代[1,2]、関谷 高志[1]、池田 恒平[3]、橋岡 豪人[1]、本多 牧生[1]、松本 和彦[1]、金谷 有剛[1] (1.海洋研究開発機構、2.神戸大学、3.国立環境研究所)

[ACG42-P03] Carbon isotopic characterization of organic aerosols in tropical marine atmosphere at the Maïdo high-altitude observatory, Reunion Island

Sharmine Simu[1]、*宮崎 雄三[1]、OCTAVE Science Team (1.北海道大学低温科学研究所)

Mixing States of Aged Black Carbon Collected over the Western North Pacific Ocean

*吉末 百花[1]、桃井 裕広[1]、足立 光司[2]、矢吹 正教[3]、森 樹大[1]、水津 明穂[4]、児玉 真一[1,4]、三浦 和彦[1]、植松 光夫[4]
*Momoka Yoshizue[1], Masahiro Momoi[1], Kouji Adachi[2], Masanori Yabuki[3], Tatsuhiro Mori[1], Akiho Suizu[4], Shinichi Kodama[1,4], Kazuhiko Miura[1], Mitsuo Uematsu[4]

1. 東京理科大学、2. 気象研究所、3. 京都大学、4. 東京大学
1. Tokyo University of Science, 2. Meteorological Research Institute, 3. Kyoto University, 4. The University of Tokyo

Atmospheric aerosol particles can play a vital role in the climate change because they influence the radiative forcing on the Earth through absorbing and scattering of solar radiation. Especially, black carbon (BC) is known to a strong absorber of visible spectrum solar radiation in the atmosphere. However, its radiative forcing changes variably depending on its microphysical properties (e.g. mixing state, compositions, and shape). Therefore, it is important to accurately measure their parameters, especially, over the ocean because the observation is limited. In this study, the morphology and chemical compositions of marine aerosol particles including BC over the western north Pacific Ocean were analyzed by the individual particle analyses.

Measurement and samplings of atmospheric aerosol particles were carried out during the R/V Hakuho-Maru cruise (14-30/11/2017). The ambient BC mass concentrations were measured by a particle soot/absorption photometer (PSAP). In this study, we focused on relatively high BC mass concentration events over the western north Pacific Ocean at 26.62˚N, 137.93˚E and at 25.51˚N, 135.77˚E on 19/11/2017. The aerosols collected in both events were analyzed using a transmission electron microscope and an energy dispersive X-ray spectrometer.

In both samples, most BCs were embedded in sulfate particles that have organic coatings. Only a few BCs were attached to sea-salt particles. The backward trajectory analyses suggested that the air masses of both events passed through the land of China and Japan. These results indicate that BCs were emitted in or around the land, and then SO_2 condensed on their surface before organic carbon condensed during transportation. Our result is useful to understand the aging process of BC over the ocean.

キーワード：海洋性エアロゾル、ブラックカーボン、硫酸塩、オーガニックカーボン、西部北太平洋、TEM-EDX
Keywords: Marine atmospheric aerosol, Black carbon, Sulfate, Organic carbon, The western north Pacific Ocean, TEM-EDX

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of Deposition of Atmospheric Inorganic Nitrogen Compounds to Marine Ecosystem at Bay of Bengal

*竹谷 文一[1]、相田 真希[1]、山地 一代[1,2]、関谷 高志[1]、池田 恒平[3]、橋岡 豪人[1]、本多 牧生[1]、松本 和彦[1]、金谷 有剛[1]
*Fumikazu Taketani[1], Maki Noguchi Aita[1], Kazuyo Yamaji[1,2], Takashi Sekiya[1], Kohei Ikeda[3], Taketo Hashioka[1], Makio Honda[1], Kazuhiko Matsumoto[1], Yugo Kanaya[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 神戸大学、3. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kobe University, 3. National Institute for Environmental Studies

To investigate the influence for the deposition of inorganic nitrogen compounds derived from the continent on the marine ecosystem at Bay of Bengal (BOB) in the North East Indian Ocean, we performed numerical simulations with and without atmospheric deposition of inorganic nitrogen compounds, using a 3-D lower trophic-marine ecosystem model (COCO-NEMURO), coupled with an atmospheric regional chemical transport model (WRF-CMAQ). The monthly mean data of wet and dry deposition of inorganic nitrogen compounds consisted of gases (HNO_3 and NH_3) and aerosol particles (NO_3^- and NH_4^+) at BOB region in 2009 –2016 produced by WRF-CMAQ were inputted to the COCO-NEMURO as a new nitrogen nutrient supplying process from the atmosphere. The results indicated that monthly average chlorophyll mass concentration at the surface in BOB was significant increase. This study indicates that the supply of atmospheric inorganic nitrogen compounds from continent to the BOB could lead to a high nutrient impact on the marine ecosystem within the subtropical region.

キーワード：沈着、ベンガル湾、海洋生態系、栄養塩
Keywords: Deposition, Bay of Bengal, Marine Ecosystem, nutrient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon isotopic characterization of organic aerosols in tropical marine atmosphere at the Maïdo high-altitude observatory, Reunion Island

Sharmine Simu[1]、*宮崎 雄三[1]、OCTAVE Science Team
Sharmine Akter Simu[1], *Yuzo Miyazaki[1], OCTAVE Science Team

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Ocean-derived atmospheric aerosols can affect radiative forcing via formation of cloud droplets and ice nuclei as well as biogeochemical cycle of bioelements. Moreover, oxygenated volatile organic compounds (OVOCs) give significant impact on the atmospheric oxidative capacity and climate, which serve as key precursors of climatically active secondary organic aerosol (SOA) in the marine boundary layer. Atmospheric reactions of OVOCs and aerosols are closely linked to those of halogens, emissions of which are significant in the tropical oceans. However, current atmospheric models significantly underestimate the budget of OVOCs as well as SOA especially over tropical oceans, primarily due to poor knowledge of sources and paucity of observations of these parameters in tropical remote regions.
To improve our knowledge on the role of tropical oceans in the formation of atmospheric organic aerosols, size-segregated aerosol sampling was conducted for the first time at the Maïdo observatory (2,200m a.s.l) in Reunion Island in the Indian Ocean. The aerosol measurements were made during the Oxygenated Compounds in the Tropical Atmosphere–Variability and Exchanges (OCTAVE) project in March-June 2018, with integrated approach combining in situ/off-line measurements, satellite retrievals, and modelling. Stable carbon isotopic compositions together with molecular characterization of organic aerosols showed clear seasonal changes with significant contribution of marine sources to the observed aerosols in March when the microbial activity in sea surface was most active in that oceanic region. The effect of the changes in conditions of marine boundary layer and free troposphere on the observed organic aerosols are also discussed.

キーワード：海洋大気有機エアロゾル、OVOCs、熱帯海洋大気、ハロゲン化学
Keywords: Marine atmospheric organic aerosol, OVOCs, Tropical marine atmosphere, Halogen chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)

海洋における様々な時空間スケールでの水塊混合、化学物質の種類や量、海洋微生物の活動度が大気中の生物起源ガスやエアロゾルの生成を駆動することが知られているが、一連のプロセスや生成量の詳細は未解明な点が多い。さらに、海洋大気中の生物起源ガスやエアロゾルは、大気化学反応を介して、雲生成と放射収支や海洋ー大気間の炭素・窒素循環に関わり、海洋微生物の活動にフィードバックすると考えられる。本セッションでは、海洋混合・物質循環、植物プランクトン・微生物増殖、揮発性有機化合物（VOCs）・海洋大気エアロゾル生成など海洋から大気に至る一連の研究、国際コアプロジェクトSurface Ocean-Lower Atmosphere Study（SOLAS）に関わる内容も含め、海洋ー大気間の生物地球化学的な相互作用を含むプロセスの議論および理解を目指す。

[ACG42-P01] Mixing States of Aged Black Carbon Collected over the Western North Pacific Ocean

*吉末 百花[1]、桃井 裕広[1]、足立 光司[2]、矢吹 正教[3]、森 樹大[1]、水津 明穂[4]、児玉 真一[1,4]、三浦 和彦[1]、植松 光夫[4] (1.東京理科大学、2.気象研究所、3.京都大学、4.東京大学)

[ACG42-P02] Influence of Deposition of Atmospheric Inorganic Nitrogen Compounds to Marine Ecosystem at Bay of Bengal

*竹谷 文一[1]、相田 真希[1]、山地 一代[1,2]、関谷 高志[1]、池田 恒平[3]、橋岡 豪人[1]、本多 牧生[1]、松本 和彦[1]、金谷 有剛[1] (1.海洋研究開発機構、2.神戸大学、3.国立環境研究所)

[ACG42-P03] Carbon isotopic characterization of organic aerosols in tropical marine atmosphere at the Maïdo high-altitude observatory, Reunion Island

Sharmine Simu[1]、*宮崎 雄三[1]、OCTAVE Science Team (1.北海道大学低温科学研究所)

Mixing States of Aged Black Carbon Collected over the Western North Pacific Ocean

*吉末 百花[1]、桃井 裕広[1]、足立 光司[2]、矢吹 正教[3]、森 樹大[1]、水津 明穂[4]、児玉 真一[1,4]、三浦 和彦[1]、植松 光夫[4]
*Momoka Yoshizue[1], Masahiro Momoi[1], Kouji Adachi[2], Masanori Yabuki[3], Tatsuhiro Mori[1], Akiho Suizu[4], Shinichi Kodama[1,4], Kazuhiko Miura[1], Mitsuo Uematsu[4]

1. 東京理科大学、2. 気象研究所、3. 京都大学、4. 東京大学
1. Tokyo University of Science, 2. Meteorological Research Institute, 3. Kyoto University, 4. The University of Tokyo

Atmospheric aerosol particles can play a vital role in the climate change because they influence the radiative forcing on the Earth through absorbing and scattering of solar radiation. Especially, black carbon (BC) is known to a strong absorber of visible spectrum solar radiation in the atmosphere. However, its radiative forcing changes variably depending on its microphysical properties (e.g. mixing state, compositions, and shape). Therefore, it is important to accurately measure their parameters, especially, over the ocean because the observation is limited. In this study, the morphology and chemical compositions of marine aerosol particles including BC over the western north Pacific Ocean were analyzed by the individual particle analyses.

Measurement and samplings of atmospheric aerosol particles were carried out during the R/V Hakuho-Maru cruise (14-30/11/2017). The ambient BC mass concentrations were measured by a particle soot/absorption photometer (PSAP). In this study, we focused on relatively high BC mass concentration events over the western north Pacific Ocean at 26.62˚N, 137.93˚E and at 25.51˚N, 135.77˚E on 19/11/2017. The aerosols collected in both events were analyzed using a transmission electron microscope and an energy dispersive X-ray spectrometer.

In both samples, most BCs were embedded in sulfate particles that have organic coatings. Only a few BCs were attached to sea-salt particles. The backward trajectory analyses suggested that the air masses of both events passed through the land of China and Japan. These results indicate that BCs were emitted in or around the land, and then SO_2 condensed on their surface before organic carbon condensed during transportation. Our result is useful to understand the aging process of BC over the ocean.

キーワード：海洋性エアロゾル、ブラックカーボン、硫酸塩、オーガニックカーボン、西部北太平洋、TEM-EDX
Keywords: Marine atmospheric aerosol, Black carbon, Sulfate, Organic carbon, The western north Pacific Ocean, TEM-EDX

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of Deposition of Atmospheric Inorganic Nitrogen Compounds to Marine Ecosystem at Bay of Bengal

*竹谷 文一[1]、相田 真希[1]、山地 一代[1,2]、関谷 高志[1]、池田 恒平[3]、橋岡 豪人[1]、本多 牧生[1]、松本 和彦[1]、金谷 有剛[1]
*Fumikazu Taketani[1], Maki Noguchi Aita[1], Kazuyo Yamaji[1,2], Takashi Sekiya[1], Kohei Ikeda[3], Taketo Hashioka[1], Makio Honda[1], Kazuhiko Matsumoto[1], Yugo Kanaya[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 神戸大学、3. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kobe University, 3. National Institute for Environmental Studies

To investigate the influence for the deposition of inorganic nitrogen compounds derived from the continent on the marine ecosystem at Bay of Bengal (BOB) in the North East Indian Ocean, we performed numerical simulations with and without atmospheric deposition of inorganic nitrogen compounds, using a 3-D lower trophic-marine ecosystem model (COCO-NEMURO), coupled with an atmospheric regional chemical transport model (WRF-CMAQ). The monthly mean data of wet and dry deposition of inorganic nitrogen compounds consisted of gases (HNO_3 and NH_3) and aerosol particles (NO_3^- and NH_4^+) at BOB region in 2009 –2016 produced by WRF-CMAQ were inputted to the COCO-NEMURO as a new nitrogen nutrient supplying process from the atmosphere. The results indicated that monthly average chlorophyll mass concentration at the surface in BOB was significant increase. This study indicates that the supply of atmospheric inorganic nitrogen compounds from continent to the BOB could lead to a high nutrient impact on the marine ecosystem within the subtropical region.

キーワード：沈着、ベンガル湾、海洋生態系、栄養塩
Keywords: Deposition, Bay of Bengal, Marine Ecosystem, nutrient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon isotopic characterization of organic aerosols in tropical marine atmosphere at the Maïdo high-altitude observatory, Reunion Island

Sharmine Simu[1]、*宮崎 雄三[1]、OCTAVE Science Team
Sharmine Akter Simu[1], *Yuzo Miyazaki[1], OCTAVE Science Team

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Ocean-derived atmospheric aerosols can affect radiative forcing via formation of cloud droplets and ice nuclei as well as biogeochemical cycle of bioelements. Moreover, oxygenated volatile organic compounds (OVOCs) give significant impact on the atmospheric oxidative capacity and climate, which serve as key precursors of climatically active secondary organic aerosol (SOA) in the marine boundary layer. Atmospheric reactions of OVOCs and aerosols are closely linked to those of halogens, emissions of which are significant in the tropical oceans. However, current atmospheric models significantly underestimate the budget of OVOCs as well as SOA especially over tropical oceans, primarily due to poor knowledge of sources and paucity of observations of these parameters in tropical remote regions.
To improve our knowledge on the role of tropical oceans in the formation of atmospheric organic aerosols, size-segregated aerosol sampling was conducted for the first time at the Maïdo observatory (2,200m a.s.l) in Reunion Island in the Indian Ocean. The aerosol measurements were made during the Oxygenated Compounds in the Tropical Atmosphere–Variability and Exchanges (OCTAVE) project in March-June 2018, with integrated approach combining in situ/off-line measurements, satellite retrievals, and modelling. Stable carbon isotopic compositions together with molecular characterization of organic aerosols showed clear seasonal changes with significant contribution of marine sources to the observed aerosols in March when the microbial activity in sea surface was most active in that oceanic region. The effect of the changes in conditions of marine boundary layer and free troposphere on the observed organic aerosols are also discussed.

キーワード：海洋大気有機エアロゾル、OVOCs、熱帯海洋大気、ハロゲン化学
Keywords: Marine atmospheric organic aerosol, OVOCs, Tropical marine atmosphere, Halogen chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[H-GM03] Geomorphology

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:Thomas Parkner、八反地 剛

The main subject of this session is interdisciplinary discussion on the whole range of themes relating to geomorphology, especially geomorphic processes, landform development and its relation to environmental changes, geomorphological hazards and their mitigation, relationships among geomorphic processes, other natural phenomena and human activities, and various techniques of geomorphological measurements and landform classification. All presentations and discussion of this session are made in English.

13:45 ~ 14:00

[HGM03-01] Surface structure as a control for gully complex development in the Mackey`s block, North Island, New Zealand

*Thomas Parkner[1] (1.University of Tsukuba, Graduate School of Life and Environmental Sciences)

14:00 ~ 14:15

[HGM03-02] Model Linking Landslides and River Evolution of Incisional Channel Created by River Erosion

*Chia-Ting Kao[1]、Gene Jiing-yun You[1] (1.National Taiwan University)

14:15 ~ 14:30

[HGM03-03] **A semi-automated method for extracting channels and channel profiles from LiDAR-derived digital elevation models**

*Pinliang Dong[1] (1.University of North Texas)

14:30 ~ 14:45

[HGM03-04] Laboratory experiments on the landform development

*大内 俊二[1] (1.中央大学理工学部)

14:45 ~ 15:00

[HGM03-05] Characteristics of lake sediment from southern part of Mongolia and comparison to meteorological data

*Uyangaa Udaanjargal[1]、Noriko Hasebe[1]、Keisuke Fukushi[1]、Tanaka Yukiya[2]、Davaadorj Davaasuren[4]、Makoto Sambo[1]、Baasansuren Gankhurel[1]、Nagayoshi Katsuta[3]、Shinya Ochiai[1]、Tuvshin Gerelmaa[4] (1.Kanazawa University、2.Kyunghee University、3.Gifu University、4.National University of Mongolia)

15:00 ~ 15:15

[HGM03-06] **Evaluation of geomorphological changes on Kujukuri beach based on UAV SfM**

*Mergen Kungaa[1]、Toshihiko Sugai[1]、Natsuki Sasaki[1]、Taiga Kimori[1]、Taro Funatsu (1.Tokyo University, Graduate School of Frontier Sciences, Department of Natural Environmental Studies)

Surface structure as a control for gully complex development in the Mackey`s block, North Island, New Zealand

*Thomas Parkner[1]

1. University of Tsukuba, Graduate School of Life and Environmental Sciences

Gully erosion occurs on many steep, erosion-prone slopes. While most research focusses on gully formation by water erosion, gullies can also enlarge by mass movement processes. In New Zealand, such process combinations are named gully complexes. While concepts on gully complex development are available, material variability - other than lithology –is not included. In this study, development of gullies and gully complexes is analyzed by focusing on properties of the initial surface into with gullies and gully complexes erode to relate gully orientation and erosion intensity to surface structure.

The study area consists of 12 headwater catchments in the Mackey`s Block, North Island, New Zealand. Bedrock consists of Cretaceous-aged, highly crushed and sheared mudstones and sandstones. Deforestation by European settlers at the beginning of the 20th century for pastoral farming was followed by reforestation for wood production from the 1980s. Sequential aerial photographs from 1939 to 2005 were interpreted to map mass movements and the development of gullies. Digital elevation models were extracted from aerial photography from 1957 to 2002 using ERDAS to relate surface structure to gully orientation and erosion intensity.

Mapping results indicate that prior to a severe gully erosion phase, which started shortly before the first aerial photography in 1939, the surface structure is charaterized by (revegetated) small gullies, deep-seated landsliding with double ridges, and shallow flows. Deep (few meters to 15m) gullies complexes incised at the toe of mass movement bodies and eroded upslope. Such gullies developed oversteepened sidewalls, which in turn initiate extensive mass movements at the gully walls. Erosion intensity increased suddenly, where gullies destabilized mass movement deposits. Above the deep gully complexes, shallow (about 1 -2m deep), hundreds of meter long gully arms extended along boundaries of mass movements. These results indicate that next to morphometric parameters (slope, catchment size), material type, vegetation change, and moisture conditions, the development of gully complexes is also controlled by surface structure.

Keywords: gully, mass movement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Model Linking Landslides and River Evolution of Incisional Channel Created by River Erosion

*Chia-Ting Kao[1], Gene Jiing-yun You[1]

1. National Taiwan University

Landslides produce enormous volumes of sediment in mountainous watersheds. However, quantifying landslide-derived sediment transported downstream remains a challenge. This study makes effort in determine the amount of landslide-derived sediment that eroded by the water and the ratio of sediment yield of this problem. We try to use a coupled two-dimensional model to investigate the evolution of landslide aggregation influenced by the channel flow.In this study, the shallow water equations consider the two-dimensional distribution flow velocity to estimate the shear stress. In addition, the Exner equation is applied to calculate the sediment transport the landslide aggregation evolution. By assuming constant inflow, the Exner equation can be derived as a diffusion equation. Besides, both of the two equations under a horizontal 2D straight, non-erodible banks, and no secondary flow channel can be derived as our governing equation which has the nonlinear terms, and the analytical method may not work to solve the two equations under the 2D condition. As a result, this study adopts the finite volume method to proceed this work. This proposed model will be able to have a better presentation in estimating the landslide-derived sediment in channel, and these sequences are expected to be useful indicators in the watershed management according to the predicted the upstream of watershed sediment yield .

Keywords: Landslide aggregation, River erosion, Finite volume method, Exner equation, Shallow water equations, Numerical modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A semi-automated method for extracting channels and channel profiles from LiDAR-derived digital elevation models

*Pinliang Dong[1]

1. University of North Texas

Stream channels are an integral part of hydrology, alluvial geomorphology and tectonic geomorphology, and have long been studied qualitatively and quantitatively. With the advent of digital elevation models (DEMs) and geographic information systems (GIS), several methods have been proposed to extract channels from raster DEMs. This presentation introduces a semi-automated method for extracting stream channels from high resolution DEMs. The methodology flowchart includes the following major steps: (1) channel detection, (2) mathematical morphological operation, (3) vectorization, (4) profile generation, and (5) accuracy assessment. The method is implemented as an ArcGIS Python add-in toolbar. The application of the toolbar is demonstrated using a LiDAR-derived DEM in a study area along the San Andreas Fault in California, USA.

Keywords: Stream channel, Digital elevation model, Geographic information system, Light detection and ranging (LiDAR), Python

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laboratory experiments on the landform development

*大内 俊二[1]
*Shunji Ouchi[1]

1. 中央大学理工学部
1. Faculty of Science and Engineering, Chuo University

Geomorphic experiments with uplift and rainfall erosion are expected to provide some important knowledge to interpret the development of landform, which has left only scarce and hard-to-find evidence. This type of experiments had not been conducted so often, probably because no one had a good idea to scale down the processes of landform development. In recent years, however, laboratory experiments on the development of landform were increasingly conducted for the purpose to verify numerical/analytical models, which have been promoted by the development of computer technology and the spread of DEM, while the fundamental problems of huge scale difference have not been solved yet. Some of these recent experiments demonstrated a certain mechanism or a law governing the experimental landform development, such as the self-organized criticality or the competition between diffusive hill slope transport and advective transport in channels, which was suggested by numerical analyses. This indicates the applicability of numerical models to the experimental landform, but not to the real landform yet, although the authors believed it. Real landforms we see today have developed in the geographical space through the historical time, and inevitably have infinite varieties. We can find landscapes similar to the experimentally formed landscapes somewhere in the world, but this does not mean that mechanisms or laws dominated in the experiment also work on the real landform. The experimental landform develops within a certain setting, which is restricted by the facilities and arranged for the purpose. We still have a lot to do before taking the experiments as a bridge between numerical models and natural landscapes. I have been conducting a series of geomorphic experiments with changing experimental settings (40 runs by now), and I here try to make clear the significance of experiments in the study of geomorphology on the basis of these experiments.
A mixture of fine sand and kaolinite (10:1 by weight) compacted in a square prism-shaped stainless container (ca. 60×60×40cm) is pushed up by the uplift-generating device put under the bottom plate of container. Mist-type rainfall is generated by a pump through spray nozzles. The results of experiments suggested the existence of two thresholds of uplift rate, which is the most important independent controlling factor. Below the lower threshold, fluvial erosion offsets the surface rising by slow uplift, and gentle landforms reflecting the mound erodibility and rainfall intensity appear (Characteristic relief phase). Above the upper threshold, uplift overwhelms and a massive mountain grows until it hits the limit of experimental facilities (Mountain building phase). When the uplift rate is between the lower and upper thresholds, average surface height stops increasing and changes around a certain height depending on the uplift rate, after valley systems develop and slopes grow enough to cause landslides (Steady state phase). This steady state phase is the most common condition through the series of experiments. Rainfall intensity is expected to affect the amount of surface flow; and therefore, the rate of erosion. Low rainfall generates less surface flow, and this reduces erosion and make the surface grow higher. Permeability of the sand mound is considered to have a similar effect concerning the surface flow. However, more permeable material, associated with lower sear strength, promotes slope failures even in the earlier stage. The surface, therefore, becomes lower even with less rainfall. These factors, which relate each other themselves, apparently have complex effects on the development of experimental landform. The relationships among these controlling factors can be compared to those concerning real landform. Revealing these relationships and their effects on the experimental landform is probably the key to make

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

geomorphic experiments meaningful in the study of geomorphology.

キーワード：地形実験、隆起、降雨強度、流水侵食、斜面崩壊、透水性
Keywords: geomorphic experiment, uplift, rainfall intensity, fluvial erosion, landslide, permeability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of lake sediment from southern part of Mongolia and comparison to meteorological data

*Uyangaa Udaanjargal[1], Noriko Hasebe[1], Keisuke Fukushi[1], Tanaka Yukiya[2], Davaadorj Davaasuren[4], Makoto Sambo[1], Baasansuren Gankhurel[1], Nagayoshi Katsuta[3], Shinya Ochiai[1], Tuvshin Gerelmaa[4]

1. Kanazawa University, 2. Kyunghee University, 3. Gifu University, 4. National University of Mongolia

Mongolia is located in center of the Central Asia and it provides an important key archive for the research of climate characteristics inside continents. Lake sediments are an excellent archive to study long-term fluctuations of environmental conditions (Gunten et al. 2009). Lake is the subject to a variety of extrinsic and intrinsic forcing variables that regulate the subsequent history of the lake, such as climate, watershed bedrock composition, tectonic and volcanic activity, vegetation, aquatic biota, and human activities (Gierlowski-Kordesch, 2004). To understand how climate system works in Mongolia and how we can extract information from the lake sediments, sediment cores of about 30 cm long from Boontsagaan, Orog and Olgoy lakes are analyzed and compared to the meteorological data (air temperature, precipitation and wind) of Galuut and Baatsagaan stations, Bayanhongor Province. The sedimentary features include whole and mineral grain size, grain density, water, organic matter, carbonate, and amorphous silica contents. Sedimentary ages were estimated by excess 210Pb measurement. According to the comparison between sediment characteristics and climate condition, temperature is correlated to whole grain size in three of lakes.

Further comparison reveals that calcium carbonate concentration, amorphous silica concentration, and mineral grain size correlate to temperature in Boontsagaan and Olgoy lakes. In Orog lake, wetter years with high wind and much rainfall result in fine grain size, while the high amount of $CaCO_3$and organic flux is found during the low precipitation. Some of the major fluctuations may indicate indirect consequence of climate change, for instance, some events such as the earthquake or a permafrost degradation.

Keywords: lakes , sediment characteristics, climate condition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of geomorphological changes on Kujukuri beach based on UAV SfM

*Mergen Kungaa[1], Toshihiko Sugai[1], Natsuki Sasaki[1], Taiga Kimori[1], Taro Funatsu

1. Tokyo University, Graduate School of Frontier Sciences, Department of Natural Environmental Studies

Nowadays, structure from motion (SfM) photogrammetry became a powerful tool in the hands of coastal researchers. During 2018-2019 we conducted 4 aerial survey by UAV on the 4 km long stretch on Kujukuri beach between Nabakigawa and Horikawa rivers, Chiba Prefecture. These 2 rivers separate research area from rest of 60-km long Kujukuri beach, forming separate morpho- and lithodynamical unit. The results of the research were high-resolution digital elevation models (DEM) and orthomosaics for February 2018, June 2018, September 2018 and February 2019. Based on DEM and orhomosaics we were able evaluate geomorphological changes throughout the year. From February 2018 to September 2018 we recorded active accumulation along the entire length of the beach. But accumulation intensity varied in different zones of beach as if foreshore, backshore or dunes. Also, the accumulation processes did not occur evenly for 7 months, but mostly intensified in the summer. From September 2018 to February 2019 erosional processes prevailed having different intensity at various sites. Thus, we were able to record in high resolution the process of transition from the winter profile of the beach to the summer profile and back.

Keywords: Coastal geomorphology, UAV SfM, Kujukuri beach

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[H-GM03] Geomorphology

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

The main subject of this session is interdisciplinary discussion on the whole range of themes relating to geomorphology, especially geomorphic processes, landform development and its relation to environmental changes, geomorphological hazards and their mitigation, relationships among geomorphic processes, other natural phenomena and human activities, and various techniques of geomorphological measurements and landform classification. All presentations and discussion of this session are made in English.

[HGM03-P01] Honeycomb Weathering (Tafoni) of Sandstone and Environmental Factors in Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

[HGM03-P02] Colluvial deposits in first-order streams and channel head migration by shallow landslides: Case study in granitic basins, Asaminami, Hiroshima, Japan

*八反地 剛[1]、児玉 龍也[2]、古市 剛久[3]、土志田 正二[4]、田中 靖[5] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学地球学類（元所属）、3.北海道大学、4.消防研究センター、5.駒澤大学)

[HGM03-P03] 河川の地形的特徴に対する岩質制限：モデル実験

*高瀬 裕太[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P04] Stream power modelに基づく岩盤河川の侵食速度と地形の発達段階

*今村 明弘[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P05] Downstream variation in gravel size of the Tenjin River system

*堀 和明[1]、米原 和哉[1] (1.名古屋大学環境学研究科地理学講座)

[HGM03-P06] Talus slope development in the time of deglaciation: a case study of the Rev Valley, SW Spitsbergen

*Krzysztof Senderak[1]、Marta Kondracka[1]、Bogdan Gądek[1] (1.Faculty of Earth Sciences, University of Silesia)

[HGM03-P07] **Distribution of Large Benthic Foraminifers in one of Majuro’s Conservation Areas – Drenmeo Island**

*Benedict Yamamura[1]、Kazuhiko Fujita[2]、Melba White[3]、Kyotak Ishiguro[3]、Hironobu Kan[1] (1.Kyushu University, Integrated Sciences for Global Society - Research Center for Coastal Seafloor 、2.Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus、3.Marshall Islands Marine Resources Authority)

[HGM03-P08] Luminescence chronology of fluvial and marine records from subsurface sediment cores: An insight into the geomorphic evolution of Kaveri delta, India

*kartika goswami[1]、Anbarasu Kumaresan[2]、Sivakumar Krishnan[2]、Senthil K. Sadasivam[2]、Manoj Kumar Jaiswal[1] (1.Department of Earth Sciences, Indian Institute of Science Education and Reserach Kolkata、2.National College Tiruchirappalli, India)

Honeycomb Weathering (Tafoni) of Sandstone and Environmental Factors in Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan

*尾方 隆幸[1]
*Takayuki Ogata[1]

1. 琉球大学島嶼防災研究センター
1. Disaster Prevention Research Center for Island Regions, University of the Ryukyus

Sandstone surfaces of Yonaguni Island (westernmost of the Ryukyu Arc) often show a honeycomb structure (tafoni) derived from physical disintegration in relation to salt weathering. Miocene sandstone (Yaeyama Group) is extensively exposed on the island surface, and forms sea cliffs along rocky coasts. The honeycomb structure is especially observed along the coasts where wave splashes produce wetting and drying processes assisted by strong wind and active evaporation. The geometry and density of tafoni seem to be controlled by vertical height from the sea level and horizontal distance of the coast line. Field observations at the rocky coasts of Yonaguni Island suggest that larger holes are developed along the north-faced coasts than the south-faced coasts, which depends mainly on the northeastern monsoon during the winter period.

キーワード：風化、砂岩、岩石海岸、タフォニ、モンスーン、八重山層群
Keywords: weathering, sandstone, rocky coast, tafoni, monsoon, Yaeyama group

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Colluvial deposits in first-order streams and channel head migration by shallow landslides: Case study in granitic basins, Asaminami, Hiroshima, Japan

*八反地 剛[1]、児玉 龍也[2]、古市 剛久[3]、土志田 正二[4]、田中 靖[5]
*Tsuyoshi Hattanji[1], Ryuya Kodama[2], Takahisa Furuichi[3], Shoji Doshida[4], Yasushi Tanaka[5]

1. 筑波大学生命環境系、2. 筑波大学地球学類（元所属）、3. 北海道大学、4. 消防研究センター、5. 駒澤大学
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. former College of Geoscience, University of Tsukuba, 3. Hokkaido University, 4. National Research Institute of Fire and Disaster, 5. Komazawa University

Relationship between dates of colluvial deposits and channel-head migration was examined in granitic mountains where a debris-flow disaster occurred in 2014. Topographic analysis using 1-m grid DEMs before and after the disaster indicates that post-event channel heads were located upslope from pre-event channel heads due to landslide or erosion by debris flow. Post-event channel heads with shallow landslides had strong inverse correlations between local slope and drainage area. Charcoal samples were collected in colluvial deposits of two post-event channel heads (A and B) where the channel heads migrated more than 50 m upslope with shallow landslides. The radiocarbon dates of the samples were 1162–1194 y BP for channel head A and 786 y BP for channel head B. Another sample was collected in colluvial deposits of a post-event channel head (C) with shallow landslide but no migration. The radiocarbon date of the sample at the channel head C was 670 y BP. These radiocarbon data explain contrasting intervals of landslide events in hollows. The channel head A with older radiocarbon dates has the longer interval of landslide events and therefore the valley head has been buried in longer distance (more than 50 m) along the channel since the last landslide event to 2014.

キーワード：高解像度数値標高モデル、微地形、放射性炭素年代測定、谷頭
Keywords: High-resolution DEM, Micro-topography, Radiocarbon dating, Valley head

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川の地形的特徴に対する岩質制限：モデル実験
Rock restrictions on topographical features of rivers: model experiment

*高瀬 裕太[1]、遠藤 徳孝[1]
*Yuta Takase[1], Noritaka Endo[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

山地河川流域は、下刻と側刻の両方によって発達する。例えば、側刻優勢で生育蛇行が発達し、下刻優勢では掘削蛇行が発達する。しかし、下刻と側刻の相対的な優劣を決定する要因が何であるかは、岩質の差異・河床勾配・流向の不均一性などが指摘されているものの、系統的な議論は十分なされていない。本研究では、岩盤強度と蛇行度の関係性、隆起の時系列パターンと蛇行発達の関係性を調べるために水路実験を行った。一様な基質を二次元的流路に切り込む単一チャネルを用意した。実験基盤には標準砂とカオリナイトの混合比を変えて配合した2種類の基盤を用いた。カオリナイトが多く含まれる高強度の基盤を強硬基盤、少ない低強度のものを軟弱基盤とする。実験流域に対する地盤隆起は、下流端の堰を下げることで再現する。

強硬基盤では軟弱基盤より多くの測定時間でknickpointが見られた。この結果は一次元水槽実験において岩盤強度が高いほどknickpointの後退速度は遅く、サイズは大きいという先行研究(Grimaud, 2016)と一致する。強硬基盤では軟弱基盤より高い蛇行度が出る傾向が見られ、従来の見解に反しているように思えるが、強硬基盤では軟弱基盤よりも高蛇行度の地形を長く維持できると考えられる。すべての実験において、隆起中の蛇行度より隆起後の蛇行度の方が高くなる傾向が見られた。隆起中は、河川の平衡状態が更新されて下方侵食が優勢になると考えられる。隆起と蛇行度の関係性の仮説がより確実になれば、河川の侵食強度と蛇行度から隆起に対する考察が可能になることが期待される。

キーワード：実験河川、蛇行度、岩盤強度、遷急点、隆起
Keywords: labo, sinuosity, bedrock strength, knickpoint, uplift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stream power modelに基づく岩盤河川の侵食速度と地形の発達段階
Stream power incision model and the stage of topographic equilibrium, using physical experiments

*今村 明弘[1]、遠藤 徳孝[1]
*Imamura Akihiro[1], Noritaka Endo[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

岩盤河川は、沖積河川に比べ地形発達の速度が遅く、このことにより研究があまり進んでいないが、地殻変動や気候変動など長期の環境変化の履歴を反映していることが期待される。河川のプロファイル（縦断形）について、下刻を流域面積と河床勾配の2つの変数のみでモデリングするstream power modelが広く利用される。Stream power modelに含まれるベキ指数および係数は、岩質や気候などの条件に対して決まる定数であると一般に考えられている。この関数と、山岳の存在を維持する隆起（造山運動）の速さを組み合わせて、河床の標高の時間変化を表す式が構成される。

この式を自然河川に適用する際、隆起速度は通常不明であるため、隆起と下刻が釣り合う平衡状態を仮定することが多い。この場合、河床勾配が流域面積のベキ関数で表されるFlint則が得られる。自然河川の地形データに対してこのベキ関数近似を行うことをSlope-Area分析と呼び、これによりstream power modelにおける流域面積のベキ指数mと河床勾配のベキ指数nの比、m/nが求まる。このm/nの値は縦断形の凹面度を表す指標として用いられる。また、自然地形の場合、隆起速度が不明であることが多いため、実用上その値を必要としない平衡状態を仮定するのが一般だが、山岳河川の多くは平衡状態にないという報告もある。流域が非平衡から平衡に至る過程でのstream power modelの適用妥当性は、隆起速度に加えて下刻速度も不明であることから自然地形に対して検証を行うのは難しい。

本研究は、制御された外部条件のもとでの地形発達が観察可能なアナログ実験を用いて、侵食速度とstream power modelに基づく指数m、nを時間発展の観点から地形の外的要因と河川縦断形の平衡状態の関係を考察することを目的とする。約90cm×160cmの実験水槽に、砂とクレイを混合した岩盤模擬資料を敷きつめ、スプリンクラーからミスト状の降雨を供給する。地形データは、一定時間毎に雨を止めて写真測量によって得る。①安定していた流域を初期地形とし、2cmのベースレベル低下を一回与え、そこから約5時間実験をつづけた地形と、②一様な隆起速度（4.5 mm/h）に対して安定した流域地形が形成された後、より速い一定隆起速度（6.0 mm/h）を作用させ、再び地形が落ち着くまで約6時間実験をつづけた地形。

各実験の流路内での下刻速度の分布は、①：時間とともに下刻量が減少する分布、②：①と比べて下刻速度の時間による減衰は見られず、各時間同程度の下刻量を示す分布となった。それぞれの地形の時系列データから得られた下刻速度、河床勾配、流域面積を用いて、stream power model式に対して最小二乗法から求められたmとnの値は、時間変化する結果となった。どちらの実験においてもmとnの値を用いたm/n値は、時間とともに収束する結果を示した。

得られた係数値から平衡状態での下刻速度の理論値を求め、実測値との残差の二乗平均から、stream power modelに基づく侵食速度との乖離度を評価した。①は実験初期段階の方が非平衡度は小さく、時間が経過した後の方が非平衡度の増加が観察された。この結果は、侵食量が時間経過によって減衰、収束しているにもかかわらず得られた。一方で、②は時間経過とともに非平衡度が減少する結果を示した。このことから、流域内の隆起作用と下刻作用のつり合いによって縦断形が安定状態に向かう条件において、地形の動的平衡が達成され、stream power modelに基づく下刻速度が成立する。対して、侵食作用によってのみ地形が変化する①の

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

条件では、下方への侵食力を発揮できる地形の侵食可能部が十分に残る時間では、下刻速度はstream power modelをよく満たすが、被侵食部の減少によって下方への侵食量が収束し、地形が静的平衡状態に近づく場合、下刻速度はモデル式から外れた結果となると考えられる。つまり地形発達の終盤段階(老年期、準平原)は、stream power modelに基づく下刻量が達成されない段階であることが示唆された。

Imamura and Endo, 2018, ＜アナログ実験河川の下刻速度、河床勾配および流域面積＞ JPGU 2018 Abstract

キーワード：下刻侵食のモデル、実験地形、岩盤河川
Keywords: stream power model, laboratory experiment, bedrock river

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Downstream variation in gravel size of the Tenjin River system

*堀 和明[1]、米原 和哉[1]
*Kazuaki Hori[1], Kazuya Yonehara[1]

1. 名古屋大学環境学研究科地理学講座
1. Department of Geography, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Many researchers have studied downstream variation in river-bed material size and its controlling factors, because they are important to understand the evolution of fluvial landforms and drainage basin. Many of these studies have focused only on rivers flowing through mountains or alluvial plains. Thus, it is desirable to examine a much broader range, i.e. from head to mouth of a river. We investigated the downstream variation of gravel size and channel gradient in the Tenjin River system (Tenjin, Ogamo, and Mitoku rivers) located in the central part of Tottori prefecture, Japan. The Tenjin River is approximately 34 km in length and major tributaries, the Ogamo and Mitoku rivers, join the Tenjin River at approximately 7 km and 12 km upstream from the mouth, respectively. Mean gravel size tends to decrease toward the downstream between 5 and 23 km upstream from the Tenjin River mouth where exposed gravel bars are easily found. Channel gradient is usually less than 0.03 and its variation is relatively small in this range. On the other hand, exposed gravel bars are uncommon between 23 and 34 km upstream from the mouth. The channel gradient become larger (> 0.06) and shows large variation. Large boulders (> 500 mm) are distributed in the channel. The number of boulders, especially > 1000 mm, seems to be inversely proportional to the distance from the valley wall. Buffers along the rivers regulate the supply of boulders from the valley wall in the upper reaches and reduce the connectivity of sediment supply from the tributaries in the middle and lower reaches. Barriers typified by weirs reduce the connectivity in the longitudinal direction throughout the basin.

キーワード：連結性、粒径、河床勾配
Keywords: sediment connectivity, grain size, channel gradient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Talus slope development in the time of deglaciation: a case study of the Rev Valley, SW Spitsbergen

*Krzysztof Senderak[1], Marta Kondracka[1], Bogdan Gądek[1]

1. Faculty of Earth Sciences, University of Silesia

Every high-mountain area is characterized by the occurrence of talus slopes. A process of development this kind of forms depends on among other things climatic conditions. Currently in Spitsbergen, we observe the deglaciation process caused climate changes. This causes that the evolution’ s tempo of all environments linked with glaciers is very high. It also concerns the talus slopes, which, in the last time, are more often used as key element to paleo-environmental reconstructions for last thousands. In this paper, we present the geophysical surveys of talus slopes conducted in the Rev Valley (SW Spitsbergen). The valley was shaped by glacier, which left behind among other things glacial lake and buried glacial ice in mixed slope-moraine material. Nowadays, the talus slopes in this valley develop under the typical conditions of periglacial environment. In the studies of 15 talus slopes we used the ground-penetrating radar (GPR) and electrical resistivity tomography method (ERT). The studies allowed to recognize the internal structure of talus slopes and to determine a character of their elements, such as thickness of slopes, permafrost table and a depth of active layer, present of buried glacial ice, sediementological structures caused by various deposition of material on the slope surface, and finally a shape of bedrock. A comparison obtained results indicates on relevant regularity in the development of internal structure of talus slopes. These are for example visible differences in the terms of present of permafrost, which is located from a depth 2-3 m in the oldest slopes to a depth 4-5 m in the youngest. On the other hands, the studies discovers the deviations from the typical evolution models. The buried glacial ice has not been survived in a younger forms, whereas it is present in these older slopes. Based on the results we created the proposition of model of talus slope evolution developing in a periglacial period. In this time the development of slopes characterize a very high variability, not much lower than in previous paraglacial period. This work was financed from the funds of the National Science Centre in Poland received by Krzysztof Senderak in the Preludium 12 project: Determination of the evolution of slopes of southern Spitsbergen on the background of climate changes (2016/23/N/ST10/00162).

Keywords: talus slope evolution, permafrost, deglaciation, electrical resistivity tomography (ERT), ground-penetrating radar (GPR)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

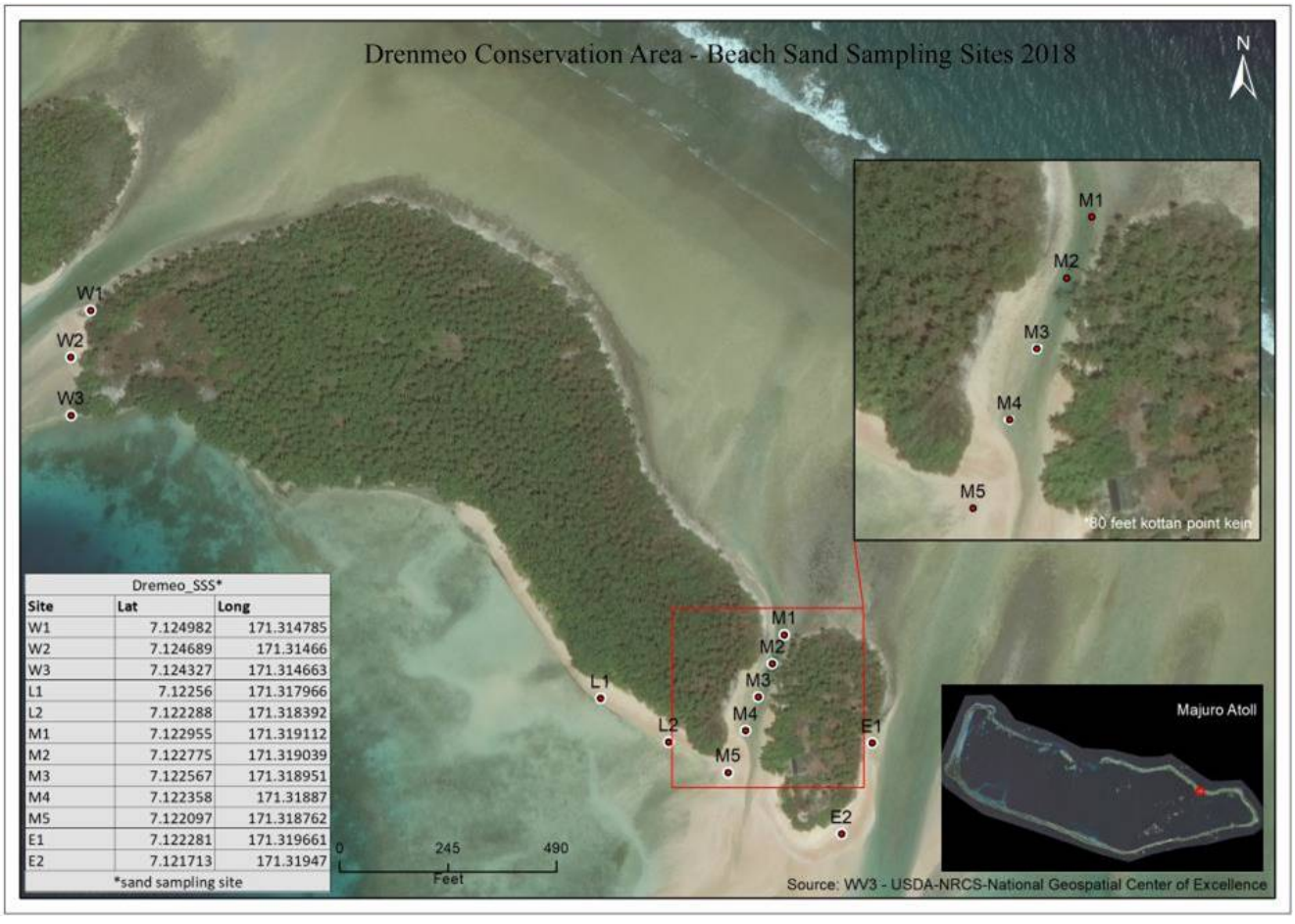
Distribution of Large Benthic Foraminifers in one of Majuro’s Conservation Areas –Drenmeo Island

*Benedict Yamamura[1], Kazuhiko Fujita[2], Melba White[3], Kyotak Ishiguro[3], Hironobu Kan[1]

1. Kyushu University, Integrated Sciences for Global Society - Research Center for Coastal Seafloor , 2. Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 3. Marshall Islands Marine Resources Authority

Climate change is having a huge impact on the island formation. In this study, we examined the composition and distribution of large benthic foraminifers (LBF) from 12 chosen sample sites (see map) within and outside of Drenmeo islet, one of the designated conservation areas in Majuro atoll. Samples were collected from the area to further investigate the sand built-up between the conservation area and the adjacent islet. The preliminary findings showed that the area is predominantly composed of two island-building LBF, namely *Calcarina sp.* and *Amphistegina sp*. The final results from this study will help stakeholders to amend the management plan to include the adjacent islet under the current management plan.

Keywords: Drenmeo island, conservation area, large benthic foraminifers, management plan



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Luminescence chronology of fluvial and marine records from subsurface sediment cores: An insight into the geomorphic evolution of Kaveri delta, India

*kartika goswami[1], Anbarasu Kumaresan[2], Sivakumar Krishnan[2], Senthil K. Sadasivam[2], Manoj Kumar Jaiswal[1]

1. Department of Earth Sciences, Indian Institute of Science Education and Reserach Kolkata, 2. National College Tiruchirappalli, India

Long-term evolution of river deltas is a result of forcings (tectonics, climate, sea level, avulsion, compaction etc). We present the results of luminescence dating of sediments from four sediment cores (VKI, TNR, SY and KKI) of 25 m depth each, retrieved from the Kaveri delta in south India. The coring sites are ~2.5 km, ~11 km, ~17 km and ~20 km away from the present coastline respectively. The cores were analysed for OSL dating, 14C dating, lithology and microfossils and represent various stages of fluvial and marine activity in the region over the last ~150 ka. The chronology of the core closet to the coast (VKI) reflects eight major phases of increased sea level during the late quaternary period (142-140 ka, 104-100 ka, ~121 ka, 87-81 ka, 60-57 ka, 9-6 ka, ~5 ka and ~3 ka) partly coinciding with the global climate cycles MIS 6, MIS 5, MIS 3, MIS 1 respectively. During ~121 ka and 9-6 ka, marine transgression reached the core location to leave marine signatures in the forms of foraminifera. VKI core replicates the quaternary sea level curve, showing strong control of the sea in coastal deposition.

The oldest age of VKI is ~140 ka. The three cores situated further inland give oldest/bottom most ages of~120 ka. This indicates the coastal land has uplifted in the recent years with deeper sediments being encountered at relative shallower depth. The uplift is expected to occur around post 50 ka, creating a basin fill situation for riverine sediments to accumulate and restricting the delta to prograde. This is observed from the sedimentation pattern and robust chronology of the other three inland cores. Analysis of DEM also supported the occurrence of uplift. Thus, the present work examines the geomorphic evolution of Kaveri delta, an archive of fluvial, shoreline and tectonic activities.

Keywords: OSL Dating, Kaveri Delta , GIS, Foraminifera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[H-GM03] Geomorphology

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

The main subject of this session is interdisciplinary discussion on the whole range of themes relating to geomorphology, especially geomorphic processes, landform development and its relation to environmental changes, geomorphological hazards and their mitigation, relationships among geomorphic processes, other natural phenomena and human activities, and various techniques of geomorphological measurements and landform classification. All presentations and discussion of this session are made in English.

[HGM03-P01] Honeycomb Weathering (Tafoni) of Sandstone and Environmental Factors in Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

[HGM03-P02] Colluvial deposits in first-order streams and channel head migration by shallow landslides: Case study in granitic basins, Asaminami, Hiroshima, Japan

*八反地 剛[1]、児玉 龍也[2]、古市 剛久[3]、土志田 正二[4]、田中 靖[5] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学地球学類（元所属）、3.北海道大学、4.消防研究センター、5.駒澤大学)

[HGM03-P03] 河川の地形的特徴に対する岩質制限：モデル実験

*高瀬 裕太[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P04] Stream power modelに基づく岩盤河川の侵食速度と地形の発達段階

*今村 明弘[1]、遠藤 徳孝[1] (1.金沢大学)

[HGM03-P05] Downstream variation in gravel size of the Tenjin River system

*堀 和明[1]、米原 和哉[1] (1.名古屋大学環境学研究科地理学講座)

[HGM03-P06] Talus slope development in the time of deglaciation: a case study of the Rev Valley, SW Spitsbergen

*Krzysztof Senderak[1]、Marta Kondracka[1]、Bogdan Gądek[1] (1.Faculty of Earth Sciences, University of Silesia)

[HGM03-P07] **Distribution of Large Benthic Foraminifers in one of Majuro’s Conservation Areas – Drenmeo Island**

*Benedict Yamamura[1]、Kazuhiko Fujita[2]、Melba White[3]、Kyotak Ishiguro[3]、Hironobu Kan[1] (1.Kyushu University, Integrated Sciences for Global Society - Research Center for Coastal Seafloor 、2.Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus、3.Marshall Islands Marine Resources Authority)

[HGM03-P08] Luminescence chronology of fluvial and marine records from subsurface sediment cores: An insight into the geomorphic evolution of Kaveri delta, India

*kartika goswami[1]、Anbarasu Kumaresan[2]、Sivakumar Krishnan[2]、Senthil K. Sadasivam[2]、Manoj Kumar Jaiswal[1] (1.Department of Earth Sciences, Indian Institute of Science Education and Reserach Kolkata、2.National College Tiruchirappalli, India)

Honeycomb Weathering (Tafoni) of Sandstone and Environmental Factors in Yonaguni Island, Okinawa Prefecture, Japan

*尾方 隆幸[1]
*Takayuki Ogata[1]

1. 琉球大学島嶼防災研究センター
1. Disaster Prevention Research Center for Island Regions, University of the Ryukyus

Sandstone surfaces of Yonaguni Island (westernmost of the Ryukyu Arc) often show a honeycomb structure (tafoni) derived from physical disintegration in relation to salt weathering. Miocene sandstone (Yaeyama Group) is extensively exposed on the island surface, and forms sea cliffs along rocky coasts. The honeycomb structure is especially observed along the coasts where wave splashes produce wetting and drying processes assisted by strong wind and active evaporation. The geometry and density of tafoni seem to be controlled by vertical height from the sea level and horizontal distance of the coast line. Field observations at the rocky coasts of Yonaguni Island suggest that larger holes are developed along the north-faced coasts than the south-faced coasts, which depends mainly on the northeastern monsoon during the winter period.

キーワード：風化、砂岩、岩石海岸、タフォニ、モンスーン、八重山層群
Keywords: weathering, sandstone, rocky coast, tafoni, monsoon, Yaeyama group

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Colluvial deposits in first-order streams and channel head migration by shallow landslides: Case study in granitic basins, Asaminami, Hiroshima, Japan

*八反地 剛[1]、児玉 龍也[2]、古市 剛久[3]、土志田 正二[4]、田中 靖[5]
*Tsuyoshi Hattanji[1], Ryuya Kodama[2], Takahisa Furuichi[3], Shoji Doshida[4], Yasushi Tanaka[5]

1. 筑波大学生命環境系、2. 筑波大学地球学類（元所属）、3. 北海道大学、4. 消防研究センター、5. 駒澤大学
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. former College of Geoscience, University of Tsukuba, 3. Hokkaido University, 4. National Research Institute of Fire and Disaster, 5. Komazawa University

Relationship between dates of colluvial deposits and channel-head migration was examined in granitic mountains where a debris-flow disaster occurred in 2014. Topographic analysis using 1-m grid DEMs before and after the disaster indicates that post-event channel heads were located upslope from pre-event channel heads due to landslide or erosion by debris flow. Post-event channel heads with shallow landslides had strong inverse correlations between local slope and drainage area. Charcoal samples were collected in colluvial deposits of two post-event channel heads (A and B) where the channel heads migrated more than 50 m upslope with shallow landslides. The radiocarbon dates of the samples were 1162–1194 y BP for channel head A and 786 y BP for channel head B. Another sample was collected in colluvial deposits of a post-event channel head (C) with shallow landslide but no migration. The radiocarbon date of the sample at the channel head C was 670 y BP. These radiocarbon data explain contrasting intervals of landslide events in hollows. The channel head A with older radiocarbon dates has the longer interval of landslide events and therefore the valley head has been buried in longer distance (more than 50 m) along the channel since the last landslide event to 2014.

キーワード：高解像度数値標高モデル、微地形、放射性炭素年代測定、谷頭
Keywords: High-resolution DEM, Micro-topography, Radiocarbon dating, Valley head

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川の地形的特徴に対する岩質制限：モデル実験
Rock restrictions on topographical features of rivers: model experiment

*高瀬 裕太[1]、遠藤 徳孝[1]
*Yuta Takase[1], Noritaka Endo[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

山地河川流域は、下刻と側刻の両方によって発達する。例えば、側刻優勢で生育蛇行が発達し、下刻優勢では掘削蛇行が発達する。しかし、下刻と側刻の相対的な優劣を決定する要因が何であるかは、岩質の差異・河床勾配・流向の不均一性などが指摘されているものの、系統的な議論は十分なされていない。本研究では、岩盤強度と蛇行度の関係性、隆起の時系列パターンと蛇行発達の関係性を調べるために水路実験を行った。一様な基質を二次元的流路に切り込む単一チャネルを用意した。実験基盤には標準砂とカオリナイトの混合比を変えて配合した2種類の基盤を用いた。カオリナイトが多く含まれる高強度の基盤を強硬基盤、少ない低強度のものを軟弱基盤とする。実験流域に対する地盤隆起は、下流端の堰を下げることで再現する。

強硬基盤では軟弱基盤より多くの測定時間でknickpointが見られた。この結果は一次元水槽実験において岩盤強度が高いほどknickpointの後退速度は遅く、サイズは大きいという先行研究(Grimaud, 2016)と一致する。強硬基盤では軟弱基盤より高い蛇行度が出る傾向が見られ、従来の見解に反しているように思えるが、強硬基盤では軟弱基盤よりも高蛇行度の地形を長く維持できると考えられる。すべての実験において、隆起中の蛇行度より隆起後の蛇行度の方が高くなる傾向が見られた。隆起中は、河川の平衡状態が更新されて下方侵食が優勢になると考えられる。隆起と蛇行度の関係性の仮説がより確実になれば、河川の侵食強度と蛇行度から隆起に対する考察が可能になることが期待される。

キーワード：実験河川、蛇行度、岩盤強度、遷急点、隆起
Keywords: labo, sinuosity, bedrock strength, knickpoint, uplift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stream power modelに基づく岩盤河川の侵食速度と地形の発達段階
Stream power incision model and the stage of topographic equilibrium, using physical experiments

*今村 明弘[1]、遠藤 徳孝[1]
*Imamura Akihiro[1], Noritaka Endo[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

岩盤河川は、沖積河川に比べ地形発達の速度が遅く、このことにより研究があまり進んでいないが、地殻変動や気候変動など長期の環境変化の履歴を反映していることが期待される。河川のプロファイル（縦断形）について、下刻を流域面積と河床勾配の2つの変数のみでモデリングするstream power modelが広く利用される。Stream power modelに含まれるベキ指数および係数は、岩質や気候などの条件に対して決まる定数であると一般に考えられている。この関数と、山岳の存在を維持する隆起（造山運動）の速さを組み合わせて、河床の標高の時間変化を表す式が構成される。

この式を自然河川に適用する際、隆起速度は通常不明であるため、隆起と下刻が釣り合う平衡状態を仮定することが多い。この場合、河床勾配が流域面積のベキ関数で表されるFlint則が得られる。自然河川の地形データに対してこのベキ関数近似を行うことをSlope-Area分析と呼び、これによりstream power modelにおける流域面積のベキ指数mと河床勾配のベキ指数nの比、m/nが求まる。このm/nの値は縦断形の凹面度を表す指標として用いられる。また、自然地形の場合、隆起速度が不明であることが多いため、実用上その値を必要としない平衡状態を仮定するのが一般だが、山岳河川の多くは平衡状態にないという報告もある。流域が非平衡から平衡に至る過程でのstream power modelの適用妥当性は、隆起速度に加えて下刻速度も不明であることから自然地形に対して検証を行うのは難しい。

本研究は、制御された外部条件のもとでの地形発達が観察可能なアナログ実験を用いて、侵食速度とstream power modelに基づく指数m、nを時間発展の観点から地形の外的要因と河川縦断形の平衡状態の関係を考察することを目的とする。約90cm×160cmの実験水槽に、砂とクレイを混合した岩盤模擬資料を敷きつめ、スプリンクラーからミスト状の降雨を供給する。地形データは、一定時間毎に雨を止めて写真測量によって得る。①安定していた流域を初期地形とし、2cmのベースレベル低下を一回与え、そこから約5時間実験をつづけた地形と、②一様な隆起速度（4.5 mm/h）に対して安定した流域地形が形成された後、より速い一定隆起速度（6.0 mm/h）を作用させ、再び地形が落ち着くまで約6時間実験をつづけた地形。

各実験の流路内での下刻速度の分布は、①：時間とともに下刻量が減少する分布、②：①と比べて下刻速度の時間による減衰は見られず、各時間同程度の下刻量を示す分布となった。それぞれの地形の時系列データから得られた下刻速度、河床勾配、流域面積を用いて、stream power model式に対して最小二乗法から求められたmとnの値は、時間変化する結果となった。どちらの実験においてもmとnの値を用いたm/n値は、時間とともに収束する結果を示した。

得られた係数値から平衡状態での下刻速度の理論値を求め、実測値との残差の二乗平均から、stream power modelに基づく侵食速度との乖離度を評価した。①は実験初期段階の方が非平衡度は小さく、時間が経過した後の方が非平衡度の増加が観察された。この結果は、侵食量が時間経過によって減衰、収束しているにもかかわらず得られた。一方で、②は時間経過とともに非平衡度が減少する結果を示した。このことから、流域内の隆起作用と下刻作用のつり合いによって縦断形が安定状態に向かう条件において、地形の動的平衡が達成され、stream power modelに基づく下刻速度が成立する。対して、侵食作用によってのみ地形が変化する①の

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

条件では、下方への侵食力を発揮できる地形の侵食可能部が十分に残る時間では、下刻速度はstream power modelをよく満たすが、被侵食部の減少によって下方への侵食量が収束し、地形が静的平衡状態に近づく場合、下刻速度はモデル式から外れた結果となると考えられる。つまり地形発達の終盤段階(老年期、準平原)は、stream power modelに基づく下刻量が達成されない段階であることが示唆された。

Imamura and Endo, 2018, ＜アナログ実験河川の下刻速度、河床勾配および流域面積＞ JPGU 2018 Abstract

キーワード：下刻侵食のモデル、実験地形、岩盤河川
Keywords: stream power model, laboratory experiment, bedrock river

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Downstream variation in gravel size of the Tenjin River system

*堀 和明[1]、米原 和哉[1]
*Kazuaki Hori[1], Kazuya Yonehara[1]

1. 名古屋大学環境学研究科地理学講座
1. Department of Geography, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Many researchers have studied downstream variation in river-bed material size and its controlling factors, because they are important to understand the evolution of fluvial landforms and drainage basin. Many of these studies have focused only on rivers flowing through mountains or alluvial plains. Thus, it is desirable to examine a much broader range, i.e. from head to mouth of a river. We investigated the downstream variation of gravel size and channel gradient in the Tenjin River system (Tenjin, Ogamo, and Mitoku rivers) located in the central part of Tottori prefecture, Japan. The Tenjin River is approximately 34 km in length and major tributaries, the Ogamo and Mitoku rivers, join the Tenjin River at approximately 7 km and 12 km upstream from the mouth, respectively. Mean gravel size tends to decrease toward the downstream between 5 and 23 km upstream from the Tenjin River mouth where exposed gravel bars are easily found. Channel gradient is usually less than 0.03 and its variation is relatively small in this range. On the other hand, exposed gravel bars are uncommon between 23 and 34 km upstream from the mouth. The channel gradient become larger (> 0.06) and shows large variation. Large boulders (> 500 mm) are distributed in the channel. The number of boulders, especially > 1000 mm, seems to be inversely proportional to the distance from the valley wall. Buffers along the rivers regulate the supply of boulders from the valley wall in the upper reaches and reduce the connectivity of sediment supply from the tributaries in the middle and lower reaches. Barriers typified by weirs reduce the connectivity in the longitudinal direction throughout the basin.

キーワード：連結性、粒径、河床勾配
Keywords: sediment connectivity, grain size, channel gradient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Talus slope development in the time of deglaciation: a case study of the Rev Valley, SW Spitsbergen

*Krzysztof Senderak[1], Marta Kondracka[1], Bogdan Gądek[1]

1. Faculty of Earth Sciences, University of Silesia

Every high-mountain area is characterized by the occurrence of talus slopes. A process of development this kind of forms depends on among other things climatic conditions. Currently in Spitsbergen, we observe the deglaciation process caused climate changes. This causes that the evolution’ s tempo of all environments linked with glaciers is very high. It also concerns the talus slopes, which, in the last time, are more often used as key element to paleo-environmental reconstructions for last thousands. In this paper, we present the geophysical surveys of talus slopes conducted in the Rev Valley (SW Spitsbergen). The valley was shaped by glacier, which left behind among other things glacial lake and buried glacial ice in mixed slope-moraine material. Nowadays, the talus slopes in this valley develop under the typical conditions of periglacial environment. In the studies of 15 talus slopes we used the ground-penetrating radar (GPR) and electrical resistivity tomography method (ERT). The studies allowed to recognize the internal structure of talus slopes and to determine a character of their elements, such as thickness of slopes, permafrost table and a depth of active layer, present of buried glacial ice, sediementological structures caused by various deposition of material on the slope surface, and finally a shape of bedrock. A comparison obtained results indicates on relevant regularity in the development of internal structure of talus slopes. These are for example visible differences in the terms of present of permafrost, which is located from a depth 2-3 m in the oldest slopes to a depth 4-5 m in the youngest. On the other hands, the studies discovers the deviations from the typical evolution models. The buried glacial ice has not been survived in a younger forms, whereas it is present in these older slopes. Based on the results we created the proposition of model of talus slope evolution developing in a periglacial period. In this time the development of slopes characterize a very high variability, not much lower than in previous paraglacial period. This work was financed from the funds of the National Science Centre in Poland received by Krzysztof Senderak in the Preludium 12 project: Determination of the evolution of slopes of southern Spitsbergen on the background of climate changes (2016/23/N/ST10/00162).

Keywords: talus slope evolution, permafrost, deglaciation, electrical resistivity tomography (ERT), ground-penetrating radar (GPR)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

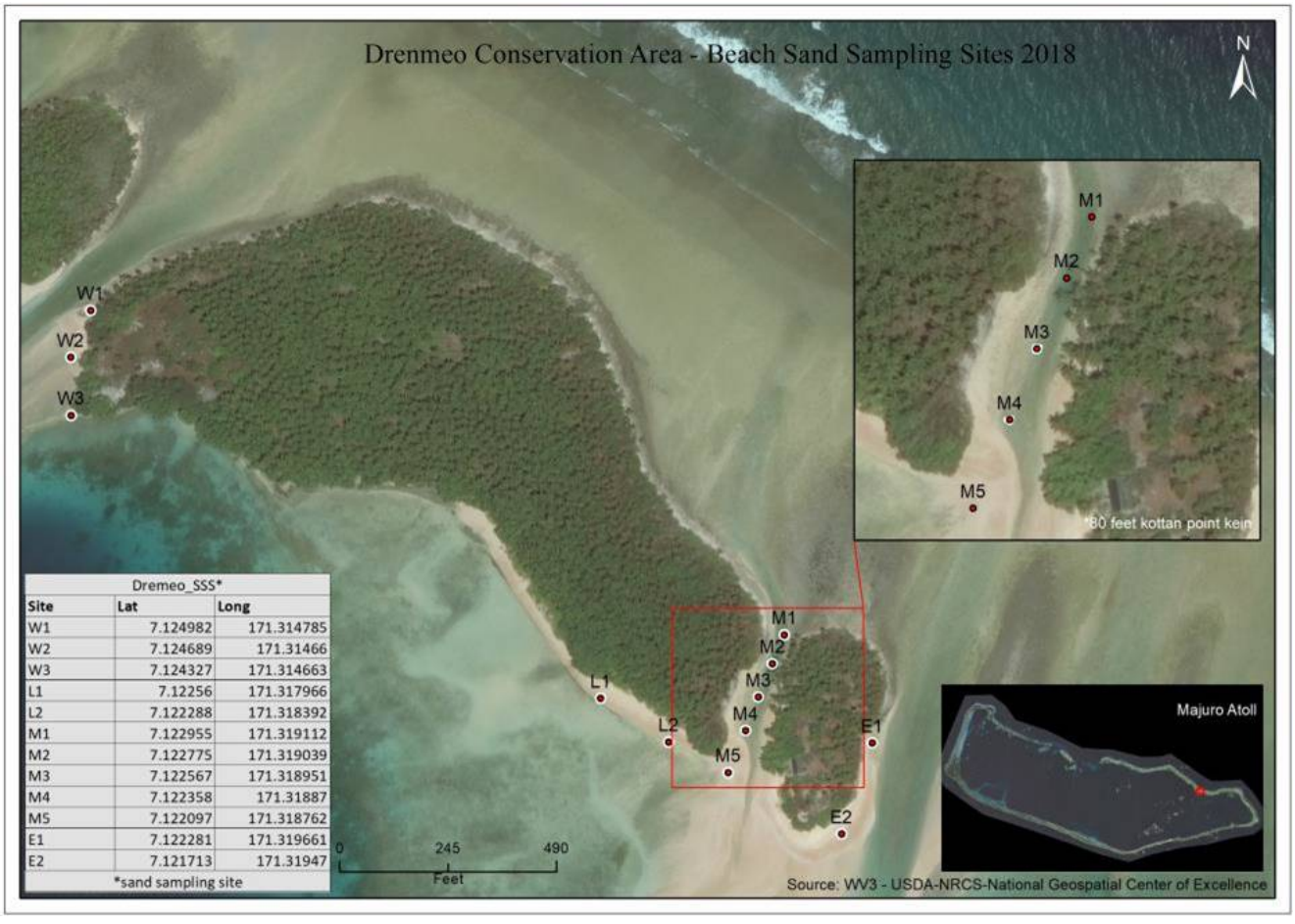
Distribution of Large Benthic Foraminifers in one of Majuro’s Conservation Areas –Drenmeo Island

*Benedict Yamamura[1], Kazuhiko Fujita[2], Melba White[3], Kyotak Ishiguro[3], Hironobu Kan[1]

1. Kyushu University, Integrated Sciences for Global Society - Research Center for Coastal Seafloor , 2. Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 3. Marshall Islands Marine Resources Authority

Climate change is having a huge impact on the island formation. In this study, we examined the composition and distribution of large benthic foraminifers (LBF) from 12 chosen sample sites (see map) within and outside of Drenmeo islet, one of the designated conservation areas in Majuro atoll. Samples were collected from the area to further investigate the sand built-up between the conservation area and the adjacent islet. The preliminary findings showed that the area is predominantly composed of two island-building LBF, namely *Calcarina sp.* and *Amphistegina sp*. The final results from this study will help stakeholders to amend the management plan to include the adjacent islet under the current management plan.

Keywords: Drenmeo island, conservation area, large benthic foraminifers, management plan



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Luminescence chronology of fluvial and marine records from subsurface sediment cores: An insight into the geomorphic evolution of Kaveri delta, India

*kartika goswami[1], Anbarasu Kumaresan[2], Sivakumar Krishnan[2], Senthil K. Sadasivam[2], Manoj Kumar Jaiswal[1]

1. Department of Earth Sciences, Indian Institute of Science Education and Reserach Kolkata, 2. National College Tiruchirappalli, India

Long-term evolution of river deltas is a result of forcings (tectonics, climate, sea level, avulsion, compaction etc). We present the results of luminescence dating of sediments from four sediment cores (VKI, TNR, SY and KKI) of 25 m depth each, retrieved from the Kaveri delta in south India. The coring sites are ~2.5 km, ~11 km, ~17 km and ~20 km away from the present coastline respectively. The cores were analysed for OSL dating, 14C dating, lithology and microfossils and represent various stages of fluvial and marine activity in the region over the last ~150 ka. The chronology of the core closet to the coast (VKI) reflects eight major phases of increased sea level during the late quaternary period (142-140 ka, 104-100 ka, ~121 ka, 87-81 ka, 60-57 ka, 9-6 ka, ~5 ka and ~3 ka) partly coinciding with the global climate cycles MIS 6, MIS 5, MIS 3, MIS 1 respectively. During ~121 ka and 9-6 ka, marine transgression reached the core location to leave marine signatures in the forms of foraminifera. VKI core replicates the quaternary sea level curve, showing strong control of the sea in coastal deposition.

The oldest age of VKI is ~140 ka. The three cores situated further inland give oldest/bottom most ages of~120 ka. This indicates the coastal land has uplifted in the recent years with deeper sediments being encountered at relative shallower depth. The uplift is expected to occur around post 50 ka, creating a basin fill situation for riverine sediments to accumulate and restricting the delta to prograde. This is observed from the sedimentation pattern and robust chronology of the other three inland cores. Analysis of DEM also supported the occurrence of uplift. Thus, the present work examines the geomorphic evolution of Kaveri delta, an archive of fluvial, shoreline and tectonic activities.

Keywords: OSL Dating, Kaveri Delta , GIS, Foraminifera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:八反地 剛

地形学に関する様々なテーマ，地形形成プロセス，地形発達およびその地球環境変動との関係，地形災害やその軽減，特に日本国内で発生した様々な自然災害に関する報告，ハザードマップ，人間活動と地形変化の関係，地形計測手法やその自動化などに関する研究成果が日本語または英語で発表されます.

9:00 ~ 9:15

[HGM04-01] 湿度変化により生じる塩類風化に関する室内実験

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

9:15 ~ 9:30

[HGM04-02] 風洞実験による新たな飛砂抑制装置の検証

*小玉 芳敬[1]、三枝 理子[2] (1.鳥取大学農学部、2.鳥取大学地域学部・学)

9:30 ~ 9:45

[HGM04-03] 大起伏山岳流域の地形形成過程における大規模岩盤崩壊と河道閉塞および堰止湖決壊洪水の普遍性: ネパールマルシャンディ川を例として

*松四 雄騎[1]、八木 浩司[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学 防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野、2.山形大学地域教育文化学部、3.東京大学 総合研究博物館)

9:45 ~ 10:00

[HGM04-04] 基盤岩を覆う風化生成物の性質が土層の形成および輸送の速度に及ぼす影響：花崗岩およびホルンフェルスの斜面を事例に

*渡壁 卓磨[1]、松四 雄騎[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学総合博物館)

10:00 ~ 10:15

[HGM04-05] 斜面の洪水流出・崩壊発生の統合的予測に向けた鉛直不飽和浸透流の特性解析

*谷 誠[1]、松四 雄騎[2]、佐山 敬洋[2]、小島 永裕[3] (1.人間環境大学、2.京都大学防災研究所、3.滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

Discussion

湿度変化により生じる塩類風化に関する室内実験
Salt weathering in humidity-change environments: a laboratory experiment

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2]
*Masato Sato[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学大学院生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系
1. Graduate School of Life and environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

湿度変化環境での塩類風化について，一連の室内実験を行った．湿度変化による風化実験には，5種類の岩石（間隙の多い凝灰岩と砂岩，間隙が少ない砂岩，間隙が多い2種類の泥岩）と3種類の塩（塩化ナトリウム，硫酸ナトリウム，硫酸マグネシウム）を使用した．塩溶液に浸した後，110℃で炉乾燥させた岩石試料を恒温恒湿庫内に設置した．温度を20℃に保った状態で，湿度を20~90%RHの範囲，6時間周期で変化させ，塩類風化実験を行なった．風化実験時には岩石は乾燥しており，水分の供給源は空気中の水分に限られた．

湿度の周期的変化により，岩石試料に含まれる塩は，高湿度期に潮解または水和し，低湿度期には，再結晶，または脱水した．塩類風化が著しい試料ほど，高湿度期には多くの水分を吸着した．80%RH以上で潮解性を示す塩化ナトリウムは，硫酸塩2種よりも著しい風化を引き起こした．

100サイクルの湿度変化後，間隙が多い砂岩試料は完全に破壊した．間隙率の低い砂岩，間隙が多い凝灰岩でも，試料表面の膨張，岩片の剥離が生じた．また，間隙率の低い砂岩では，試料表面のエコーチップ反発値が低下した．本実験でみられたような，湿度変化に伴う塩化ナトリウムによる塩類風化は，湿度が高い海水飛沫帯では容易に発生し得る．

硫酸マグネシウムを含ませた試料では，間隙率が高い砂岩の重量減少，間隙率が高い凝灰岩表面からの岩片の剥離などが生じ，間隙率が低い砂岩でも表面に平行な亀裂が発達した．硫酸ナトリウムを含ませた試料表面には多量の塩が析出していたが，重量やエコーチップ反発値はほとんど変化しなかった．硫酸マグネシウムは水和反応速度が遅く，短期間での湿度変化では，塩類風化を引き越しにくかったのであろう．また，硫酸ナトリウムが水和により体積膨張したことで，試料表層の間隙が塞がれ，試料内部への水分の浸透が阻害された可能性がある．日周期のような短時間で湿度が変動するような環境では，硫酸ナトリウムは塩類風化を起こしにくく，硫酸マグネシウムの相対的な重要性が高くなるだろう．

キーワード：塩類風化、湿度、塩化ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、表面硬度
Keywords: salt weathering, humidity, sodium chloride, sodium sulfate, magnesium sulfate, surface hardness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

風洞実験による新たな飛砂抑制装置の検証
Verification a new control device of blown sand transport rate by wind tunnel experiments

*小玉 芳敬[1]、三枝 理子[2]
*Yoshinori Kodama[1], Riko Saikusa[2]

1. 鳥取大学農学部、2. 鳥取大学地域学部・学
1. Faculty of Agriculture, 2. Faculty of Regional Sciences

はじめに

鳥取砂丘東入口の階段では，西風によって飛砂が堆積し，その除去作業が年間30回ほどを数え（自然公園財団鳥取支部，私信），課題となっている．これまでは堆砂垣による方策が講じられてきたものの，さらなる改善策が求められている．本研究ではsaltation粒子の運動特性を踏まえて，粒子の着地点に水を張ることで飛砂の継続を絶つ新たな飛砂抑制装置を考案した．本研究の目的は，考案した水面飛砂抑制装置の効果を風洞実験によって検証し，装置の最適なサイズを推定することである．

調査方法

幅0.2 m，深さ0.5 m，長さ7.3 mの風洞実験装置を用いて，風成砂（中央粒径：0.34 mm）を厚さ9 cmで敷き，上流端から2.70 m～7.25 m区間にかけて水400 ccを張った大・浅型トレー（大創産業，KI-18-^{p}10 A-073，縦 22 cm，横15 cm，深さ4.5 cm）を20個並べ設置した．その際，トレーの上面が砂面高に一致するように注意した．なお，トレーと風洞壁との隙間は，発泡スチロールで埋め，砂面をなくした．周波数変換機（MITSUBISHI ELECTRIC製，FR-FS2-0.8K）によって36 Hz～56 Hzまで4 Hz毎に周波数を変えることで，送風機（マキタ製，MF302）を用いて6段階の風速条件で実験を行った．すべての実験は，２分間の通風とした．予備実験より求めた給砂量は，6.7 m/s（36 Hz）：2.8 g/s，9.0 m/s（40 Hz）：4.3 g/s，10.2 m/s（44 Hz）：7.6 g/s，11.0 m/s（48 Hz）：9.1 g/s，12.0 m/s（52 Hz）：13.9 g/s，12.9 m/s（56 Hz）：21.0 g/sとした．実験後，トレーに溜まった砂の乾燥重量と，風洞下流端に設置したブルーシートに排出された砂の重量を計った．また，トレー設置区間において，1.15 m間隔で砂面からの高さ10 cmに飛砂量計（UIZIN製，uiz5061）を5台設置し，5秒毎の飛砂カウント数の変化を調べた．

結果および考察

いずれの風速条件においてもトレーに捕捉された飛砂量は，下流方向に減少した．風速が遅い条件では，水面飛砂抑制装置の上流部で砂が多く捕捉され，装置の下流部にはほとんど砂が溜まっていなかった．風速が上がるにつれて装置全体に捕捉される飛砂量が増えた．給砂量に対する風洞下流端からの排砂量の割合は，6%以下に抑えられ，本実験条件内においては水面飛砂抑制装置に高い飛砂抑制効果があることが明らかになった．

水面飛砂抑制装置の直上流に設けた飛砂量計の飛砂カウント数に対して，そこから1.15 m，2.3 m，3.45 m，4.6 m下流地点における飛砂カウント数の割合を風速毎に求めた．仮に飛砂カウント数を5 %以下に落とす装置とするならば，6.7 m/sでは2.9 m，9.0 m/sでは3.3 m，10.2 m/sでは4.2 m，11 m/sでは4.3 m，12 m/sでは5.9 m，12.9 m/sでは6.0 mの装置が必要であると推定された．

鳥取気象台湖山観測所の毎時平均風速のデータによると，2018年で最も風が強かった連続する3時間の平均

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

風速は，約18 m/sであった．この風速の場合に必要とされる水面飛砂抑制水面装置の長さは，11.3 mであることが外挿された．

おわりに

Saltation粒子の運動特性を踏まえて考案された水面飛砂抑制装置の効果を風洞実験により検証した。その結果，風速12.9 m/s以下の実験条件内では，長さ4.55 mの水面飛砂抑制装置によって給砂量に対する排砂量の割合が6 %以内に削減され，効果的に飛砂を抑制することが確認された．鳥取砂丘において最も強い風の目安となる平均風速18 m/sに対して必要な本装置の長さは， 11.3 mであると推察された．現地に応用するために残され課題は，ひとつの荒天時の飛砂量に見合う本装置の容量を決め，イベント後の砂排出法まで加味した，また景観に配慮した水面飛砂抑制装置の設計を考えることである．

キーワード：水面飛砂抑制装置、風洞実験、躍動粒子、鳥取砂丘
Keywords: a water-pool method for reducing blown sand transport rate, wind tunnel experiment, saltation particle, Tottori Sand Dunes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大起伏山岳流域の地形形成過程における大規模岩盤崩壊と河道閉塞および堰止湖決壊洪水の普遍性: ネパールマルシャンディ川を例として
Bedrock landslides, river blockage, and barrier-lake outburst as general geomorphic processes in high-relief mountainous landscape: an example from the Marshyangdi River, central Nepal

*松四 雄騎[1]、八木 浩司[2]、松崎 浩之[3]
*Yuki Matsushi[1], Hiroshi YAGI[2], Hiroyuki Matsuzaki[3]

1. 京都大学 防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野、2. 山形大学 地域教育文化学部、3. 東京大学 総合研究博物館
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Department of Education, Art and Science, Yamagata University, 3. icro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator, The University of Tokyo

本研究では，大規模な岩盤崩落と，それに付随して生じる河道閉塞と堰止湖の決壊洪水が，大起伏急傾斜の斜面と急勾配の河道からなる山岳流域における地形形成過程として普遍的であることを示す．大規模崩壊に伴う河床の埋積と，閉塞部上流域での湛水，および堤体の決壊による土砂と水の流出が時空間的に頻繁に発生し，それらの痕跡が流域内に普遍的に存在していることを実証するため，典型的な山岳地形を呈するネパール中部のマルシャンディ流域を対象に，現地踏査と空間情報解析および堆積物の年代測定を行った．マルシャンディ川の中流部約100 kmの地質は，上流から中古生層，片麻岩，結晶片岩，千枚岩，スレートなどで構成されており，主中央衝上断層よりも下流側には堆積段丘が発達する．片麻岩からなる区間はゴルジュ帯を形成しており，斜面や河道には大規模崩壊の痕跡が随所に認められる．下流域の中低位段丘上には，しばしば片麻岩の巨礫が散在し，過去に大規模な土石流が生じたことを示している．宇宙線生成核種を用いた露出年代測定により，これらの土石流段丘は，完新世に複数回のイベントで形成されたことがわかった．上流域の川沿いには，湛水域に堆積したとみられる砂礫および粘土からなる一連の湖成層が認められ，その層序と分布から，過去に長さが数キロメートルで深さが数百メートルの堰止湖が，複数個所に出現したのち，決壊によって消失したことがわかった．決壊に伴って生じた土石流は，数十キロメートルを流下し，下流部の地形を一変させたものと考えられる．調査によって明らかになった痕跡の数や流域斜面の地形量からみて，こうした現象は，流域の地形が発達する時空間スケールにおいては珍しいものではなく，むしろ主要な地形形成プロセスの一つとして機能しているものと推察される．現在でも，地震あるいは豪雨を引き金として，同様の連鎖的事象によって大規模な流域災害が発生する可能性は十分にあり，減災に向けて，起きうる事態を事前に想定して備えることが望まれる．

キーワード：山地地理学、減災、堰止湖、土石流、気候変動
Keywords: Mountain geography, Disaster mitigation, Landslide-dammed lake, Debris flow, Climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

基盤岩を覆う風化生成物の性質が土層の形成および輸送の速度に及ぼす影響：花崗岩およびホルンフェルスの斜面を事例に
Influence of lithology on production and transport of soils on hillslopes underlain by granite and hornfels

*渡壁 卓磨[1]、松四 雄騎[2]、松崎 浩之[3]
*Takuma Watakabe[1], Yuki Matsushi[2], Hiroyuki Matsuzaki[3]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学総合博物館
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. The University Museum, The University of Tokyo

本研究では，花崗岩とホルンフェルスを基盤とする斜面が隣接する京都市東山にて，宇宙線生成核種^{10}Beを用いて土層の形成速度と土砂の輸送係数を決定し，それらが基盤岩を覆う土層の性質にコントロールされていることを証明する．土層の形成速度は，いずれの斜面でも土の厚みに対して指数関数的な減少を示し，どの深度でも花崗岩斜面のほうが速い．この結果から，土層の輸送係数を経験的に求めると，それは花崗岩斜面のほうがわずかに大きい．花崗岩斜面は，透水性が大きいが保水性の小さな砂質土層に覆われている．深度1 m程度の地盤内は，気温の変化の影響を強く受ける．ホルンフェルス斜面は，シルトや粘土といった粘着質の土層に覆われており，その透水性は小さいが，保水性は大きい．花崗岩斜面と比べると，気温変化の影響は深部に伝わりにくい．花崗岩の地盤内は，水分量が少なく乾燥しやすく，比熱が小さいという特徴がある．これらの特徴は，降雨浸透に伴う乾燥・湿潤の程度だけでなく，地温の変化に伴う鉱物の膨張・収縮の程度も大きくするため，物理的風化を促進する要因となる．同時に，これらの作用は，ソイルクリープによる斜面下方への土砂移動を加速させる．透水性の大きな花崗岩斜面では，基盤岩の深度まで降雨が透過しやすく，水ー岩石反応に伴う斜長石などの分解といった化学的風化作用も促進される．基盤岩を覆う土層の物性が，基盤岩の土層化の速度をコントロールする要因となることを，本研究は示した．同様の気候・テクトニクス環境下にこれらの地質の斜面が存在する場合，花崗岩斜面でより速く削剥が生じ，低起伏の丘陵地が形成されることが示唆される．

キーワード：土層の形成速度、土層の輸送係数、宇宙線生成核種、土質工学的性質
Keywords: Soil production rate, Soil transport coefficient, Cosmogenic nuclides, Geotechnical properties

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

斜面の洪水流出・崩壊発生の統合的予測に向けた鉛直不飽和浸透流の特性解析

Characterization of the vertical unsaturated flow for an integrated prediction of the storm runoff response and landslide initiation on a hillslope

*谷 誠[1]、松四 雄騎[2]、佐山 敬洋[2]、小島 永裕[3]
*Makoto Tani[1], Yuki Matsushi[2], Takahiro Sayama[2], Nagahiro Kojima[3]

1. 人間環境大学、2. 京都大学防災研究所、3. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター
1. University of Human Environments, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Lake Biwa Environmental Research Institute

斜面水文学の研究は、豪雨時にも地表面流ではなく地中流が主たる流出機構であることを明らかにし、砂防学は、積算降雨が大きくなった後の強雨時に表層崩壊が発生することを経験的に見いだしてきた。こうした知見をふまえ、ある降雨条件を下回るときには洪水流出を産み出すが、その条件を上回るときには崩壊を発生させること、つまり両者が同一の流出機構のthresholdで仕分けされる点を矛盾なく説明する必要がある。これに関して、斜面土層内の鉛直不飽和浸透流が圧力水頭の伝播を通じて降雨から一時的地下水面への応答を主に制御すること、斜面方向の流れはその水面の応答を河川流出にむしろあまり変化なく伝達することが、最近の研究からわかってきた。そこで本研究では、なぜ鉛直不飽和浸透流が大規模降雨時の流出応答を創り出せるのかを検討し、今後の洪水・崩壊の統合的予測に対する研究方向性を提供する。

キーワード：洪水・崩壊の統合的予測、斜面水文学、鉛直不飽和浸透流、土層発達
Keywords: Integrated prediction of storm runoff and landslide initiation , Hillslope hydrology, Vertical unsaturated flow, Soil-layer evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:瀬戸 真之、島津 弘

地形学に関する様々なテーマ，地形形成プロセス，地形発達およびその地球環境変動との関係，地形災害やその軽減，特に日本国内で発生した様々な自然災害に関する報告，ハザードマップ，人間活動と地形変化の関係，地形計測手法やその自動化などに関する研究成果が日本語または英語で発表されます．

10:45 ~ 11:00

[HGM04-06] ウズベキスタン南部，サマルカンドからバーミヤーンに至る古代道路ルート上にある「鉄門」の地形と洪水特性

*島津 弘[1] (1.立正大学地球環境科学部地理学科)

11:00 ~ 11:15

[HGM04-07] モンゴルオルゴイ湖掘削試料のOSL年代測定

*五十嵐 雄大[1]、長谷部 徳子[1]、勝田 長貴[2]、長谷川 精[3]、Davaasuren Davaadorj[4]、田中 幸哉[5]、Udaanjargal Uyangaa[1]、福士 圭介[1]、Niiden Ichinnorov[6] (1.金沢大学、2.岐阜大学、3.高知大学、4.モンゴル国立大学、5.キョンヒ大学、6.モンゴル科学アカデミー)

11:15 ~ 11:30

[HGM04-08] モンゴル南部の湖の古水位変動

*長谷部 徳子[1]、三寶 真[2]、Udaanjargal Uyangaa[2,3]、Ganbat Shuukaaz[3]、福士 圭介[1]、田中 幸哉[4]、Davaasuren Davaadorj[3] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学地球学教室、3.National University of Mongolia、4.Kyunghee University)

11:30 ~ 11:45

[HGM04-09] 高解像度３次元地形を用いたリーフ地形上での波浪変形・伝搬過程の数値的解明

*南舘 健太[1]、後藤 和久[2]、渡部 真史[3,4]、Volker Roeber[5,6]、渡久地 健[7]、三納 正美[8]、中島 洋典[9]、菅 浩伸[10] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東北大学大学院工学研究科、4.中央大学大学院理工学研究科、5.ハワイ大学、6.ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラドゥール大学、7.琉球大学、8.日本ミクニヤ株式会社、9.有明工業高等専門学校、10.九州大学大学院地球社会統合科学府)

11:45 ~ 12:00

[HGM04-10] 浅海底地形学：新たな分野の開拓と展望

*菅 浩伸[1]、堀 信行[2]、中井 達郎[3]、横山 祐典[4]、藤田 和彦[5]、長谷川 均[3]、中島 洋典[6]、浦田 健作[1]、鈴木 淳[7]、長尾 正之[7]、後藤 和久[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.首都大学東京・名誉教授、3.国士舘大学文学部地理学教室、4.東京大学大気海洋研究所、5.琉球大学理学部物質地球科学科、6.有明高専、7.産総研 地質情報、8.東北大学災害科学国際研究所)

12:00 ~ 12:15

Discussion

ウズベキスタン南部，サマルカンドからバーミヤーンに至る古代道路ルート上にある「鉄門」の地形と洪水特性
The landform and flood characteristics of the Iron Gate on the ancient road from Samarkand to Bamian, south Uzbekistan

*島津 弘[1]
*Hiroshi Shimazu[1]

1. 立正大学地球環境科学部地理学科
1. Department of Geography, Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

シルクロードの交易都市として栄えたサマルカンドから，シルクロードから分岐してアムダリヤの渡河点であるテルメズを経由して，バーミヤーンに至る古代道路のルート上に「鉄門」と呼ばれる峡谷がある．天山山脈の西方延長のヒッサール山脈の主稜線から東のスルハンダリヤ側へ数km下ったところにあるケスタの稜線を刻むおよそ2kmの狭窄部である．峡谷の最少幅はおよそ10m，両岸の谷壁斜面は崖となっており比高が200m近くある．7世紀前半にインドへ向かった玄奘もこの鉄門を通ったと考えられている．

峡谷の中には中径が50cmを超える土石流堆積物，層理が明瞭でより円磨され細粒な洪水堆積物が分布しており，現在の谷底とそのトップの比高は数mである．また，現谷底は平坦な埋積谷あるいはその上に大きな礫からなるロウブ状地形が分布している．谷壁斜面や堆積面上には植生が見られるものの，谷底および側壁にはわずかな低木を除いてほとんど植生は見られない．以上のことから，鉄門の区間の峡谷部では大きな出水で土石流または洪水流により土砂が運ばれて谷を埋め，それが侵食されるという現象が繰り返氏生じていると考えられる．谷底における土砂移動は毎年生じており，谷を数m以上埋積するようなイベントは数年に一度生じると推定される．サマルカンドやテルメズでは，主として10月から4月まで降水があり，寒候期には最低気温の月平均が氷点下になることから，冬季の積雪が融解する3月～4月の降雨イベントで洪水が発生すると考えられる．

このような洪水リスクのあるところに重要な街道が造られたのは，この場所が重要なチェックポイントとなっていたことと関係がある．この地域の尾根上にあったと考えられる要塞から，時々通行止めになる道路の人の出入りを監視するには好都合であったことが推察される．

キーワード：鉄門、狭窄部、洪水、河川堆積物、スルハンダリヤ、ウズベキスタン
Keywords: Iron Gate, gorge, flooding, fluvial sediments, Surkhandarya, Uzbekistan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モンゴルオルゴイ湖掘削試料のOSL年代測定
OSL dating of sediment core in Olgoi lake, Mongolia

*五十嵐 雄大[1]、長谷部 徳子[1]、勝田 長貴[2]、長谷川 精[3]、Davaasuren Davaadorj[4]、田中 幸哉[5]、Udaanjargal Uyangaa[1]、福士 圭介[1]、Niiden Ichinnorov[6]
*Yudai Igarashi[1], Noriko Hasebe[1], Nagayoshi Katsuta[2], Hitoshi Hasegawa[3], Davaadorj Davaasuren[4], Yukiya Tanaka[5], Uyangaa Udaanjargal[1], Keisuke Fukushi[1], Ichinnorov Niiden[6]

1. 金沢大学、2. 岐阜大学、3. 高知大学、4. モンゴル国立大学、5. キョンヒ大学、6. モンゴル科学アカデミー
1. Kanazawa University, 2. Gihu University, 3. Kochi University, 4. National University of Mongolia, 5. Kyunghee University, 6. Mongolian Academy of Science

モンゴル南部の山脈に挟まれた盆地には多数の湖が存在しており、”Valley of the Lakes”と呼ばれる。これらの湖は、第四紀の間で水位変動を繰り返している。この湖水位変動は気候変動を読み解く重要な情報である。南部の大きな盆地であるValley of the Gobi lakes の大きな流入源となるのはハンガイ山脈からの流入である。本研究の調査湖であるオルゴイ湖は、Valley of the Gobi lakesの他の湖よりハンガイ山脈山頂に近いため、流入 を敏感に反映している可能性が高いが年代報告例が非常に少ない。本研究では、オルゴイ湖の掘削試料の石英OSL年代測定を行った。この掘削試料は完新世をカバーする0.7~10kaの年代値を示した。さらに、オルゴイ湖掘削試料の最たる特徴として見られる砂礫の層の堆積が完新世の急激な気温変動イベントに関連していた可能性が示唆された。また、この掘削試料の深度7.5-9.0ｍで大きな年代のギャップがあった。これは過去の堆積環境、さらには気候を反映している可能性が高いが、本研究の年代値からは議論に至らなかった。このオルゴイ湖の複雑な堆積環境の変遷を読み解くには、高分解能な堆積物特性との比較が必要である。

キーワード：モンゴル、湖沼堆積物、OSL年代測定
Keywords: Mongolia, Lake sediment, OSL dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モンゴル南部の湖の古水位変動
Paleo Lake level change in southern part of Mongolia

*長谷部 徳子[1]、三寶 真[2]、Udaanjargal Uyangaa[2,3]、Ganbat Shuukaaz[3]、福士 圭介[1]、田中 幸哉[4]、Davaasuren Davaadorj[3]
*Noriko Hasebe[1], Makoto Sambo[2], Uyangaa Udaanjargal[2,3], Shuukaaz Ganbat[3], Keisuke Fukushi[1], Yukiya Tanaka[4], Davaadorj Davaasuren[3]

1. 金沢大学環日本海域環境研究センター、2. 金沢大学地球学教室、3. National University of Mongolia、4. Kyunghee University
1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 2. Department of Earth Sciences, Kanazawa University, 3. National University of Mongolia, 4. Kyunghee University

Lake Boontsagaan, Orog and Olgoy are located in the Valley of the Lakes, Gobi-Altai transition zone, which stretches from central to western Mongolia. This area suffers desertification probably due to the ongoing global worming and dried up lake sediments are worried as a source of contaminated sand storm. The flat surface in Valley of Lakes is covered with Quaternary lake sediments. Paleoshorelines are identified near the lakes. This study observed the sedimentary structures of the outcrops on the paleoshoreline and samples were collected to estimate the time when lake level was high by Quartz OSL dating method. The outcrop near the Ology, Boontsagaan, and Orog lakes are higher than the present lake level by 8 m, 15 m and 3 m, respectively.
The history of lake level change is proposed based on the age, altitude of the localities, and sedimentary structure of the outcrops. Data from Boontsagaan lake, for which coarse grains were analysed, scatter, therefore the youngest age component is extracted by plotting the data on the radial plot (Galbraith, 1988, Vermeesch, 2009). Ages from Boontsagaan Lake are around ~4-9 ka, while ages from Olgoy and Orog lakes are around ~1-2 ka. Because Boontsagaan Lake is larger and deeper than other lakes, its lake level change would be less active. Besides, relative height of the locality to the current lake level is higher then other two lakes. Therefore, the lake level was very high before ~5 ka, and relatively high at ~1-2 ka. The obtained results are consistent with previously reported data from the nearby sites (Lehmkuhl et al., 2018).

キーワード：湖水位変動、光励起ルミネッセンス年代測定、モンゴル、完新世
Keywords: Lake level change, OSL dating, Mongolia, Holocene

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度３次元地形を用いたリーフ地形上での波浪変形・伝搬過程の数値的解明

Numerical modeling of wave propagation on the coral reef based on high resolution 3D topography

*南舘 健太[1]、後藤 和久[2]、渡部 真史[3,4]、Volker Roeber[5,6]、渡久地 健[7]、三納 正美[8]、中島 洋典[9]、菅 浩伸[10]
*Kenta Minamidate[1], Kazuhisa Goto[2], Masashi Watanabe[3,4], Volker Roeber[5,6], Ken Toguchi[7], Masami Sannoh[8], Yosuke Nakashima[9], Hironobu Kan[10]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 東北大学大学院工学研究科、4. 中央大学大学院理工学研究科、5. ハワイ大学、6. ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラドゥール大学、7. 琉球大学、8. 日本ミクニヤ株式会社、9. 有明工業高等専門学校、10. 九州大学大学院地球社会統合科学府
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University, 3. Graduate School of Engineering, Tohoku University, 4. Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, 5. Hawaii University, 6. Université de Pau et des Pays de l'Adour, 7. Ryukyu University, 8. Mikuniya Corporation, 9. NIT, Ariake College, 10. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University

造礁サンゴによって形成されるリーフ上では，波浪の変形が起こることが知られている．従来，リーフは主に波浪を減衰させる効果を持つと考えられてきたが，台風による高波の波高をさらに増幅することも指摘されている．数値計算を用いた海岸工学的な研究においては，断面地形を用いた一次元断面計算，あるいは解像度の低い平面地形による計算が一般的に行なわれてきた．しかしながら，これらの計算ではリーフの微地形を表現できないため，リーフが波浪に与える影響を十分に評価することが難しい．そこで本研究では，ワイドバンドマルチビーム測深とUAVを用いた空中写真測量により，沖縄県久高島の1 mグリッド高解像度3次元地形を作成した（約3 ×5 km）．そして，得られた地形データに基づき，拡張型ブジネスクモデル（BOSZ）を用いて平面二次元波浪計算（5 mグリッド）を行うことで，微地形も考慮したリーフ地形上での波浪の変形メカニズムを解明した．本研究の結果から，リーフ上では浅海域で水深に応じて波浪の発達，減衰が起こると同時に，ミクロな視点では波浪伝搬過程はspursやgrooves等が作る微地形にも支配されていることが明らかになった．

キーワード：波浪、高波、サンゴ礁、マルチビーム測深、UAV、数値計算
Keywords: Wave, Storm wave, Coral reef, Multi-beam survey, UAV, Numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浅海底地形学：新たな分野の開拓と展望
Coastal Seafloor Geomorphology: launching of a new field and perspectives

*菅 浩伸[1]、堀 信行[2]、中井 達郎[3]、横山 祐典[4]、藤田 和彦[5]、長谷川 均[3]、中島 洋典[6]、浦田 健作[1]、鈴木 淳[7]、長尾 正之[7]、後藤 和久[8]
*Hironobu Kan[1], Nobuyuki Hori[2], Tatsuro Nakai[3], Yusuke Yokoyama[4], Kazuhiko Fujita[5], Hitoshi Hasegawa[3], Yosuke Nakashima[6], Kensaku Urata[1], Atsushi Suzuki[7], Masayuki Nagao[7], Kazuhisa Goto[8]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 首都大学東京・名誉教授、3. 国士舘大学文学部地理学教室、4. 東京大学大気海洋研究所、5. 琉球大学理学部物質地球科学科、6. 有明高専、7. 産総研 地質情報、8. 東北大学災害科学国際研究所
1. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 2. Emeritus Professor, Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, 3. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 4. AORI, University of Tokyo, 5. Department of Physics and Earth Sciences, Faculty of Science, University of the Ryukyus, 6. National Institute of Technology, Ariake College, 7. Research Institute of Geology and Geoinformation, AIST, 8. IRIDeS, Tohoku University

水深130m以浅の浅海域は，氷期・間氷期の海面変化に伴って，侵食・堆積作用を交互に受けながら地形がつくられる地域である。しかし，従来の地形学では議論されることが極めて少なかった。最近，マルチビーム測深等の探査技術の発展に伴って，正確かつ詳細な沿岸浅海域の地形測量を進めることが可能となってきた。本発表では，浅海底を対象とした地形学の新規性と可能性について，世界の研究事例や我々のグループの研究資料を基に議論する。

キーワード：マルチビーム、音響測深、海水準変動、陸棚
Keywords: multibeam bathymetry, echo sounder, sea level change, shelf

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

地形学に関する様々なテーマ，地形形成プロセス，地形発達およびその地球環境変動との関係，地形災害やその軽減，特に日本国内で発生した様々な自然災害に関する報告，ハザードマップ，人間活動と地形変化の関係，地形計測手法やその自動化などに関する研究成果が日本語または英語で発表されます．

[HGM04-P01] DEMから算出した地形特徴量に対する自己組織化マップ(SOM)を利用した自動地形分類の試み

*伊東 快起[1]、小田 義也[1]、松岡 俊文[2] (1.首都大学東京、2.深田地質研究所)

[HGM04-P02] **DEMを用いた流域の平均侵食量の関数化**

*山中 玲[1]、青木 賢人[1] (1.金沢大学)

[HGM04-P03] 地すべり崩壊地における土砂の移動とガリーの時系列的発達

*堀川 泰寛[1]、青木 賢人[2] (1.筑波大学、2.金沢大学)

[HGM04-P04] 地上レーザー測量（TSL）で識別される丘陵谷頭部の微細地形

*西城 潔[1]、古市 剛久[2]、今野 明咲香[3] (1.宮城教育大学、2.北海道大学農学研究院、3.常葉大学)

[HGM04-P05] 谷頭凹地の地下構造推定における電気探査の適用―筑波山花崗岩斜面における事例―

*吉原 直志[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HGM04-P06] 電気比抵抗探査に基づくドリーネの土層分布の推定
―山口県秋吉台カルストの事例―

*平本 直也[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学　大学院　生命環境科学研究科　地球科学専攻、2.筑波大学　生命環境系)

[HGM04-P07] 東京都伊豆諸島八丈島の三原山東側斜面にみられる甌穴(ポットホール)群とその成因

*石橋 隆[1]、松味 智晃[2]、樋口 蓮[2]、山本 由樹[2]、島田 圭吾[2]、森本 浩友[2]、島田 努[3]、朝倉 顯爾[4] (1.公益財団法人益富地学会館、2.立命館大学探検部、3.ポットホール調査隊、4.京都大学大学院理学研究科)

[HGM04-P08] 多摩川・荒川上流河谷における，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化

*高橋 尚志[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P09] 大磯丘陵東部における吉沢層構成礫の特徴から見た地形発達史と活構造の推定

*村木 昌弘[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P10] 鳥取県東部千代川における大規模出水の繰り返しによる砂礫移動と護岸崩壊

*小玉 芳敬[1]、竹本 健人[2] (1.鳥取大学農学部、2.兵庫県)

[HGM04-P11] 遷急点の後退からみた大隅半島串良川における阿多火砕流堆積以降の下刻過程

*高波 紳太郎[1] (1.明治大学)

[HGM04-P12] **日本列島における海成段丘と海底段丘の分布の比較**

*小松 哲也[1]、日浦 祐樹[1]、高橋 尚志[2]、舟津 太郎[2]、村木 昌弘[2]、木森 大我[2]、須貝 俊彦[2] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P13] 与那国島南海岸の海蝕地形

*木村 颯[1]、浦田 健作[2]、長谷川 均[3]、市原 季彦[4]、鈴木 淳[5]、堀 信行[6]、菅 浩伸[2] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院 、3.国士舘大学 、4.堆積環境リサーチ、5.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門 、6.奈良大学地理学科)

[HGM04-P14] 奄美大島住用湾の海底地形 ―マルチビーム測深による可視化―

*田中 美保[1]、渡久地 健[2]、堀 信行[3]、木村 颯[4]、今井 志彦[5]、中島 洋典[6]、名島 弥生[7]、菅 浩伸[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.琉球大学、3.首都大学東京、4.九州大学工学部、5.岡山大学理学部、6.有明工業高等専門学校、7.総合研究大学院大学、8.九州大学)

DEMから算出した地形特徴量に対する自己組織化マップ(SOM)を利用した自動地形分類の試み

Automatic landform classification using Self-Organizing Map (SOM) by geomorphological features calculated from DEM

*伊東 快起[1]、小田 義也[1]、松岡 俊文[2]
*Ito Yoshiki[1], Yoshiya Oda[1], Toshifumi Matsuoka[2]

1. 首都大学東京、2. 深田地質研究所
1. Tokyo Metropolitan University, 2. Fukada Geological Institute

DEMから算出される各種の地形的な特徴量をもとに作成された地形分類図は、非常に多くの場面において利用されている。Iwahashi and Pike(2007)は。地形の傾斜、凸度、表層テクスチャを利用した地形の分類方法を提案し、現在広く利用されている。本研究では、これらの先行研究を参考に、教師なしのニューラルネットワークである自己組織化マップ(Self-Organizing Maps)を利用した地形分類の自動化と使用する地形特徴量の組み合わせによって、分類結果が受ける影響の把握を目的とした。本研究での対象地域は、山梨県と長野県の県境に位置する八ヶ岳南部の地域(東西約22.5km、南北約20.0km)とした。

SOMの具体的な適応は以下の手順で行った。①DEMデータより傾斜量、凸度、表面テクスチャー、斜面方位、尾根谷度、曲率、起伏量、の地形特徴量の算出を行う。②これらの地形特徴量を組み合わせて、SOMへの入力データとした。地形特徴量の組み合わせは合計7パターン用意した。③これらのデータに対して、SOMによって教師無し学習を行い、地形分類図を作成した。また、SOMでの分類の特徴を可視化するため、各特徴量のヒストグラムも作成した。④作成された地形分類図とヒストグラムをもとに分類結果を比較し、利用した地形特徴量の組み合わせによる分類結果の影響を検討した。またIwahashi and Pike(2007)による分類結果との比較も行った。その結果、複数の地形特徴量を用いたSOMによる自動地形分類では、比較的一様に分布している地形特徴量が偏りのある地形特徴量と比べて分類に大きく影響していることが分かった。また、ヒストグラムが対称な分布で、かつデータの振れ幅が少ないヒストグラムを持つ地形特徴量は、SOMによる地形分類結果には大きな影響を与えないことが分かった。今後は教師ありニューラルネットワークの適用を通して、地形分類図の防災分野への適用を考えていきたい。

キーワード：数値標高モデル(DEM)、自己組織化マップ(SOM)、地形分類
Keywords: digital elevation model(DEM), Self-Organizing Maps(SOM), landform classifications

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DEMを用いた流域の平均侵食量の関数化
Functionalization of the Average Erosion of Drainage Basin Using DEM

*山中 玲[1]、青木 賢人[1]
*Rei Yamanaka[1], Tatsuto Aoki[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

1.はじめに

日本の湿潤変動帯における地形発達モデルは，これまでも数多く議論されている．吉川（1985）は，日本での湿潤変動帯における変動地形を考慮した地形発達モデルとして議論する必要性を示した．また，Ohmori（1978）は，50mDEMを用いた高度分散量から，山地の成長段階を評価している．

本研究では，全国的に入手可能な10mDEMを用い，ArcGISにより流域単位での平均侵食量を求め，Ohmori（1978）の高度分散量のデータと比較した．

2.対象地域

Ohmori（1978）で分析している山地から発達段階別で，宗谷丘陵，太平山地，阿武隈高原，白神山地，三河高原，白山，関東山地，赤石山地，飛騨山脈に絞った．

3.解析方法

ArcGISにて集水域ごとの平均侵食量を算出した．

対象地域のDEMより(1)集水域の作成，(2)接峰面の作成（グリッド法），(3)侵食深の算出，(4)集水域ごとの平均侵食量を算出，これを元に(5)グリッドサイズを3から301の間で変更し，平均侵食量を算出した．(1)については累積流量図と河川データによりしきい値を決定し，二次河川以上を集水域とみなした．接峰面は侵食前の仮想的な地表とみなすことができることから，(2)で求めた接峰面とDEMの差分で(3)侵食深を算出し，(4)集水域ごとの平均侵食量を求めた．

(2)から(5)はスクリプトによる処理の自動化（Arcpy）により処理を行った．

4.平均侵食量の関数化

接峰面を作成した際に使用したグリッドサイズと侵食量の関係を関数化した．その際，一次関数，べき関数，指数関数，対数関数にグラフフィッテングし，近似曲線とその誤差について求めた．

この結果，最もフィットした関数は対数関数「y=alog(1+bx)」であり，誤差が最小であった．

bが一定，aがN倍の場合，グラフはN倍となる．aが一定，bがN倍の場合，グラフは1/Nに縮小する．よって，aは谷の深さを，bは谷幅を表すと考えられる．

5.山地別平均侵食量の評価

関数化した山地別平均侵食量から，係数による散布図を作成した．

Ohmori（1978）の地形発達区分による同じ地形発達段階でも，白神山地や三河高原のように，地形発達としては三河の方が進んでいるとされているが，谷は白神山地の方が深いことが読み取られ，白神山地はより急な谷が存在していることがわかった．

6.まとめ

平均侵食量の関数化により，同じ山地内の侵食部分の特定が可能となる．また，Ohmori（1978）の地形発達区分と合わせ，これから侵食する場所も把握できる．

更に，山地の規模を広げた考察が可能であるため，山地の発達段階を予想することができる．反対に規模を狭め，集水域単位での考察も可能であることから，今後の地形変化の評価ができると考えられる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地形発達、数値標高モデル（DEM）、平均侵食量、高度分散量、地理情報システム（GIS）
Keywords: Geomorphic development, Digital elevation model(DEM), Average erosion, Altitudinal dispersion, Geographic Information System(GIS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地すべり崩壊地における土砂の移動とガリーの時系列的発達
The Movement of Sediment and Development of Gullies Inside of Landslide area

*堀川 泰寛[1]、青木 賢人[2]
*Yasuhiro Horikawa[1], Tatsuto Aoki[2]

1. 筑波大学、2. 金沢大学
1. Tsukuba University, 2. Kanazawa University

ホートンの法則に代表される水系網の特性を理解する研究には、大きく分けて2つのアプローチがある。1つは既存の地形をもとに水系網を記述し、その特性を把握するものである。Schumm(1956)に見られるホートンの法則は、この経験則から導き出された．ただし，このアプローチでは水系網の形成プロセスを直接理解することは難しい。もう一つは、柏谷など(1974)に見られる、実験により水系網を発生させ特性を明らかにするアプローチである。ただし，土層構造などの各種条件を均一化して実験を行っているため，現実の斜面の状況を反映しているわけではない．本研究では，その両者のつなぐことを目的として、水系網が発生していない現実の初生的斜面をフィールドとしてガリーの発達過程を調べ、ホートンの法則との整合性を考察した。

調査地は、石川県金沢市にある第三紀海成層上に2017年11月に形成された新しい円弧状地すべりの発生域の斜面である。地形表面には大小の粒径が淘汰されていない土層が分布している。この斜面における水系網の時系列的な変化を、UAVによるリモートセンシングで調べた。並行して，水系網の発達プロセスを把握するために以下の4つの調査を行った。①地表面に塗料を塗布し降雨の前後における表面の剥離を把握した．②斜面に杭を差し侵食量と堆積量を求めた．③ガリーの横断面型を反復計測し，形状の変化を把握した．④ガリーの内部の土砂の移動を見るために、レンガを用い内部の礫の挙動を記述した。

2018年7月から11月までの調査の結果、水系網は崩壊地の奥まで侵入し、ガリーで覆われた。ホートンの第1及び第2法則について調べた結果、調査地の水系網は調査前後でホートンの第1法則と適合した。一方でホートンの第2法則については適合せず、水路の平均長はそれぞれの次数でほぼ同じであった。水系網の形状は形成初期の平行状から樹枝状へと変化し始める過程が見られた。この崩壊地の地表面は土壌硬度が2～4kg/㎠ほどと侵食されやすく、頻繁に土砂移動が発生する。また、滑落崖を除き斜面上では侵食と堆積が繰り返し発生した。ガリーに関して、下刻と側方侵食による堆積物中の粒径の大きな礫が抜け落ちる現象が見られた。レンガが最も大きく移動したのは7月から9月までの間で、累積降水量が多い時期であり、側方侵食と礫の抜け落ちが見られたのもこの時期である。崩壊地の内部では、侵食と堆積が頻繁に発生し、ガリー侵食は連続的ではなく間欠的に発生することが分かった。

実際の地形と実験での地形形成を比較した際、実験の場合では常に侵食量が堆積量を上回るように設計してある。一方で実際の地形では、長期的なスパンでは侵食速度の方が堆積速度を上回るものの、地表面の堆積速度を侵食速度が上回るまで水系網の拡張の元となる河川争奪が十分に発生せず水系もう発達の一部が阻害されたからだと考えられる。また、調査中は地すべり発生域の凹地が変化することがなく、リルがそのままガリー化した場合も見られ、水系網の活発な統合が起きなかったことが考えられる。これらを踏まえて、次数の低い谷の長さが小さくならなかったのには、崩壊地の内部の次数の低い谷がより上流に延長したことや、崩壊地内部の微細な高低差によって、2・3・4・次谷の延長が伸びなかったためだとみられる。

参考文献

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・柏谷健二・横山康二・奥田節夫 1974 ガリーの発達に関する計測と考察. 地理学評論 47-4: 413-425

・S.A. Schumm 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. In Geological Society of America bulletin 67: 597-646.

キーワード：ガリー侵食、地すべり地、マスムーブメント
Keywords: Gully Erosion, Landslide, Mass Movement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地上レーザー測量（TSL）で識別される丘陵谷頭部の微細地形
Detailed topographic survey of valley head in hill by terrestrial laser scanning

*西城 潔[1]、古市 剛久[2]、今野 明咲香[3]
*KIYOSHI SAIJO[1], Takahisa Furuichi[2], Asaka Konno[3]

1. 宮城教育大学、2. 北海道大学農学研究院、3. 常葉大学
1. Miyagi University of Education, 2. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, 3. Tokoha University

宮城県大松沢丘陵の谷頭部において、地上レーザー測量（TSL）による精密測量を行い、等高線間隔0.5mの等高線図を作成した。その結果、谷頭部の微地形区分がより精確に行えるようになっただけでなく、従来、必ずしも十分には認識されてこなかった微細地形が容易に認識できるようになった。こうした微細地形の特徴を明らかにすることにより、谷頭部付近のミクロな土砂移動プロセス、炭焼きなどの里山利用に伴う人為的地形改変などが把握できる可能性がある。

キーワード：丘陵、谷頭部、微細地形、地上レーザー測量
Keywords: hill, head hollow, microtopography, terrestrial laser scanning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

谷頭凹地の地下構造推定における電気探査の適用ー筑波山花崗岩斜面における事例ー

Preliminary application of electrical resistivity tomography to estimate subsurface structure of unchanneled valley: A case at granitic hillslope near Mt. Tsukuba, Japan

*吉原 直志[1]、八反地 剛[2]
*Naoyuki Yoshihara[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学大学院生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

地下構造，特に土層厚は，表層崩壊の発生に関わる重要な一要素である．しかし，地下構造の空間的かつ連続的な把握には多大な労力と時間を要するため，より効率的な調査手法の確立が望まれる．地下構造の推定手法として電気探査の有用性が従来より議論されてきたが，実際には深層の水分分布に着目した探査事例が多いため，表層における地下構造の可視化を試みる余地がある．そこで，筑波山麓（茨城県）の花崗岩山地における谷頭凹地を対象として，二次元電気探査，簡易貫入試験，物性値の測定を実施し，表層地下構造の推定における電気探査の適用性について検討した．

電気探査の実施日には，先行降雨がほとんど観測されなかった．電極間隔を0.5 mに設定した探査により，高解像度の比抵抗分布図が得られ，土層（簡易貫入試験による抵抗値$N_c = 3$）の深度が4000～10000 Ω mの比抵抗域として可視化された．一方，基盤岩（$N_c = 30$）の深度と比抵抗域の対応関係は不明瞭であった．比抵抗分布図と物性値の測定結果から，探査時には地表面付近は乾燥しており，地下深部は地下水により湿潤状態であったことが示唆される．したがって，表層では物質ごとの表面伝導特性の違いが比抵抗値に反映されたと推定される．また地下深部の岩盤内部では，岩盤地下水に起因する液中伝導特性が比抵抗値に反映されたと推定される．

キーワード：表層崩壊、谷頭凹地、花崗岩、電気探査、地下構造
Keywords: Shallow landslide, Unchanneled valley, Granite, Electrical resistivity tomography, Subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

電気比抵抗探査に基づくドリーネの土層分布の推定 ー山口県秋吉台カルストの事例ー

Estimating distribution of soil thickness in doline from electrical resistivity tomography: A case study in the Akiyoshi-dai Karst Plateau, Japan

*平本 直也[1]、八反地 剛[2]
*Naoya Hiramoto[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学　大学院　生命環境科学研究科　地球科学専攻、2. 筑波大学　生命環境系
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

山口県秋吉台カルストの10個ドリーネにおいて2次元電気比抵抗探査を実施し，ドリーネの土層厚分布を推定した．また，GISを用いた地形解析を行い，地形量と土層厚の関係について考察した．電気探査により，すべてのドリーネの地下に比抵抗値の急激な遷移層が存在することを確認した．本研究では過去の簡易貫入試験による土層厚の測定結果に基づき，比抵抗値280 Ω·m～400 Ω·mを土層から基盤岩の遷移層と判断し，地表から比抵抗値280 Ω·mの層までを土層，比抵抗値400 Ω·mの層よりも深い部分を基盤岩と判別した．分析の結果，ドリーネ斜面上部の土層厚（最大6.5 m）は斜面下部（最大9 m）よりも小さく，ドリーネの底部の土層厚（最大11 m以上）は，斜面の土層厚（最大9 m）より大きいことが明らかになった．また，ドリーネ底部の場合，集水面積が大きいドリーネでは平均土層厚も大きくなる傾向があった．集水面積はドリーネ底部の土層厚を決定する主な要因の1つであることが推定される．

キーワード：カルスト地形、GIS、底部直径、傾斜、集水面積
Keywords: Karst landform, GIS, Bottom diameter, Slope, Catchment area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京都伊豆諸島八丈島の三原山東側斜面にみられる甌穴(ポットホール)群とその成因

Occurrence and origin of potholes developed on the eastern slope of Miharayama in Hachijojima, Izu Islands, Tokyo Prefecture, Japan

*石橋 隆[1]、松味 智晃[2]、樋口 蓮[2]、山本 由樹[2]、島田 圭吾[2]、森本 浩友[2]、島田 努[3]、朝倉 顯爾[4]
*Takashi Ishibashi[1], Tomoaki Mastumi[2], Ren Higuchi[2], Yuki Yamatmoto[2], Keigo Shimada[2], Hirotomo Morimoto[2], Tsutomu Shimada[3], Kenji Asakura[4]

1. 公益財団法人益富地学会館、2. 立命館大学探検部、3. ポットホール調査隊、4. 京都大学大学院理学研究科
1. Masutomi Museum of Geocience, 2. Ritsumeikan University Explorers Club, 3. Pothole Survey Team, 4. Kyoto University Graduate School of Science

【はじめに】　八丈島（東京都八丈町）の三原山東側の斜面を流れる沢筋には多数の欧穴（ポットホール，pothole）がみられる．この欧穴群が発見されたのは近年で，2016年に八丈町によって文化財指定がされた．しかし，欧穴群の分布状況やその成因については必ずしも明らかにされていないために，2014年から2016年にかけて欧穴の数や分布域，形態の計測，周辺の地質，水量，植生の調査が４次に渡って行われた．更に採取された岩石鉱物の諸分析も行われた．これらによって得られた情報を報告すると共に欧穴の形成機構について考察する．

なお，調査地域は富士箱根伊豆国立公園の特別地域内であり，試料の採取は自然公園法の定める環境省の許可（環関地国許第1509143号）を得て行なわれた．

【欧穴について】　甌穴については確たる定義づけがされていないが，『地学事典』（地団研，1996）では「河底や河岸の硬い岩面に浸食によりできた円形をした深い穴」とされている．定義が曖昧であるので八丈島では，次の基準設定のもとで調査が行われた．単に土砂が水流で削られている穴は含めず，周囲が岩盤で転礫などの運動等に伴って削られた穴で，次に述べる2点の測定基準において深さ10 cm，幅30 cm以上のものを欧穴とみなした．①深さは最深部を起点として，削られている高さまでの垂直距離とする．②幅は深さを測定した際の高さ基準（水の流出部の岩盤の頂点）から水平に測定し，長径と短径の平均直径とする．

【三原山東側斜面の欧穴群】　欧穴群は三原山東側末吉地区の斜面で多く発見されている．斜面には概ねWNW－ESE方向に小さい谷沢が幾つも並行してみられ，欧穴はこの谷沢の水路上に連続するように形成されている．9つの谷沢で欧穴が確認され，その総数は700に達する．中でも“本流”と称される谷沢はその延長および水量において最大で，欧穴の数も最も多く，欧穴群の形成様式が模式的といえる．今回は本流の調査結果を中心に報告する．本流では約530 mの水路において基盤岩に141の欧穴が確認された．欧穴の形態は大別して次の2タイプがみられる．①欧穴型：礫の運動などによって深く穿たれた典型的な欧穴，②スプーン型：直径の割に深さが浅いもの．スプーン型の小型のものは水流に対して調和的な方向に開口部が伸長しているものが多く認められる．欧穴型は19穴，スプーン型は122穴である．欧穴内には礫が認められるものもある．欧穴は傾斜12－18°程度の水路に数m間隔で階段状に連続して形成され，段の間は小さな滝状に斜面を水が流れる．欧穴がみられる基盤岩は玄武岩質溶岩であり，1-2 cm程の灰長石の自形結晶が多量に含まれるのが特徴的である．偏光顕微鏡による観察では，全体的にガラス質で流理構造が顕著で，前述の自形の灰長石以外には斜長石，単斜輝石，斜方輝石の1 mm以下の結晶が含まれる．露頭での観察では，しばしば数－数十cmのほぼ完晶質の玄武岩の角礫が捕獲岩として認められる．これはマグマが地表に至る過程で火道内壁などの岩石を捕獲したものと推定される．欧穴はこの玄武岩質溶岩の分布域のみに確認される．玄武岩質溶岩は，三原山の主成層火山体の一部であるとみなすことができ，その年代については菅(1998)によれば26-30 kaとされる．水路や周辺の岩盤の表面は磨滅により滑らかであり，水路の底や流量増加時には水路となる部分には，流れに調和的

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

な方向に筋状の窪みのパターンが認められる．歐穴内には礫がみられるが，円磨度の高いものが多く，岩石種は玄武岩質溶岩や捕獲岩と同様の玄武岩の割合が高い．水路脇の岩盤はコケなどにより覆われており，コケの群体には粒度3 mm以下程の砂礫が多量に抱えられていることが認められる．

【歐穴の形成機構】　歐穴の形成のためには，岩盤とそれを穿つ礫に加えて水の存在が不可欠である．歐穴がみられる玄武岩質溶岩の上下には，降下スコリアなどを主体とする層が認められる．この層では伏流する天水などが，不透水である玄武岩質溶岩の上部面で集まり，水路を形成する．玄武岩質溶岩の層には，火山性降下堆積物や火砕流堆積物の層が挟在している．これらの堆積物層は厚さが数十cmから6 m程度あり，浸食に著しく脆弱であるために水路においてはこの層のある場所で滝が形成されている．滝では堆積物層が側面切り崩し浸食作用によって滝が後退し，堆積層の上に載る玄武岩質溶岩層を滝壺に落下させて巨礫や礫が生産される．この礫が歐穴の形成に関与すると推定される．滝や歐穴内のボールミル的機構で発生する砂礫は，水流でのトラクションにより水路やその周辺の岩盤表面を磨滅して窪みを作ることに寄与し，スプーン型歐穴形成の一因となると推定される．参考文献：菅(1998): *第四紀研究*, **37**, 59-75. ; 地団研(1996): 1228.

キーワード：甌穴、八丈島、伊豆諸島、火山、玄武岩質溶岩
Keywords: pothole, Hachijojima, Izu Islands, volcano, basaltic lava

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多摩川・荒川上流河谷における，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化

Temporal and spatial changes of sediment supply processes from tributaries since the last glacial period in the upper valleys of the Tama and Ara rivers, central Japan

*高橋 尚志[1]、須貝 俊彦[1]
*Takayuki Takahashi[1], Toshihiko Sugai[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

山地から低地までの長期的な土砂動態システムを明らかにする上で，河川上流域における支流から本流への土砂移動過程とその時空間変化の評価は重要である．島津（1990; 1991）は，東北日本の山地河川において現河床礫を調査し，土石流停止勾配（80‰）を超える急勾配の支流が頻繁に流入する本流区間では，土石流により粗粒な礫が供給され，礫径のばらつきが大きくなること，80‰以下の支流が主に流入する区間では本流河川による選択運搬が卓越することを指摘した．しかし，支流から本流への土砂供給様式の長期的な時間変化を検討した事例は少ない．北海道および東北～中部日本の諸河川上流域では，最終氷期に河谷が埋積された結果，堆積段丘が発達している．関東山地を流れる多摩川・荒川上流河谷に発達する最終氷期の堆積段丘の多くは，支流性のToe-cut terraceである（Takahashi and Sugai, 2018など）．最終氷期の支流性段丘面の河谷横断方向への勾配（Sg）は，最終氷期の支流の河床勾配を示すと考えられ，これと現支流河床勾配（Sp）を比較することで，最終氷期以降の支流の河床勾配変化を推定できる．本報告では，多摩川・荒川上流河谷においてSpとSgを比較し，80‰を閾値として，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化について検討する．

多摩川・荒川上流域の同一支流では，SgよりSpが大きく，後氷期の本流の下刻に伴い，支流の侵食基準面高度が低下し，支流が急勾配化したことを示す．80‰を閾値として，支流を3タイプ（Type-A～C）に分類した．Type-Aは，Sg，Sp＞80‰，最終氷期以降土石流により本流河谷へ土砂を供給してきた支流である．Type-Bは，Sg≦80‰，Sp＞80‰，最終氷期に掃流，現在は土石流により土砂を供給する支流である．Type-Cは，Sg，Sp≦80‰，最終氷期以降掃流により土砂を供給してきた支流である．支流Typeに基づき，多摩川・荒川上流河谷を3つのセグメントタイプ（Seg. A～Seg. C）に分類した．Seg. Aは，Type-A支流が卓越する区間で，多摩川上流の軍畑より上流と，荒川の源流域に出現する．Seg. Bは，Type-B支流が卓越する区間で，多摩川の軍畑一青梅間と，荒川の秩父盆地上流部および狭窄部に出現する．Seg. Cは，Type-C支流が卓越する区間で，荒川の秩父盆地下流部および狭窄部に出現する．

多摩川，荒川ともに，Seg. Aは上流に限られ，最終氷期には，これより下流では本流のふるい分けが卓越していた可能性がある．Seg. Cが，荒川の秩父盆地下流部で出現することは，新第三系の丘陵に端を発する支流が流入するためと考えられる．荒川狭窄部は，新第三系に挟まれた変成岩が露出する区間であり，岩石制約によって河谷幅が狭くなることで，急勾配な支流が流入すると考えられる．Sp，Sgは，支流の集水域起伏比（Rr）と正の相関関係にある．Sp，Sg，Rrは，多摩川上流河谷では下流（東）へ減少する．荒川上流河谷では，これらの値が源流域（三峰口より上流）から秩父盆地（三峰口～皆野）にかけて減少し，狭窄部（皆野～寄居）で再び増加する．全体として下流へSp，Sg，Rrが減少する傾向は，関東山地の山稜が東へ低下する傾向を反映していると考えられる．本流の河床高度変化に応答した，支流から本流への河床勾配および土砂供給様式の変化は，上流河谷全体で一様ではなく，基盤の岩質や山地の起伏分布の影響を受けている可能性が示唆される．

キーワード：河成段丘、土石流、山地河川、土砂動態システム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: fluvial terrace, debris flow, mountain river, sediment routing system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大磯丘陵東部における吉沢層構成礫の特徴から見た地形発達史と活構造の推定

Landform evolution and active tectonics in the eastern part of Oiso Hills inferred by characteristics of gravels composing Kissawa Formation, Japan

*村木 昌弘[1]、須貝 俊彦[1]
*Masahiro Muraki[1], Toshihiko Sugai[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo

はじめに

神奈川県南部に位置する大磯丘陵は周囲を活断層によって囲まれた隆起地塊で、第四紀後半における地殻変動のきわめて激しい地域であり、中でも大磯丘陵東部には、多数の短い活断層が存在する (図. 1: 活断層研究会編, 1991) が、本地域の地形発達史ならびに活構造については十分に解明されていない。筆者らは、対象地域に広く分布し最終間氷期を主堆積時期とする吉沢層 (町田・森山, 1968) の段丘礫を中心に堆積環境と古地形を推定し、現地形と比較することで、この地域の地形発達史と活構造を解明することを目的とし、調査・分析を行った。

研究手法

現成堆積物 (金目川現河床礫・相模湾現海浜礫) と吉沢層は、露頭面または堆積面のうえに 1 m ×1 m の方形枠を設け、表層 100 個の礫を大きい順に採取した。現河床礫は金目川沿い 5 地点、現海浜礫は金目川河口付近から西へ 7 地点、段丘構成層は 15 地点で採取した。採取した礫の礫径 (長・中・短径)、礫種、円磨度、風化度を計測・測定し、マトリクスはふるいを用いて全量分析した。露頭から採取した火山灰は、実体顕微鏡や偏光顕微鏡を用いて鉱物組成および火山ガラスの形状を観察し、SEM-EDS を用いた火山ガラスの主成分化学組成分析を行った。

また、研究対象地域を 2 つ (高麗山周辺地域と日向岡周辺地域) に分け、さらに高麗山周辺地域では活断層 (活断層研究会編, 1991) を境に 4 つのブロック (OSA ～ OSD) に分けて空中写真判読を行い、段丘面を区分した (図. 2)。

結果

金目川現河床礫 の平均中径は下流へ 7 cm から 3 cm に減少し、円磨度は 0.3 から 0.6 へ増大、扁平度は 0.3 ～ 0.4 程度で概ね一定する。構成礫種は、上流では火山砕屑岩が多数を占め、下流では砂岩・泥岩・礫岩の割合が増加する。相模湾沿現海浜礫 の平均中径は約 3 cm、円磨度は約 0.7、扁平度は地点によるが約 0.6 で、礫種は火山砕屑岩と砂岩・泥岩が卓越する。吉沢層構成礫の平均中径は約 2 cm で、円磨度は 0.6 ～ 0.7 程度、扁平度は 0.3 ～ 0.4 程度である。礫種は火山砕屑岩の割合が高く、砂岩・チャートが次ぐ。

空中写真判読より、対象地域一帯には、吉沢面に対比しうる最終間氷期に形成した段丘面 (吉沢 II 面)、七国峠海進 (230 ～ 250 Ka) 堆積物の堆積面である七国峠面が分布する。鷹取山東部地域の不動川右岸側に、不動川の支流によって形成されたと考えられる、角～亜角礫層からなる東部鷹取山面を認定し、その角～亜角礫層中に姶良丹沢火山灰 (AT: 30 ka ; 町田・新井, 2003 ; Smith et al., 2013) が挟在する。

考察

金目川現河床礫は上流から下流にかけて粒径が減少し、淘汰が良くなり、円磨度が増す一方、扁平化は進まないことや、相模川が完新世後期に相模平野の西寄りを流下し、現金目川の最下流部に相模川水系の礫を堆積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

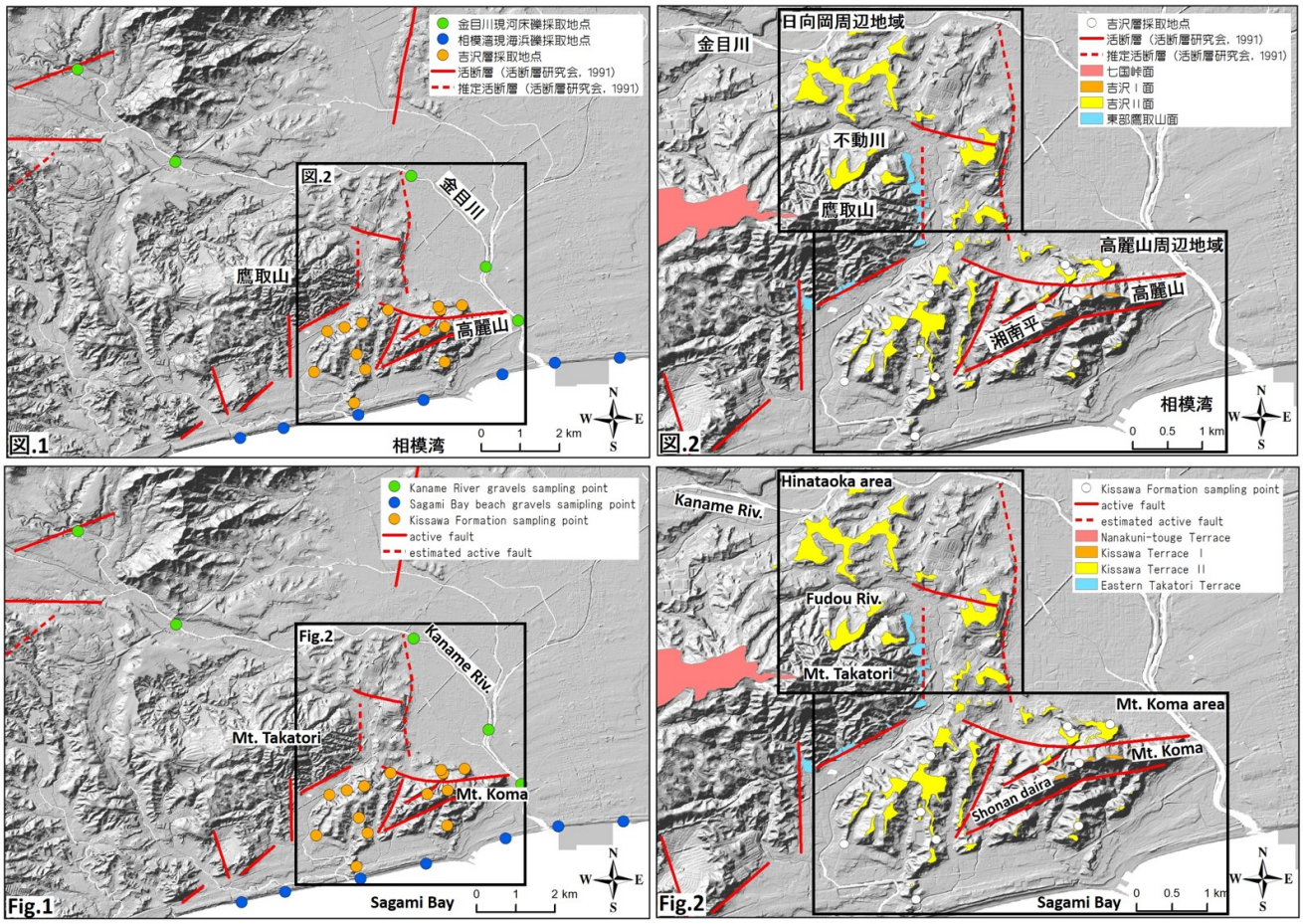
させた可能性があることが示唆された。相模湾現海浜礫は堆積場による影響を受けながら、波 (沿岸流) の営力によって磨耗作用とともに扁平作用も働くことが示唆された。また、金目川現河床礫が円磨度 0.6 以下、相模湾現海浜礫は円磨度 0.6 以上と区別できることを確認した。

吉沢層の分析結果から、OSB ブロックを境に、南北で堆積環境の違いが見られ、OSB ブロック (湘南平) の吉沢面 (吉沢 I 面) は最終間氷期より古い地形面である可能性が示唆された。また、最終間氷期 (吉沢層堆積完了期)、古金目川は生沢断層系によって生じた生沢構造谷に沿うように、現不動川流域に流れ込んでいた可能性が示唆された。吉沢層堆積後、現不動川上流が断ち切られ、日向岡断層や小向断層などの断層運動により流路が変化し、現在の流路位置となった可能性が高く、その後、現不動川が無能河川化することで、東部鷹取山面が、本流に削られることなく連続的に保存されたと考えられる。

引用文献

活断層研究会編 (1991) 東京大学出版会, 437 p. 町田・森山 (1968) 地理学評論, 41 巻, 4 号, p. 241-257. 町田 洋・新井房夫 (2003) 東京大学出版会, 336 p. Smith, V. C. et al., (2013) Quaternary Science Reviews, Vol. 67, p. 121-137.

キーワード：吉沢層、堆積環境、地形発達史、活構造、大磯丘陵
Keywords: Kissawa formation, depositional environment, landform evolution, active tectonics, Oiso hills



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鳥取県東部千代川における大規模出水の繰り返しによる砂礫移動と護岸崩壊

Sediment movement and collapse of bank protections by a series of large flood events at the Sendai River, Tottori, southwest Japan

*小玉 芳敬[1]、竹本 健人[2]
*Yoshinori Kodama[1], Kento Takemoto[2]

1. 鳥取大学農学部、2. 兵庫県
1. Faculty of Agriculture, 2. Hyogo Prefecture

はじめに

2018年7月5日から7日に発生した西日本豪雨では，鳥取県智頭町では降り始めから7日午前10時までの総雨量が490.5 mm，同県佐治町では462.5 mm，同県若桜町では435.0 mmを記録した．これらはいずれも7月の観測史上最大値を示した．鳥取県東部を流れる千代川（流域面積：1,190 km^2，流路長：52km）では，河川護岸の崩壊が多発し，河原（砂礫堆）の形成が顕著に認められた．千代川では2017年7月，9月にも台風により2004年以来の大規模出水が生じていた．本研究の目的は，これらの大規模出水の繰り返しにより千代川で生じた土砂移動の実態を全川にわたり記載することである．そして，護岸崩壊の要因を明らかにすることである．

調査方法

石川においては，出水時の砂礫の移動に伴い砂礫堆と呼ばれる河床形がしばしば形成される．千代川で生じた大規模出水の前後における砂礫堆の変化を調べるために，比較的雲の少ない2016年3月，2018年2月，2018年11月のAirbus衛星写真を購入した．さらにより鮮明に写ったgoogle earthの画像（2018.06.02）を参考にしながら，Airbus衛星写真の解析を進め，堤外地で植生に覆われた部分，砂礫に覆われた部分，岩盤が露出した部分を判読し，砂礫堆の前縁部の傾斜急変線を描き，半波長の長さを計測した．砂礫堆前縁部に関しては，明瞭度に応じて実線と破線で区分した．

2018年8～11月に実施した現地調査では千代川本川にそって，護岸崩壊の位置をマッピングし，砂礫堆が明瞭な箇所では，レーザー距離計（Laser Technology社製，TruPulse360）を用いて，砂礫堆の最高点と水面との比高を計測した．

結果および考察

調査の結果，最上流部の未調査区間（流下距離：0-6.6 km）の除いて，千代川は3つの区間に分かれることが明らかになった．1つ目は，上流区間（流下距離6.6-11.8 km）で，河床砂礫が流亡し岩盤が広く河床に露出した河相が卓越した区間である．衛星写真は2018年6月に撮影された衛星写真では智頭町中原周辺の河道内には砂礫からなる河原が読み取れた．しかし，7月出水後の現地観察では，砂礫が流亡し岩盤が広く露出していた．この上流区間では11箇所の護岸崩壊を確認し，河床低下に伴い護岸の基礎部が宙に浮き上がった箇所もいくつか観察した．護岸はこのように支持を失い崩壊したと考えられる．

2つ目は流下距離11.8-31.0 kmの区間で，砂礫が河床を広く被覆して，砂礫堆が明瞭になった区間である．大規模な出水を重ねるに従って，それまで人為的に平滑化されていた河床に交互砂礫堆が発達し，それらの前縁部が明瞭になった．3つ目は流下距離31.0-48.4 kmの区間で，植生で覆われた高水敷きや河原と，低水

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

路内の砂礫堆の混在区間である．出水を重ねるに従って，低水路内の砂礫堆の連続性が良くなったことが分かった．

砂礫堆の半波長と比高の関係を調べた．下流区間では半波長が2,000 mに達するような波長の長い砂礫堆が観察されたのに対して，中流区間では半波長が500 m以下の砂礫堆がほとんどであった．これらのうち護岸の崩壊と関連した砂礫堆は，いずれも半波長400 m以下で，比高が2m程の起伏の大きい砂礫堆であっった．つまり水流の河岸への集中が激しくなり，局所洗掘が進み，護岸倒壊に至ったものと考えられる．

おわりに

千代川で2017年以降起きた大規模出水による砂礫の移動実態を衛星写真の比較と現地観察で明らかにした．上流部では砂礫が流亡し岩盤床が，下流部では砂礫堆が明瞭に発達する様子を捉えた．護岸の倒壊要因に関しては，砂礫の流亡による護岸支持基盤の喪失に伴う倒壊と，波長が短く比高の大きい砂礫堆による局所洗掘に伴う倒壊が明らかになった．

キーワード：大規模出水、護岸崩壊、岩盤露出、交互砂礫堆、衛星写真、平成30年西日本豪雨
Keywords: Large flood events, collapse of bank protection, bedrock exposure, alternate bar, satellite image, 2018 torrential rain in western Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

遷急点の後退からみた大隅半島串良川における阿多火砕流堆積以降の下刻過程

Channel incision history with knickpoint retreat in the Kushira River after the deposition of Ata pyroclastic flow, Osumi Peninsula, Kyushu, Japan

*高波 紳太郎[1]
*Shintaro Takanami[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

笠野原の北縁を流れる串良川の河谷では、大隅降下軽石層の下位に阿多溶結凝灰岩が存在する（荒牧・宇井1966）．阿多溶結凝灰岩は谷田滝から上流で串良川河床に露出し，複数の遷急点を構成している．笠野原では入戸火砕流堆積物の侵食過程が横山（2000）によって明らかにされているが，阿多溶結凝灰岩の侵食に関しては不明である．そこで本研究は，串良川の阿多溶結凝灰岩形成（11万年前）から大隅降下軽石堆積（３万年前）までの８万年間，および最近３万年間のそれぞれにおける下刻過程を河床縦断形の変化により明らかにし，さらに，３期間（11万年間・８万年間・３万年間）での遷急点の平均後退速度を推定した．

まず，露頭調査やボーリングデータの整理によって得られた阿多溶結凝灰岩の上端および大隅降下軽石基底の高度をそれぞれ串良川の現河床縦断形に投影し，それらを阿多溶結凝灰岩の侵食開始時（11万年前），大隅降下軽石堆積直前（３万年前）における串良川の河床縦断形の上限とみなした．次いで11万年前・３万年前・現在の河床縦断形を互いに比較し，各河床縦断形上に認定された遷急点（現在の谷田滝）を対応づけて，平均後退速度を求めた．また，阿多溶結凝灰岩の一軸圧縮強度をシュミットロックハンマーＫＳ型によって13地点で測定した．

復元された河床縦断形は，11万年前の串良川が阿多溶結凝灰岩のなだらかな台地上を流れ，現在の河口から16 km付近に遷急点を伴っていたことを示す．この遷急点が現在の谷田滝の位置まで後退してきたと理解されることから，その平均後退速度は過去11万年間で5.4 cm／年と推定される．なお，阿多溶結凝灰岩の一軸圧縮強度は谷田滝の河床で突出して大きい値（421×10^6 N／m^2）を示し，全体として下部ほど大きいという鉛直的変化がみられた．したがって，11万年前に形成された遷急点は河口から26 km付近に現存する遷急点にも対応づけられると考えた．この場合，過去11万年間の平均後退速度は8.6 cm／年となる．また，３万年前には河床縦断形が直線的かつ急勾配になり，阿多溶結凝灰岩を刻む串良川河谷は下流側ほど深くなっていたことが明らかとなった．このとき，現在の谷田滝に相当する遷急点は河口から19 km地点よりも下流側に存在し，11万年前から３万年前までの８万年間では最小でも2.6 cm／年，最近３万年間には最大で10 cm／年の後退速度であったといえる．

以上により，11万年前から３万年前までの間にも，串良川では阿多溶結凝灰岩の侵食が遷急点の後退とともに進行し，河床は低下していったと判断される．また，阿多溶結凝灰岩台地形成後に進行した串良川の下刻には，最終氷期における海面低下の寄与が大きいことも明らかとなった．

本研究には明治大学文学部の阿部英雄研究奨励金を使用した．

文献

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

荒牧重雄・宇井忠英（1966）阿多火砕流と阿多カルデラ．地質学雑誌 72：337-349.
横山勝三（2000）鹿児島県笠野原台地の地形と形成過程．地形 21：277-290.

キーワード：阿多溶結凝灰岩、遷急点、笠野原、串良川、海水準変動
Keywords: Ata welded ignimbrite, knickpoint, Kasanohara, Kushira River, sea-level change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本列島における海成段丘と海底段丘の分布の比較
Implications of the distribution of marine terraces and submerged terraces in Japanese Island

*小松 哲也[1]、日浦 祐樹[1]、高橋 尚志[2]、舟津 太郎[2]、村木 昌弘[2]、木森 大我[2]、須貝 俊彦[2]
*Tetsuya Komatsu[1], Hiura Yuki[1], Takayuki Takahashi[2], Taro Funatsu[2], Masahiro Muraki[2], Taiga Kimori[2], Toshihiko Sugai[2]

1. 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

地層処分の信頼性向上に向けた技術開発課題の一つに、海域を含めた沿岸部付近における隆起・侵食に係る調査・評価技術の高度化がある。この課題の解決に向けた方法の一つとして、現在の陸域だけでなく、氷期に広く陸化すると考えられる大陸棚において地殻変動と侵食の指標となる地形の分布やその特徴から隆起・侵食量を推定することが考えられる。

大陸棚にみられる段丘地形、いわゆる海底段丘は氷河性海水準変動に伴う侵食・堆積により形成され、現在は海面下に分布している地形であると考えられている。このことを前提とすると、海底において隆起・沈降が生じている場合、その痕跡は連続した海底段丘の深度分布パターンにあらわれることが予想される。本研究では、そのような仮説を検証することを目的として、海底段丘とMIS 5eの海成段丘を投影断面図上に示し、両者の高度分布パターンの比較を行った。事例対象としたのは、オホーツク海沿岸、石狩湾～積丹半島、北海道南西岸～男鹿半島、津軽海峡（北海道側）、三陸、房総半島東部、土佐湾北東岸の7地域である。これらの地域における海底段丘とMIS 5eの海成段丘の投影断面図から読み取れた結果の要点を記す。

・海成段丘の高度と海底段丘群や大陸棚外縁の深度変化の傾向が調和的にみえる海域が存在する。注目すべきは、そのような海域の中には、海成段丘の高度変化の傾きに対して大陸棚外縁とそれ以浅の海底段丘の深度変化の傾きが小さく、逆に大陸棚外縁以深では海底段丘の傾きが同等か大きくなるケースがみられたことである。

・陸域の活断層ないしは推定活断層の海域延長部を境に海底段丘群の深度に変化がみられるケースが存在した。

これらのことは、海底段丘の深度分布の中に地殻変動を反映したものが含まれていることを示していると考えられる。それゆえ、海底段丘の発達史の理解が、海域における地殻変動様式の把握において重要である。海底段丘の発達史の理解に向けて、海底段丘の成因を音波探査記録等から把握すること、また海外の研究事例のように海底段丘から絶対年代試料を採取し、その形成年代を明らかにすることが望まれる。

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム高度化開発）」の成果の一部である。

キーワード：海底地形、海底段丘、海成段丘、地層処分
Keywords: seafloor landform, submerged terrace, marine terrace, geological disposal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

与那国島南海岸の海蝕地形
Marine erosional landforms along the southern coast of Yonaguni Island, Ryukyus

*木村 颯[1]、浦田 健作[2]、長谷川 均[3]、市原 季彦[4]、鈴木 淳[5]、堀 信行[6]、菅 浩伸[2]
*Hayate Kimura[1], Kensaku Urata[2], HASEGAWA Hitoshi[3], Toshihiko Ichihara[4], Atsushi Suzuki[5], Nobuyuki Hori[6], Hironobu Kan[2]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 九州大学大学院比較社会文化研究院 、3. 国士舘大学 、4. 堆積環境リサーチ、5. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門 、6. 奈良大学地理学科
1. Graduate school of integrated sciences for global society, 2. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 3. Kokushikan University, 4. Sedimentary Environments Research, 5. Geological Survey of Japan National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 6. Department of Geography, Nara University

与那国島は日本の最西端に位置する島である. その海岸域は三紀層である八重山層群の堆積岩, 更新統の琉球石灰岩より構成されており, 海蝕地形が広く見られる. 海崖は高低差が大きく, 接近が困難である. そのような地形の観察が難しい海蝕崖を含めた海岸を, ドローンにより撮影し, 3次元モデルを作成した. モデルの観察を行い, 海蝕地形の形成過程について考察をおこなった.

与那国島の東岸から南岸にかけて, 6地域を対象として調査を実施した. ドローンはDJI Phantom 4 Proを使用し, アクセス可能な場所についてはGCPを設置した. SfM-MVS用ソフトウェアとしてPhotoScan Professionalを用い, 地形のモデルを作成した.

観察の結果, 岩質によって形態の大きく異なる海蝕地形が形成されることが分かった. 石灰岩海岸では, 場所によっては数百m規模の崩壊地形が形成されていた. 崩壊は不整合面の未固結層, 石灰岩内の砕屑性堆積物で構成される箇所における活発な侵食を発端とすると考えられる. また, 三紀層である八重山層群の堆積岩よりなる海崖は, 砂岩頁岩互層と塊状砂岩よりなる崖で形態が異なる. 互層よりなる海崖においては層理面に沿って剥がれ落ちるように侵食を受けるため, 海蝕崖基部に平坦な地形がつくられる. 一方, 塊状砂岩は岩塊ごと崩壊するため, 崖基部に巨礫よりなる崖錐を形成する.

以上のように, 与那国島南海岸においては, 岩質を反映した海蝕地形の多様性が認められる.

キーワード：SfM多視点ステレオ写真測量、フォトグラメトリー、海蝕崖、波蝕棚、八重山層群、琉球石灰岩
Keywords: SfM-MVS, Photogrammetry, Sea cliff, Shore platform, Yaeyama Group, Ryukyu Limestone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

奄美大島住用湾の海底地形 ーマルチビーム測深による可視化ー
Seafloor topography of Amami Sumiyo Bay -Visualization of Seafloor derived from multibeam bathymetric survey-

*田中 美保[1]、渡久地 健[2]、堀 信行[3]、木村 颯[4]、今井 志彦[5]、中島 洋典[6]、名島 弥生[7]、菅 浩伸[8]
*Miho Tanaka[1], Ken Toguchi[2], Nobuyuki Hori[3], Hayate Kimura[4], Yukihiko Imai[5], Yosuke Nakashima[6], Yayoi Najima[7], Hironobu Kan[8]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 琉球大学、3. 首都大学東京、4. 九州大学工学部、5. 岡山大学理学部、6. 有明工業高等専門学校、7. 総合研究大学院大学、8. 九州大学
1. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, 2. University of the Ryukyus, 3. Tokyo Metropolitan University, 4. School of Engineering, Kyushu University, 5. Faculty of science, Okayama University, 6. National Institute of Technology, Ariake College, 7. The Graduate University for Advanced Studies, 8. Kyushu University

浅海域は最終氷期の海水準変動を明らかにするうえで非常に重要な地域である。本研究では,奄美大島住用湾にてマルチビーム音響測深調査を行い,1mグリッドという高精度で海底地形図を作成した。

住用湾は奄美大島東岸に位置し,川内川と住用川の2つの水系が流れ込んでいる。測深調査は, ワイドバンドマルチビーム測深機R2Sonic2022を用いて2018年8月20日~9月2日に行った。また,同機器に搭載されているサイドスキャンソナー機能(TruePix/Snippets)を用いて反射強度を測定し,底質を判別した。

測深の結果,海底の地形分布が明らかになった。住用湾中央部の水深100m付近では明瞭な崖地形の発達が確認でき,氷期の低海水準時の侵食によって形成されたと考えられる。

本発表では,マルチビーム測深調査によって作成した高精度の海底地形図に国土地理院が提供している陸域の10mメッシュのDEMデータを統合し,奄美大島住用湾における海底地形の分布や成因,陸域からの連続性,底質分布,海水準変動との関係等に関する考察を行う。

キーワード：マルチビーム測深、海底地形、最終氷期、海水準、数値標高モデル(DEM)
Keywords: multibeam bathymetry, seafloor topography, last glacial stage, sea level, Digital Elevation Model (DEM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)

地形学に関する様々なテーマ，地形形成プロセス，地形発達およびその地球環境変動との関係，地形災害やその軽減，特に日本国内で発生した様々な自然災害に関する報告，ハザードマップ，人間活動と地形変化の関係，地形計測手法やその自動化などに関する研究成果が日本語または英語で発表されます．

[HGM04-P01] DEMから算出した地形特徴量に対する自己組織化マップ(SOM)を利用した自動地形分類の試み

*伊東 快起[1]、小田 義也[1]、松岡 俊文[2] (1.首都大学東京、2.深田地質研究所)

[HGM04-P02] **DEMを用いた流域の平均侵食量の関数化**

*山中 玲[1]、青木 賢人[1] (1.金沢大学)

[HGM04-P03] 地すべり崩壊地における土砂の移動とガリーの時系列的発達

*堀川 泰寛[1]、青木 賢人[2] (1.筑波大学、2.金沢大学)

[HGM04-P04] 地上レーザー測量（TSL）で識別される丘陵谷頭部の微細地形

*西城 潔[1]、古市 剛久[2]、今野 明咲香[3] (1.宮城教育大学、2.北海道大学農学研究院、3.常葉大学)

[HGM04-P05] 谷頭凹地の地下構造推定における電気探査の適用―筑波山花崗岩斜面における事例―

*吉原 直志[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HGM04-P06] 電気比抵抗探査に基づくドリーネの土層分布の推定
―山口県秋吉台カルストの事例―

*平本 直也[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学　大学院　生命環境科学研究科　地球科学専攻、2.筑波大学　生命環境系)

[HGM04-P07] 東京都伊豆諸島八丈島の三原山東側斜面にみられる甌穴(ポットホール)群とその成因

*石橋 隆[1]、松味 智晃[2]、樋口 蓮[2]、山本 由樹[2]、島田 圭吾[2]、森本 浩友[2]、島田 努[3]、朝倉 顯爾[4] (1.公益財団法人益富地学会館、2.立命館大学探検部、3.ポットホール調査隊、4.京都大学大学院理学研究科)

[HGM04-P08] 多摩川・荒川上流河谷における，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化

*高橋 尚志[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P09] 大磯丘陵東部における吉沢層構成礫の特徴から見た地形発達史と活構造の推定

*村木 昌弘[1]、須貝 俊彦[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P10] 鳥取県東部千代川における大規模出水の繰り返しによる砂礫移動と護岸崩壊

*小玉 芳敬[1]、竹本 健人[2] (1.鳥取大学農学部、2.兵庫県)

[HGM04-P11] 遷急点の後退からみた大隅半島串良川における阿多火砕流堆積以降の下刻過程

*高波 紳太郎[1] (1.明治大学)

[HGM04-P12] **日本列島における海成段丘と海底段丘の分布の比較**

*小松 哲也[1]、日浦 祐樹[1]、高橋 尚志[2]、舟津 太郎[2]、村木 昌弘[2]、木森 大我[2]、須貝 俊彦[2] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[HGM04-P13] 与那国島南海岸の海蝕地形

*木村 颯[1]、浦田 健作[2]、長谷川 均[3]、市原 季彦[4]、鈴木 淳[5]、堀 信行[6]、菅 浩伸[2] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院 、3.国士舘大学 、4.堆積環境リサーチ、5.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門 、6.奈良大学地理学科)

[HGM04-P14] 奄美大島住用湾の海底地形 ―マルチビーム測深による可視化―

*田中 美保[1]、渡久地 健[2]、堀 信行[3]、木村 颯[4]、今井 志彦[5]、中島 洋典[6]、名島 弥生[7]、菅 浩伸[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.琉球大学、3.首都大学東京、4.九州大学工学部、5.岡山大学理学部、6.有明工業高等専門学校、7.総合研究大学院大学、8.九州大学)

DEMから算出した地形特徴量に対する自己組織化マップ(SOM)を利用した自動地形分類の試み

Automatic landform classification using Self-Organizing Map (SOM) by geomorphological features calculated from DEM

*伊東 快起[1]、小田 義也[1]、松岡 俊文[2]
*Ito Yoshiki[1], Yoshiya Oda[1], Toshifumi Matsuoka[2]

1. 首都大学東京、2. 深田地質研究所
1. Tokyo Metropolitan University, 2. Fukada Geological Institute

DEMから算出される各種の地形的な特徴量をもとに作成された地形分類図は、非常に多くの場面において利用されている。Iwahashi and Pike(2007)は。地形の傾斜、凸度、表層テクスチャを利用した地形の分類方法を提案し、現在広く利用されている。本研究では、これらの先行研究を参考に、教師なしのニューラルネットワークである自己組織化マップ(Self-Organizing Maps)を利用した地形分類の自動化と使用する地形特徴量の組み合わせによって、分類結果が受ける影響の把握を目的とした。本研究での対象地域は、山梨県と長野県の県境に位置する八ヶ岳南部の地域(東西約22.5km、南北約20.0km)とした。

SOMの具体的な適応は以下の手順で行った。①DEMデータより傾斜量、凸度、表面テクスチャー、斜面方位、尾根谷度、曲率、起伏量、の地形特徴量の算出を行う。②これらの地形特徴量を組み合わせて、SOMへの入力データとした。地形特徴量の組み合わせは合計7パターン用意した。③これらのデータに対して、SOMによって教師無し学習を行い、地形分類図を作成した。また、SOMでの分類の特徴を可視化するため、各特徴量のヒストグラムも作成した。④作成された地形分類図とヒストグラムをもとに分類結果を比較し、利用した地形特徴量の組み合わせによる分類結果の影響を検討した。またIwahashi and Pike(2007)による分類結果との比較も行った。その結果、複数の地形特徴量を用いたSOMによる自動地形分類では、比較的一様に分布している地形特徴量が偏りのある地形特徴量と比べて分類に大きく影響していることが分かった。また、ヒストグラムが対称な分布で、かつデータの振れ幅が少ないヒストグラムを持つ地形特徴量は、SOMによる地形分類結果には大きな影響を与えないことが分かった。今後は教師ありニューラルネットワークの適用を通して、地形分類図の防災分野への適用を考えていきたい。

キーワード：数値標高モデル(DEM)、自己組織化マップ(SOM)、地形分類
Keywords: digital elevation model(DEM), Self-Organizing Maps(SOM), landform classifications

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DEMを用いた流域の平均侵食量の関数化
Functionalization of the Average Erosion of Drainage Basin Using DEM

*山中 玲[1]、青木 賢人[1]
*Rei Yamanaka[1], Tatsuto Aoki[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

1.はじめに

日本の湿潤変動帯における地形発達モデルは，これまでも数多く議論されている．吉川（1985）は，日本での湿潤変動帯における変動地形を考慮した地形発達モデルとして議論する必要性を示した．また，Ohmori（1978）は，50mDEMを用いた高度分散量から，山地の成長段階を評価している．

本研究では，全国的に入手可能な10mDEMを用い，ArcGISにより流域単位での平均侵食量を求め，Ohmori（1978）の高度分散量のデータと比較した．

2.対象地域

Ohmori（1978）で分析している山地から発達段階別で，宗谷丘陵，太平山地，阿武隈高原，白神山地，三河高原，白山，関東山地，赤石山地，飛騨山脈に絞った．

3.解析方法

ArcGISにて集水域ごとの平均侵食量を算出した．

対象地域のDEMより(1)集水域の作成，(2)接峰面の作成（グリッド法），(3)侵食深の算出，(4)集水域ごとの平均侵食量を算出，これを元に(5)グリッドサイズを3から301の間で変更し，平均侵食量を算出した．(1)については累積流量図と河川データによりしきい値を決定し，二次河川以上を集水域とみなした．接峰面は侵食前の仮想的な地表とみなすことができることから，(2)で求めた接峰面とDEMの差分で(3)侵食深を算出し，(4)集水域ごとの平均侵食量を求めた．

(2)から(5)はスクリプトによる処理の自動化（Arcpy）により処理を行った．

4.平均侵食量の関数化

接峰面を作成した際に使用したグリッドサイズと侵食量の関係を関数化した．その際，一次関数，べき関数，指数関数，対数関数にグラフフィッテングし，近似曲線とその誤差について求めた．

この結果，最もフィットした関数は対数関数「y=alog(1+bx)」であり，誤差が最小であった．

bが一定，aがN倍の場合，グラフはN倍となる．aが一定，bがN倍の場合，グラフは1/Nに縮小する．よって，aは谷の深さを，bは谷幅を表すと考えられる．

5.山地別平均侵食量の評価

関数化した山地別平均侵食量から，係数による散布図を作成した．

Ohmori（1978）の地形発達区分による同じ地形発達段階でも，白神山地や三河高原のように，地形発達としては三河の方が進んでいるとされているが，谷は白神山地の方が深いことが読み取られ，白神山地はより急な谷が存在していることがわかった．

6.まとめ

平均侵食量の関数化により，同じ山地内の侵食部分の特定が可能となる．また，Ohmori（1978）の地形発達区分と合わせ，これから侵食する場所も把握できる．

更に，山地の規模を広げた考察が可能であるため，山地の発達段階を予想することができる．反対に規模を狭め，集水域単位での考察も可能であることから，今後の地形変化の評価ができると考えられる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地形発達、数値標高モデル（DEM）、平均侵食量、高度分散量、地理情報システム（GIS）
Keywords: Geomorphic development, Digital elevation model(DEM), Average erosion, Altitudinal dispersion, Geographic Information System(GIS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地すべり崩壊地における土砂の移動とガリーの時系列的発達
The Movement of Sediment and Development of Gullies Inside of Landslide area

*堀川 泰寛[1]、青木 賢人[2]
*Yasuhiro Horikawa[1], Tatsuto Aoki[2]

1. 筑波大学、2. 金沢大学
1. Tsukuba University, 2. Kanazawa University

ホートンの法則に代表される水系網の特性を理解する研究には、大きく分けて2つのアプローチがある。1つは既存の地形をもとに水系網を記述し、その特性を把握するものである。Schumm(1956)に見られるホートンの法則は、この経験則から導き出された．ただし，このアプローチでは水系網の形成プロセスを直接理解することは難しい。もう一つは、柏谷など(1974)に見られる、実験により水系網を発生させ特性を明らかにするアプローチである。ただし，土層構造などの各種条件を均一化して実験を行っているため，現実の斜面の状況を反映しているわけではない．本研究では，その両者のつなぐことを目的として、水系網が発生していない現実の初生的斜面をフィールドとしてガリーの発達過程を調べ、ホートンの法則との整合性を考察した。

調査地は、石川県金沢市にある第三紀海成層上に2017年11月に形成された新しい円弧状地すべりの発生域の斜面である。地形表面には大小の粒径が淘汰されていない土層が分布している。この斜面における水系網の時系列的な変化を、UAVによるリモートセンシングで調べた。並行して，水系網の発達プロセスを把握するために以下の4つの調査を行った。①地表面に塗料を塗布し降雨の前後における表面の剥離を把握した．②斜面に杭を差し侵食量と堆積量を求めた．③ガリーの横断面型を反復計測し，形状の変化を把握した．④ガリーの内部の土砂の移動を見るために、レンガを用い内部の礫の挙動を記述した。

2018年7月から11月までの調査の結果、水系網は崩壊地の奥まで侵入し、ガリーで覆われた。ホートンの第1及び第2法則について調べた結果、調査地の水系網は調査前後でホートンの第1法則と適合した。一方でホートンの第2法則については適合せず、水路の平均長はそれぞれの次数でほぼ同じであった。水系網の形状は形成初期の平行状から樹枝状へと変化し始める過程が見られた。この崩壊地の地表面は土壌硬度が2～4kg/㎠ほどと侵食されやすく、頻繁に土砂移動が発生する。また、滑落崖を除き斜面上では侵食と堆積が繰り返し発生した。ガリーに関して、下刻と側方侵食による堆積物中の粒径の大きな礫が抜け落ちる現象が見られた。レンガが最も大きく移動したのは7月から9月までの間で、累積降水量が多い時期であり、側方侵食と礫の抜け落ちが見られたのもこの時期である。崩壊地の内部では、侵食と堆積が頻繁に発生し、ガリー侵食は連続的ではなく間欠的に発生することが分かった。

実際の地形と実験での地形形成を比較した際、実験の場合では常に侵食量が堆積量を上回るように設計してある。一方で実際の地形では、長期的なスパンでは侵食速度の方が堆積速度を上回るものの、地表面の堆積速度を侵食速度が上回るまで水系網の拡張の元となる河川争奪が十分に発生せず水系もう発達の一部が阻害されたからだと考えられる。また、調査中は地すべり発生域の凹地が変化することがなく、リルがそのままガリー化した場合も見られ、水系網の活発な統合が起きなかったことが考えられる。これらを踏まえて、次数の低い谷の長さが小さくならなかったのには、崩壊地の内部の次数の低い谷がより上流に延長したことや、崩壊地内部の微細な高低差によって、2・3・4・次谷の延長が伸びなかったためだとみられる。

参考文献

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・柏谷健二・横山康二・奥田節夫 1974 ガリーの発達に関する計測と考察. 地理学評論 47-4: 413-425

・S.A. Schumm 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. In Geological Society of America bulletin 67: 597-646.

キーワード：ガリー侵食、地すべり地、マスムーブメント
Keywords: Gully Erosion, Landslide, Mass Movement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地上レーザー測量（TSL）で識別される丘陵谷頭部の微細地形
Detailed topographic survey of valley head in hill by terrestrial laser scanning

*西城 潔[1]、古市 剛久[2]、今野 明咲香[3]
*KIYOSHI SAIJO[1], Takahisa Furuichi[2], Asaka Konno[3]

1. 宮城教育大学、2. 北海道大学農学研究院、3. 常葉大学
1. Miyagi University of Education, 2. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, 3. Tokoha University

宮城県大松沢丘陵の谷頭部において、地上レーザー測量（TSL）による精密測量を行い、等高線間隔0.5mの等高線図を作成した。その結果、谷頭部の微地形区分がより精確に行えるようになっただけでなく、従来、必ずしも十分には認識されてこなかった微細地形が容易に認識できるようになった。こうした微細地形の特徴を明らかにすることにより、谷頭部付近のミクロな土砂移動プロセス、炭焼きなどの里山利用に伴う人為的地形改変などが把握できる可能性がある。

キーワード：丘陵、谷頭部、微細地形、地上レーザー測量
Keywords: hill, head hollow, microtopography, terrestrial laser scanning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

谷頭凹地の地下構造推定における電気探査の適用ー筑波山花崗岩斜面における事例ー

Preliminary application of electrical resistivity tomography to estimate subsurface structure of unchanneled valley: A case at granitic hillslope near Mt. Tsukuba, Japan

*吉原 直志[1]、八反地 剛[2]
*Naoyuki Yoshihara[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学大学院生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

地下構造，特に土層厚は，表層崩壊の発生に関わる重要な一要素である．しかし，地下構造の空間的かつ連続的な把握には多大な労力と時間を要するため，より効率的な調査手法の確立が望まれる．地下構造の推定手法として電気探査の有用性が従来より議論されてきたが，実際には深層の水分分布に着目した探査事例が多いため，表層における地下構造の可視化を試みる余地がある．そこで，筑波山麓（茨城県）の花崗岩山地における谷頭凹地を対象として，二次元電気探査，簡易貫入試験，物性値の測定を実施し，表層地下構造の推定における電気探査の適用性について検討した．

電気探査の実施日には，先行降雨がほとんど観測されなかった．電極間隔を0.5 mに設定した探査により，高解像度の比抵抗分布図が得られ，土層（簡易貫入試験による抵抗値$N_c = 3$）の深度が4000～10000 Ω mの比抵抗域として可視化された．一方，基盤岩（$N_c = 30$）の深度と比抵抗域の対応関係は不明瞭であった．比抵抗分布図と物性値の測定結果から，探査時には地表面付近は乾燥しており，地下深部は地下水により湿潤状態であったことが示唆される．したがって，表層では物質ごとの表面伝導特性の違いが比抵抗値に反映されたと推定される．また地下深部の岩盤内部では，岩盤地下水に起因する液中伝導特性が比抵抗値に反映されたと推定される．

キーワード：表層崩壊、谷頭凹地、花崗岩、電気探査、地下構造
Keywords: Shallow landslide, Unchanneled valley, Granite, Electrical resistivity tomography, Subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

電気比抵抗探査に基づくドリーネの土層分布の推定 ー山口県秋吉台カルストの事例ー

Estimating distribution of soil thickness in doline from electrical resistivity tomography: A case study in the Akiyoshi-dai Karst Plateau, Japan

*平本 直也[1]、八反地 剛[2]
*Naoya Hiramoto[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学　大学院　生命環境科学研究科　地球科学専攻、2. 筑波大学　生命環境系
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

山口県秋吉台カルストの10個ドリーネにおいて2次元電気比抵抗探査を実施し，ドリーネの土層厚分布を推定した．また，GISを用いた地形解析を行い，地形量と土層厚の関係について考察した．電気探査により，すべてのドリーネの地下に比抵抗値の急激な遷移層が存在することを確認した．本研究では過去の簡易貫入試験による土層厚の測定結果に基づき，比抵抗値280 Ω·m～400 Ω·mを土層から基盤岩の遷移層と判断し，地表から比抵抗値280 Ω·mの層までを土層，比抵抗値400 Ω·mの層よりも深い部分を基盤岩と判別した．分析の結果，ドリーネ斜面上部の土層厚（最大6.5 m）は斜面下部（最大9 m）よりも小さく，ドリーネの底部の土層厚（最大11 m以上）は，斜面の土層厚（最大9 m）より大きいことが明らかになった．また，ドリーネ底部の場合，集水面積が大きいドリーネでは平均土層厚も大きくなる傾向があった．集水面積はドリーネ底部の土層厚を決定する主な要因の1つであることが推定される．

キーワード：カルスト地形、GIS、底部直径、傾斜、集水面積
Keywords: Karst landform, GIS, Bottom diameter, Slope, Catchment area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京都伊豆諸島八丈島の三原山東側斜面にみられる甌穴(ポットホール)群とその成因

Occurrence and origin of potholes developed on the eastern slope of Miharayama in Hachijojima, Izu Islands, Tokyo Prefecture, Japan

*石橋 隆[1]、松味 智晃[2]、樋口 蓮[2]、山本 由樹[2]、島田 圭吾[2]、森本 浩友[2]、島田 努[3]、朝倉 顯爾[4]
*Takashi Ishibashi[1], Tomoaki Mastumi[2], Ren Higuchi[2], Yuki Yamatmoto[2], Keigo Shimada[2], Hirotomo Morimoto[2], Tsutomu Shimada[3], Kenji Asakura[4]

1. 公益財団法人益富地学会館、2. 立命館大学探検部、3. ポットホール調査隊、4. 京都大学大学院理学研究科
1. Masutomi Museum of Geocience, 2. Ritsumeikan University Explorers Club, 3. Pothole Survey Team, 4. Kyoto University Graduate School of Science

【はじめに】　八丈島（東京都八丈町）の三原山東側の斜面を流れる沢筋には多数の欧穴（ポットホール，pothole）がみられる．この欧穴群が発見されたのは近年で，2016年に八丈町によって文化財指定がされた．しかし，欧穴群の分布状況やその成因については必ずしも明らかにされていないために，2014年から2016年にかけて欧穴の数や分布域，形態の計測，周辺の地質，水量，植生の調査が４次に渡って行われた．更に採取された岩石鉱物の諸分析も行われた．これらによって得られた情報を報告すると共に欧穴の形成機構について考察する．

なお，調査地域は富士箱根伊豆国立公園の特別地域内であり，試料の採取は自然公園法の定める環境省の許可（環関地国許第1509143号）を得て行なわれた．

【欧穴について】　甌穴については確たる定義づけがされていないが，『地学事典』（地団研，1996）では「河底や河岸の硬い岩面に浸食によりできた円形をした深い穴」とされている．定義が曖昧であるので八丈島では，次の基準設定のもとで調査が行われた．単に土砂が水流で削られている穴は含めず，周囲が岩盤で転礫などの運動等に伴って削られた穴で，次に述べる2点の測定基準において深さ10 cm，幅30 cm以上のものを欧穴とみなした．①深さは最深部を起点として，削られている高さまでの垂直距離とする．②幅は深さを測定した際の高さ基準（水の流出部の岩盤の頂点）から水平に測定し，長径と短径の平均直径とする．

【三原山東側斜面の欧穴群】　欧穴群は三原山東側末吉地区の斜面で多く発見されている．斜面には概ねWNW－ESE方向に小さい谷沢が幾つも並行してみられ，欧穴はこの谷沢の水路上に連続するように形成されている．9つの谷沢で欧穴が確認され，その総数は700に達する．中でも“本流”と称される谷沢はその延長および水量において最大で，欧穴の数も最も多く，欧穴群の形成様式が模式的といえる．今回は本流の調査結果を中心に報告する．本流では約530 mの水路において基盤岩に141の欧穴が確認された．欧穴の形態は大別して次の2タイプがみられる．①欧穴型：礫の運動などによって深く穿たれた典型的な欧穴，②スプーン型：直径の割に深さが浅いもの．スプーン型の小型のものは水流に対して調和的な方向に開口部が伸長しているものが多く認められる．欧穴型は19穴，スプーン型は122穴である．欧穴内には礫が認められるものもある．欧穴は傾斜12－18°程度の水路に数m間隔で階段状に連続して形成され，段の間は小さな滝状に斜面を水が流れる．欧穴がみられる基盤岩は玄武岩質溶岩であり，1-2 cm程の灰長石の自形結晶が多量に含まれるのが特徴的である．偏光顕微鏡による観察では，全体的にガラス質で流理構造が顕著で，前述の自形の灰長石以外には斜長石，単斜輝石，斜方輝石の1 mm以下の結晶が含まれる．露頭での観察では，しばしば数－数十cmのほぼ完晶質の玄武岩の角礫が捕獲岩として認められる．これはマグマが地表に至る過程で火道内壁などの岩石を捕獲したものと推定される．欧穴はこの玄武岩質溶岩の分布域のみに確認される．玄武岩質溶岩は，三原山の主成層火山体の一部であるとみなすことができ，その年代については菅(1998)によれば26-30 kaとされる．水路や周辺の岩盤の表面は磨滅により滑らかであり，水路の底や流量増加時には水路となる部分には，流れに調和的

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

な方向に筋状の窪みのパターンが認められる．歐穴内には礫がみられるが，円磨度の高いものが多く，岩石種は玄武岩質溶岩や捕獲岩と同様の玄武岩の割合が高い．水路脇の岩盤はコケなどにより覆われており，コケの群体には粒度3 mm以下程の砂礫が多量に抱えられていることが認められる．

【歐穴の形成機構】　歐穴の形成のためには，岩盤とそれを穿つ礫に加えて水の存在が不可欠である．歐穴がみられる玄武岩質溶岩の上下には，降下スコリアなどを主体とする層が認められる．この層では伏流する天水などが，不透水である玄武岩質溶岩の上部面で集まり，水路を形成する．玄武岩質溶岩の層には，火山性降下堆積物や火砕流堆積物の層が挟在している．これらの堆積物層は厚さが数十cmから6 m程度あり，浸食に著しく脆弱であるために水路においてはこの層のある場所で滝が形成されている．滝では堆積物層が側面切り崩し浸食作用によって滝が後退し，堆積層の上に載る玄武岩質溶岩層を滝壺に落下させて巨礫や礫が生産される．この礫が歐穴の形成に関与すると推定される．滝や歐穴内のボールミル的機構で発生する砂礫は，水流でのトラクションにより水路やその周辺の岩盤表面を磨滅して窪みを作ることに寄与し，スプーン型歐穴形成の一因となると推定される．参考文献：菅(1998): *第四紀研究*, **37**, 59-75. ; 地団研(1996): 1228.

キーワード：甌穴、八丈島、伊豆諸島、火山、玄武岩質溶岩
Keywords: pothole, Hachijojima, Izu Islands, volcano, basaltic lava

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多摩川・荒川上流河谷における，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化

Temporal and spatial changes of sediment supply processes from tributaries since the last glacial period in the upper valleys of the Tama and Ara rivers, central Japan

*高橋 尚志[1]、須貝 俊彦[1]
*Takayuki Takahashi[1], Toshihiko Sugai[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

山地から低地までの長期的な土砂動態システムを明らかにする上で，河川上流域における支流から本流への土砂移動過程とその時空間変化の評価は重要である．島津（1990; 1991）は，東北日本の山地河川において現河床礫を調査し，土石流停止勾配（80‰）を超える急勾配の支流が頻繁に流入する本流区間では，土石流により粗粒な礫が供給され，礫径のばらつきが大きくなること，80‰以下の支流が主に流入する区間では本流河川による選択運搬が卓越することを指摘した．しかし，支流から本流への土砂供給様式の長期的な時間変化を検討した事例は少ない．北海道および東北～中部日本の諸河川上流域では，最終氷期に河谷が埋積された結果，堆積段丘が発達している．関東山地を流れる多摩川・荒川上流河谷に発達する最終氷期の堆積段丘の多くは，支流性のToe-cut terraceである（Takahashi and Sugai, 2018など）．最終氷期の支流性段丘面の河谷横断方向への勾配（Sg）は，最終氷期の支流の河床勾配を示すと考えられ，これと現支流河床勾配（Sp）を比較することで，最終氷期以降の支流の河床勾配変化を推定できる．本報告では，多摩川・荒川上流河谷においてSpとSgを比較し，80‰を閾値として，最終氷期以降の支流の土砂供給様式の時空間変化について検討する．

多摩川・荒川上流域の同一支流では，SgよりSpが大きく，後氷期の本流の下刻に伴い，支流の侵食基準面高度が低下し，支流が急勾配化したことを示す．80‰を閾値として，支流を3タイプ（Type-A～C）に分類した．Type-Aは，Sg，Sp＞80‰，最終氷期以降土石流により本流河谷へ土砂を供給してきた支流である．Type-Bは，Sg≦80‰，Sp＞80‰，最終氷期に掃流，現在は土石流により土砂を供給する支流である．Type-Cは，Sg，Sp≦80‰，最終氷期以降掃流により土砂を供給してきた支流である．支流Typeに基づき，多摩川・荒川上流河谷を3つのセグメントタイプ（Seg. A～Seg. C）に分類した．Seg. Aは，Type-A支流が卓越する区間で，多摩川上流の軍畑より上流と，荒川の源流域に出現する．Seg. Bは，Type-B支流が卓越する区間で，多摩川の軍畑一青梅間と，荒川の秩父盆地上流部および狭窄部に出現する．Seg. Cは，Type-C支流が卓越する区間で，荒川の秩父盆地下流部および狭窄部に出現する．

多摩川，荒川ともに，Seg. Aは上流に限られ，最終氷期には，これより下流では本流のふるい分けが卓越していた可能性がある．Seg. Cが，荒川の秩父盆地下流部で出現することは，新第三系の丘陵に端を発する支流が流入するためと考えられる．荒川狭窄部は，新第三系に挟まれた変成岩が露出する区間であり，岩石制約によって河谷幅が狭くなることで，急勾配な支流が流入すると考えられる．Sp，Sgは，支流の集水域起伏比（Rr）と正の相関関係にある．Sp，Sg，Rrは，多摩川上流河谷では下流（東）へ減少する．荒川上流河谷では，これらの値が源流域（三峰口より上流）から秩父盆地（三峰口～皆野）にかけて減少し，狭窄部（皆野～寄居）で再び増加する．全体として下流へSp，Sg，Rrが減少する傾向は，関東山地の山稜が東へ低下する傾向を反映していると考えられる．本流の河床高度変化に応答した，支流から本流への河床勾配および土砂供給様式の変化は，上流河谷全体で一様ではなく，基盤の岩質や山地の起伏分布の影響を受けている可能性が示唆される．

キーワード：河成段丘、土石流、山地河川、土砂動態システム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: fluvial terrace, debris flow, mountain river, sediment routing system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大磯丘陵東部における吉沢層構成礫の特徴から見た地形発達史と活構造の推定

Landform evolution and active tectonics in the eastern part of Oiso Hills inferred by characteristics of gravels composing Kissawa Formation, Japan

*村木 昌弘[1]、須貝 俊彦[1]
*Masahiro Muraki[1], Toshihiko Sugai[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo

はじめに

神奈川県南部に位置する大磯丘陵は周囲を活断層によって囲まれた隆起地塊で、第四紀後半における地殻変動のきわめて激しい地域であり、中でも大磯丘陵東部には、多数の短い活断層が存在する (図. 1: 活断層研究会編, 1991) が、本地域の地形発達史ならびに活構造については十分に解明されていない。筆者らは、対象地域に広く分布し最終間氷期を主堆積時期とする吉沢層 (町田・森山, 1968) の段丘礫を中心に堆積環境と古地形を推定し、現地形と比較することで、この地域の地形発達史と活構造を解明することを目的とし、調査・分析を行った。

研究手法

現成堆積物 (金目川現河床礫・相模湾現海浜礫) と吉沢層は、露頭面または堆積面のうえに 1 m ×1 m の方形枠を設け、表層 100 個の礫を大きい順に採取した。現河床礫は金目川沿い 5 地点、現海浜礫は金目川河口付近から西へ 7 地点、段丘構成層は 15 地点で採取した。採取した礫の礫径 (長・中・短径)、礫種、円磨度、風化度を計測・測定し、マトリクスはふるいを用いて全量分析した。露頭から採取した火山灰は、実体顕微鏡や偏光顕微鏡を用いて鉱物組成および火山ガラスの形状を観察し、SEM-EDS を用いた火山ガラスの主成分化学組成分析を行った。

また、研究対象地域を 2 つ (高麗山周辺地域と日向岡周辺地域) に分け、さらに高麗山周辺地域では活断層 (活断層研究会編, 1991) を境に 4 つのブロック (OSA ～ OSD) に分けて空中写真判読を行い、段丘面を区分した (図. 2)。

結果

金目川現河床礫 の平均中径は下流へ 7 cm から 3 cm に減少し、円磨度は 0.3 から 0.6 へ増大、扁平度は 0.3 ～ 0.4 程度で概ね一定する。構成礫種は、上流では火山砕屑岩が多数を占め、下流では砂岩・泥岩・礫岩の割合が増加する。相模湾沿現海浜礫 の平均中径は約 3 cm、円磨度は約 0.7、扁平度は地点によるが約 0.6 で、礫種は火山砕屑岩と砂岩・泥岩が卓越する。吉沢層構成礫の平均中径は約 2 cm で、円磨度は 0.6 ～ 0.7 程度、扁平度は 0.3 ～ 0.4 程度である。礫種は火山砕屑岩の割合が高く、砂岩・チャートが次ぐ。

空中写真判読より、対象地域一帯には、吉沢面に対比しうる最終間氷期に形成した段丘面 (吉沢 II 面)、七国峠海進 (230 ～ 250 Ka) 堆積物の堆積面である七国峠面が分布する。鷹取山東部地域の不動川右岸側に、不動川の支流によって形成されたと考えられる、角～亜角礫層からなる東部鷹取山面を認定し、その角～亜角礫層中に姶良丹沢火山灰 (AT: 30 ka ; 町田・新井, 2003 ; Smith et al., 2013) が挟在する。

考察

金目川現河床礫は上流から下流にかけて粒径が減少し、淘汰が良くなり、円磨度が増す一方、扁平化は進まないことや、相模川が完新世後期に相模平野の西寄りを流下し、現金目川の最下流部に相模川水系の礫を堆積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

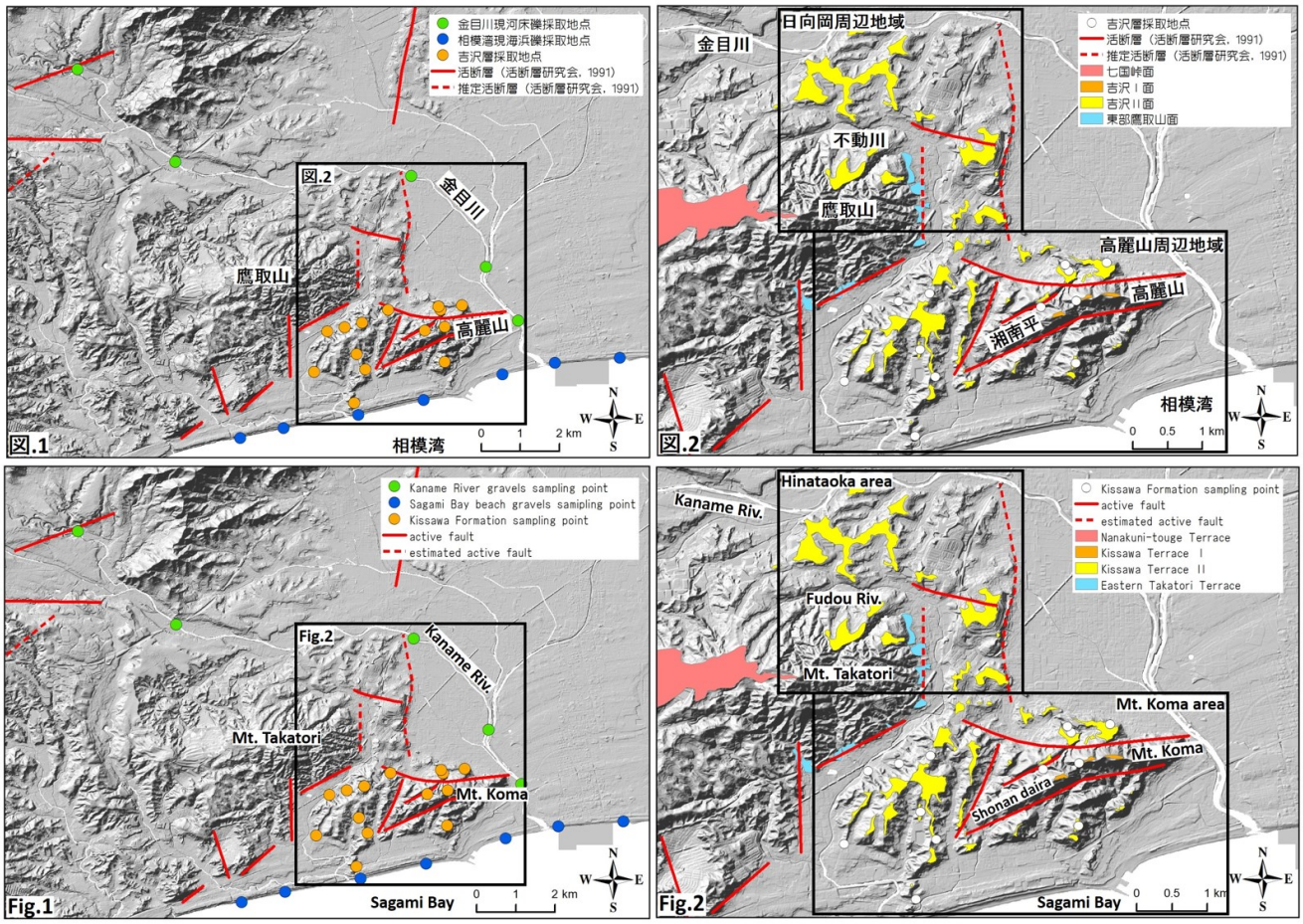
させた可能性があることが示唆された。相模湾現海浜礫は堆積場による影響を受けながら、波 (沿岸流) の営力によって磨耗作用とともに扁平作用も働くことが示唆された。また、金目川現河床礫が円磨度 0.6 以下、相模湾現海浜礫は円磨度 0.6 以上と区別できることを確認した。

吉沢層の分析結果から、OSB ブロックを境に、南北で堆積環境の違いが見られ、OSB ブロック (湘南平) の吉沢面 (吉沢 I 面) は最終間氷期より古い地形面である可能性が示唆された。また、最終間氷期 (吉沢層堆積完了期)、古金目川は生沢断層系によって生じた生沢構造谷に沿うように、現不動川流域に流れ込んでいた可能性が示唆された。吉沢層堆積後、現不動川上流が断ち切られ、日向岡断層や小向断層などの断層運動により流路が変化し、現在の流路位置となった可能性が高く、その後、現不動川が無能河川化することで、東部鷹取山面が、本流に削られることなく連続的に保存されたと考えられる。

引用文献

活断層研究会編 (1991) 東京大学出版会, 437 p. 町田・森山 (1968) 地理学評論, 41 巻, 4 号, p. 241-257. 町田 洋・新井房夫 (2003) 東京大学出版会, 336 p. Smith, V. C. et al., (2013) Quaternary Science Reviews, Vol. 67, p. 121-137.

キーワード：吉沢層、堆積環境、地形発達史、活構造、大磯丘陵
Keywords: Kissawa formation, depositional environment, landform evolution, active tectonics, Oiso hills



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鳥取県東部千代川における大規模出水の繰り返しによる砂礫移動と護岸崩壊

Sediment movement and collapse of bank protections by a series of large flood events at the Sendai River, Tottori, southwest Japan

*小玉 芳敬[1]、竹本 健人[2]
*Yoshinori Kodama[1], Kento Takemoto[2]

1. 鳥取大学農学部、2. 兵庫県
1. Faculty of Agriculture, 2. Hyogo Prefecture

はじめに

2018年7月5日から7日に発生した西日本豪雨では，鳥取県智頭町では降り始めから7日午前10時までの総雨量が490.5 mm，同県佐治町では462.5 mm，同県若桜町では435.0 mmを記録した．これらはいずれも7月の観測史上最大値を示した．鳥取県東部を流れる千代川（流域面積：1,190 km^2，流路長：52km）では，河川護岸の崩壊が多発し，河原（砂礫堆）の形成が顕著に認められた．千代川では2017年7月，9月にも台風により2004年以来の大規模出水が生じていた．本研究の目的は，これらの大規模出水の繰り返しにより千代川で生じた土砂移動の実態を全川にわたり記載することである．そして，護岸崩壊の要因を明らかにすることである．

調査方法

石川においては，出水時の砂礫の移動に伴い砂礫堆と呼ばれる河床形がしばしば形成される．千代川で生じた大規模出水の前後における砂礫堆の変化を調べるために，比較的雲の少ない2016年3月，2018年2月，2018年11月のAirbus衛星写真を購入した．さらにより鮮明に写ったgoogle earthの画像（2018.06.02）を参考にしながら，Airbus衛星写真の解析を進め，堤外地で植生に覆われた部分，砂礫に覆われた部分，岩盤が露出した部分を判読し，砂礫堆の前縁部の傾斜急変線を描き，半波長の長さを計測した．砂礫堆前縁部に関しては，明瞭度に応じて実線と破線で区分した．

2018年8～11月に実施した現地調査では千代川本川にそって，護岸崩壊の位置をマッピングし，砂礫堆が明瞭な箇所では，レーザー距離計（Laser Technology社製，TruPulse360）を用いて，砂礫堆の最高点と水面との比高を計測した．

結果および考察

調査の結果，最上流部の未調査区間（流下距離：0-6.6 km）の除いて，千代川は3つの区間に分かれることが明らかになった．1つ目は，上流区間（流下距離6.6-11.8 km）で，河床砂礫が流亡し岩盤が広く河床に露出した河相が卓越した区間である．衛星写真は2018年6月に撮影された衛星写真では智頭町中原周辺の河道内には砂礫からなる河原が読み取れた．しかし，7月出水後の現地観察では，砂礫が流亡し岩盤が広く露出していた．この上流区間では11箇所の護岸崩壊を確認し，河床低下に伴い護岸の基礎部が宙に浮き上がった箇所もいくつか観察した．護岸はこのように支持を失い崩壊したと考えられる．

2つ目は流下距離11.8-31.0 kmの区間で，砂礫が河床を広く被覆して，砂礫堆が明瞭になった区間である．大規模な出水を重ねるに従って，それまで人為的に平滑化されていた河床に交互砂礫堆が発達し，それらの前縁部が明瞭になった．3つ目は流下距離31.0-48.4 kmの区間で，植生で覆われた高水敷きや河原と，低水

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

路内の砂礫堆の混在区間である．出水を重ねるに従って，低水路内の砂礫堆の連続性が良くなったことが分かった．

砂礫堆の半波長と比高の関係を調べた．下流区間では半波長が2,000 mに達するような波長の長い砂礫堆が観察されたのに対して，中流区間では半波長が500 m以下の砂礫堆がほとんどであった．これらのうち護岸の崩壊と関連した砂礫堆は，いずれも半波長400 m以下で，比高が2m程の起伏の大きい砂礫堆であっった．つまり水流の河岸への集中が激しくなり，局所洗掘が進み，護岸倒壊に至ったものと考えられる．

おわりに

千代川で2017年以降起きた大規模出水による砂礫の移動実態を衛星写真の比較と現地観察で明らかにした．上流部では砂礫が流亡し岩盤床が，下流部では砂礫堆が明瞭に発達する様子を捉えた．護岸の倒壊要因に関しては，砂礫の流亡による護岸支持基盤の喪失に伴う倒壊と，波長が短く比高の大きい砂礫堆による局所洗掘に伴う倒壊が明らかになった．

キーワード：大規模出水、護岸崩壊、岩盤露出、交互砂礫堆、衛星写真、平成30年西日本豪雨
Keywords: Large flood events, collapse of bank protection, bedrock exposure, alternate bar, satellite image, 2018 torrential rain in western Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

遷急点の後退からみた大隅半島串良川における阿多火砕流堆積以降の下刻過程

Channel incision history with knickpoint retreat in the Kushira River after the deposition of Ata pyroclastic flow, Osumi Peninsula, Kyushu, Japan

*高波 紳太郎[1]
*Shintaro Takanami[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

笠野原の北縁を流れる串良川の河谷では、大隅降下軽石層の下位に阿多溶結凝灰岩が存在する（荒牧・宇井1966）．阿多溶結凝灰岩は谷田滝から上流で串良川河床に露出し，複数の遷急点を構成している．笠野原では入戸火砕流堆積物の侵食過程が横山（2000）によって明らかにされているが，阿多溶結凝灰岩の侵食に関しては不明である．そこで本研究は，串良川の阿多溶結凝灰岩形成（11万年前）から大隅降下軽石堆積（３万年前）までの８万年間，および最近３万年間のそれぞれにおける下刻過程を河床縦断形の変化により明らかにし，さらに，３期間（11万年間・８万年間・３万年間）での遷急点の平均後退速度を推定した．

まず，露頭調査やボーリングデータの整理によって得られた阿多溶結凝灰岩の上端および大隅降下軽石基底の高度をそれぞれ串良川の現河床縦断形に投影し，それらを阿多溶結凝灰岩の侵食開始時（11万年前），大隅降下軽石堆積直前（３万年前）における串良川の河床縦断形の上限とみなした．次いで11万年前・３万年前・現在の河床縦断形を互いに比較し，各河床縦断形上に認定された遷急点（現在の谷田滝）を対応づけて，平均後退速度を求めた．また，阿多溶結凝灰岩の一軸圧縮強度をシュミットロックハンマーＫＳ型によって13地点で測定した．

復元された河床縦断形は，11万年前の串良川が阿多溶結凝灰岩のなだらかな台地上を流れ，現在の河口から16 km付近に遷急点を伴っていたことを示す．この遷急点が現在の谷田滝の位置まで後退してきたと理解されることから，その平均後退速度は過去11万年間で5.4 cm／年と推定される．なお，阿多溶結凝灰岩の一軸圧縮強度は谷田滝の河床で突出して大きい値（421×10^6 N／m^2）を示し，全体として下部ほど大きいという鉛直的変化がみられた．したがって，11万年前に形成された遷急点は河口から26 km付近に現存する遷急点にも対応づけられると考えた．この場合，過去11万年間の平均後退速度は8.6 cm／年となる．また，３万年前には河床縦断形が直線的かつ急勾配になり，阿多溶結凝灰岩を刻む串良川河谷は下流側ほど深くなっていたことが明らかとなった．このとき，現在の谷田滝に相当する遷急点は河口から19 km地点よりも下流側に存在し，11万年前から３万年前までの８万年間では最小でも2.6 cm／年，最近３万年間には最大で10 cm／年の後退速度であったといえる．

以上により，11万年前から３万年前までの間にも，串良川では阿多溶結凝灰岩の侵食が遷急点の後退とともに進行し，河床は低下していったと判断される．また，阿多溶結凝灰岩台地形成後に進行した串良川の下刻には，最終氷期における海面低下の寄与が大きいことも明らかとなった．

本研究には明治大学文学部の阿部英雄研究奨励金を使用した．

文献

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

荒牧重雄・宇井忠英（1966）阿多火砕流と阿多カルデラ．地質学雑誌 72：337-349.
横山勝三（2000）鹿児島県笠野原台地の地形と形成過程．地形 21：277-290.

キーワード：阿多溶結凝灰岩、遷急点、笠野原、串良川、海水準変動
Keywords: Ata welded ignimbrite, knickpoint, Kasanohara, Kushira River, sea-level change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本列島における海成段丘と海底段丘の分布の比較
Implications of the distribution of marine terraces and submerged terraces in Japanese Island

*小松 哲也[1]、日浦 祐樹[1]、高橋 尚志[2]、舟津 太郎[2]、村木 昌弘[2]、木森 大我[2]、須貝 俊彦[2]
*Tetsuya Komatsu[1], Hiura Yuki[1], Takayuki Takahashi[2], Taro Funatsu[2], Masahiro Muraki[2], Taiga Kimori[2], Toshihiko Sugai[2]

1. 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

地層処分の信頼性向上に向けた技術開発課題の一つに、海域を含めた沿岸部付近における隆起・侵食に係る調査・評価技術の高度化がある。この課題の解決に向けた方法の一つとして、現在の陸域だけでなく、氷期に広く陸化すると考えられる大陸棚において地殻変動と侵食の指標となる地形の分布やその特徴から隆起・侵食量を推定することが考えられる。

大陸棚にみられる段丘地形、いわゆる海底段丘は氷河性海水準変動に伴う侵食・堆積により形成され、現在は海面下に分布している地形であると考えられている。このことを前提とすると、海底において隆起・沈降が生じている場合、その痕跡は連続した海底段丘の深度分布パターンにあらわれることが予想される。本研究では、そのような仮説を検証することを目的として、海底段丘とMIS 5eの海成段丘を投影断面図上に示し、両者の高度分布パターンの比較を行った。事例対象としたのは、オホーツク海沿岸、石狩湾～積丹半島、北海道南西岸～男鹿半島、津軽海峡（北海道側）、三陸、房総半島東部、土佐湾北東岸の7地域である。これらの地域における海底段丘とMIS 5eの海成段丘の投影断面図から読み取れた結果の要点を記す。

・海成段丘の高度と海底段丘群や大陸棚外縁の深度変化の傾向が調和的にみえる海域が存在する。注目すべきは、そのような海域の中には、海成段丘の高度変化の傾きに対して大陸棚外縁とそれ以浅の海底段丘の深度変化の傾きが小さく、逆に大陸棚外縁以深では海底段丘の傾きが同等か大きくなるケースがみられたことである。

・陸域の活断層ないしは推定活断層の海域延長部を境に海底段丘群の深度に変化がみられるケースが存在した。

これらのことは、海底段丘の深度分布の中に地殻変動を反映したものが含まれていることを示していると考えられる。それゆえ、海底段丘の発達史の理解が、海域における地殻変動様式の把握において重要である。海底段丘の発達史の理解に向けて、海底段丘の成因を音波探査記録等から把握すること、また海外の研究事例のように海底段丘から絶対年代試料を採取し、その形成年代を明らかにすることが望まれる。

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム高度化開発）」の成果の一部である。

キーワード：海底地形、海底段丘、海成段丘、地層処分
Keywords: seafloor landform, submerged terrace, marine terrace, geological disposal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

与那国島南海岸の海蝕地形
Marine erosional landforms along the southern coast of Yonaguni Island, Ryukyus

*木村 颯[1]、浦田 健作[2]、長谷川 均[3]、市原 季彦[4]、鈴木 淳[5]、堀 信行[6]、菅 浩伸[2]
*Hayate Kimura[1], Kensaku Urata[2], HASEGAWA Hitoshi[3], Toshihiko Ichihara[4], Atsushi Suzuki[5], Nobuyuki Hori[6], Hironobu Kan[2]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 九州大学大学院比較社会文化研究院 、3. 国士舘大学 、4. 堆積環境リサーチ、5. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門 、6. 奈良大学地理学科
1. Graduate school of integrated sciences for global society, 2. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 3. Kokushikan University, 4. Sedimentary Environments Research, 5. Geological Survey of Japan National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 6. Department of Geography, Nara University

与那国島は日本の最西端に位置する島である. その海岸域は三紀層である八重山層群の堆積岩, 更新統の琉球石灰岩より構成されており, 海蝕地形が広く見られる. 海崖は高低差が大きく, 接近が困難である. そのような地形の観察が難しい海蝕崖を含めた海岸を, ドローンにより撮影し, 3次元モデルを作成した. モデルの観察を行い, 海蝕地形の形成過程について考察をおこなった.

与那国島の東岸から南岸にかけて, 6地域を対象として調査を実施した. ドローンはDJI Phantom 4 Proを使用し, アクセス可能な場所についてはGCPを設置した. SfM-MVS用ソフトウェアとしてPhotoScan Professionalを用い, 地形のモデルを作成した.

観察の結果, 岩質によって形態の大きく異なる海蝕地形が形成されることが分かった. 石灰岩海岸では, 場所によっては数百m規模の崩壊地形が形成されていた. 崩壊は不整合面の未固結層, 石灰岩内の砕屑性堆積物で構成される箇所における活発な侵食を発端とすると考えられる. また, 三紀層である八重山層群の堆積岩よりなる海崖は, 砂岩頁岩互層と塊状砂岩よりなる崖で形態が異なる. 互層よりなる海崖においては層理面に沿って剥がれ落ちるように侵食を受けるため, 海蝕崖基部に平坦な地形がつくられる. 一方, 塊状砂岩は岩塊ごと崩壊するため, 崖基部に巨礫よりなる崖錐を形成する.

以上のように, 与那国島南海岸においては, 岩質を反映した海蝕地形の多様性が認められる.

キーワード：SfM多視点ステレオ写真測量、フォトグラメトリー、海蝕崖、波蝕棚、八重山層群、琉球石灰岩
Keywords: SfM-MVS, Photogrammetry, Sea cliff, Shore platform, Yaeyama Group, Ryukyu Limestone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

奄美大島住用湾の海底地形 ーマルチビーム測深による可視化ー
Seafloor topography of Amami Sumiyo Bay -Visualization of Seafloor derived from multibeam bathymetric survey-

*田中 美保[1]、渡久地 健[2]、堀 信行[3]、木村 颯[4]、今井 志彦[5]、中島 洋典[6]、名島 弥生[7]、菅 浩伸[8]
*Miho Tanaka[1], Ken Toguchi[2], Nobuyuki Hori[3], Hayate Kimura[4], Yukihiko Imai[5], Yosuke Nakashima[6], Yayoi Najima[7], Hironobu Kan[8]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 琉球大学、3. 首都大学東京、4. 九州大学工学部、5. 岡山大学理学部、6. 有明工業高等専門学校、7. 総合研究大学院大学、8. 九州大学
1. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, 2. University of the Ryukyus, 3. Tokyo Metropolitan University, 4. School of Engineering, Kyushu University, 5. Faculty of science, Okayama University, 6. National Institute of Technology, Ariake College, 7. The Graduate University for Advanced Studies, 8. Kyushu University

浅海域は最終氷期の海水準変動を明らかにするうえで非常に重要な地域である。本研究では,奄美大島住用湾にてマルチビーム音響測深調査を行い,1mグリッドという高精度で海底地形図を作成した。

住用湾は奄美大島東岸に位置し,川内川と住用川の2つの水系が流れ込んでいる。測深調査は, ワイドバンドマルチビーム測深機R2Sonic2022を用いて2018年8月20日~9月2日に行った。また,同機器に搭載されているサイドスキャンソナー機能(TruePix/Snippets)を用いて反射強度を測定し,底質を判別した。

測深の結果,海底の地形分布が明らかになった。住用湾中央部の水深100m付近では明瞭な崖地形の発達が確認でき,氷期の低海水準時の侵食によって形成されたと考えられる。

本発表では,マルチビーム測深調査によって作成した高精度の海底地形図に国土地理院が提供している陸域の10mメッシュのDEMデータを統合し,奄美大島住用湾における海底地形の分布や成因,陸域からの連続性,底質分布,海水準変動との関係等に関する考察を行う。

キーワード：マルチビーム測深、海底地形、最終氷期、海水準、数値標高モデル(DEM)
Keywords: multibeam bathymetry, seafloor topography, last glacial stage, sea level, Digital Elevation Model (DEM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所)

地球温暖化防止は世界規模での喫緊の課題であり、科学技術の総力を挙げた取り組みが求められている。本セッションでは、CO2排出量の削減法の一つであるCCUSに特化し、CO2の分離・回収および貯留、CO2有効利用、CO2EOR/EGRに関わる諸現象を対象とするのみならず、これらを実現する上での環境影響評価、安全性評価、モニタリング、定量評価(MMV)、社会的受容性拡大等の各手法に関して、最新の研究開発動向を議論する。昨年度に引き続き、地下でのCO2挙動に対する理解の深化に加えて、CCUSの実用化に向けて解決すべき課題の再認識をメイントピックとする。

9:00 ~ 9:15

[HSC07-01] 二酸化炭素圧入時の海洋潮汐荷重に対する間隙圧応答変化の数値解析

*赤木 俊文[1]、山本 肇[1] (1.大成建設株式会社)

9:15 ~ 9:30

[HSC07-02] Relationship between rock deformation and permeability evolution during fracturing in rocks for CCUS technology

*藤井 孝志[1]、雷 興林[1]、徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

9:30 ~ 9:45

[HSC07-03] 光ファイバーセンシング技術およびひずみゲージを用いた泥岩中の化学的浸透による岩石の変形の定量化と計測された歪挙動の比較

*廣田 翔伍[1]、徳永 朋祥[1]、薛 自求[2]、朴 赫[2] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、2.公益財団法人地球環境産業事業研究機構)

9:45 ~ 10:00

[HSC07-04] 塩水層へのCO_2貯留で発生しうる乾燥状況を想定した塩の析出実験

*森垣 勇人[1,2]、愛知 正温[1] (1.東京大学、2.東芝エネルギーシステムズ（株）)

10:00 ~ 10:15

[HSC07-05] 拡張ヤングラプラス式によるCO_2/塩水/鉱物系での濡れ性に関する熱力学的アプローチ

*志賀 正茂[1,2]、徂徠 正夫[1]、愛知 正温[2]、本田 博巳[2] (1.産総研、2.東京大学)

10:15 ~ 10:30

[HSC07-06] ハイドレートを利用したCO2地中貯留の提案

*鳥羽瀬 孝臣[1] (1.電源開発株式会社)

二酸化炭素圧入時の海洋潮汐荷重に対する間隙圧応答変化の数値解析
Numerical simulation of variational pore pressure response to ocean tidal loading during CO2 injection

*赤木 俊文[1]、山本 肇[1]
*Toshifumi Akaki[1], Hajime Yamamoto[1]

1. 大成建設株式会社
1. Taisei Corporation

地球温暖化に対する有望な対策として，CCS（Carbon dioxide capture and storage）がここ数十年にわたって広く研究されており，複数の大規模プロジェクトが世界中で進行している．二酸化炭素は，石炭火力発電所などから排出される排ガスから補足し，深部貯留層に圧入され長期間貯留される．CO2地中貯留では，圧入されたCO2の安価で信頼性の高いモニタリング手法が必要とされている．間隙水圧が地球潮汐および海洋潮汐の影響を受けることはよく知られている．近年，長岡と苫小牧のCO2地中貯留プロジェクトにおいて，測定された間隙圧変動における潮汐成分が二酸化炭素到達後に減衰したことが報告されている．この間隙圧力の応答は水とCO2を含む多孔質弾性体の流体-地盤力学連成挙動によって良く説明され，潮汐に対する間隙圧応答を利用したCO2モニタリング手法の可能性が示された．しかし，CO2圧入時の圧力変動は、観測井とCO2プルームの距離，CO2プルームの形状，圧力拡散など，多くの諸条件に影響される可能性があるため，CO2圧入時における潮汐に対する圧力応答をより定量的に評価するためには数値計算が必要となる．本研究では，多孔質弾性論に基づく水-CO2二相流条件下における流体-力学連成解析により，海洋潮汐を想定して，二酸化炭素圧入時の圧入井地点における，潮汐に対する間隙圧応答をシミュレートした．間隙圧応答の振幅はCO2圧入中に減衰し，圧入終了後は浮力によるCO2プルームの上昇に伴って振幅が増加した．最終的には貯留層上部のCO2プルームの影響を受けて，初期の間隙圧応答に比べてやや小さな振幅を示した．

キーワード：海洋潮汐、二酸化炭素地中貯留、数値解析
Keywords: Ocean tide, Carbon dioxide geologic storage, Numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relationship between rock deformation and permeability evolution during fracturing in rocks for CCUS technology

*藤井 孝志[1]、雷 興林[1]、徂徠 正夫[1]
*Takashi Fujii[1], Xinglin Lei[1], Masao Sorai[1]

1. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

An understanding of relationship between fluid flow transport and geo-mechanical response within geological reservoirs is of a fundamental concept for a suitable utilization of deep underground repositories (e.g., Carbon Capture and Storage (CCS), Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS), shale gas exploration). Particularly, fracture permeability within caprocks plays an important role in producing hydrocarbon during the trapping of buoyant gas fluids in reservoirs for CCUS projects. Wide variations of permeability value depending on rock deformation (including fracturing process) for several types of rocks has been determined using the coupled fluid flow transport (TOUGH2) and geo-mechanical response (FLAC3D) simulator (e.g., Rutqvist et al., 2002) so far. However, the evolution of permeability during fracturing in such rocks is very complex, and there now are being reported few constitute law for the linked deformation and fracture permeability. Furthermore, few laboratory studies have experimentally been conducted so as to replicate this process by simultaneously fracturing specimens and measuring permeability at in situ fracturing stress states (Carey et al., 2015; Fujii et al., 2015; Frash et al., 2016).
The purpose of this study is to investigate experimentally permeability change during fracturing in (i) caprocks (shale, mudstone, slate) and (ii) reservoir rock (sandstone, tuff), the conditions of which assumes that CO_2 is injected into geological media. We attempt to fit a model to obtained experimental data (i.e., permeability: K, volumetric strain: e_v) in order to develop suitable constitute law for the optimize use of coupled geo-mechanics and fluid flow simulator.
Our results demonstrate that there could mainly be classified into the two patterns of relationship between e_v and K of all materials tested. Particularly, it is apparent that the permeability behavior throughout fracturing and slipping processes are quite different between rock groups of (i) and (ii). Caprocks have a sharp-jumped increase of permeability during fracturing in the rock matrix, but reservoir rocks have significantly smaller permeability change, compared to the caprocks in post-failure regime. Furthermore, model fitting results suggest that the relationship between e_v and K of all materials tested could be explained fully by modification of conventional model (e.g., Cappa et al., 2009)
In light of findings of our study, it can be concluded that the propsed constitute law might be contributed to the simplification and optimization of the coupled fluid flow and geomechanical simulator.

キーワード：岩石変形、き裂浸透率、構成則
Keywords: rock deformation, fracture permeability, Constitute law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光ファイバーセンシング技術およびひずみゲージを用いた泥岩中の化学的浸透による岩石の変形の定量化と計測された歪挙動の比較
Comparison of Optical Fiber Sensing Technique and Strain Gauge in a Measurement of Rock Deformation Caused by Chemical Osmosis

*廣田 翔伍[1]、徳永 朋祥[1]、薛 自求[2]、朴 赫[2]
*Shogo Hirota[1], Tomochika Tokunaga[1], Ziqiu Xue[2], Hyuck Park[2]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、2. 公益財団法人地球環境産業事業研究機構
1. Department of Environmental Systems, Graduate School of Frontier Science, the University of Tokyo, 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

地圏環境は物質移動の速度が地表に比べて非常に遅く，安定した環境であることが知られており，そのような特性は高レベル放射性廃棄物の地層処分や二酸化炭素回収貯留（CCS）といった人間社会から特定の物質を長期間隔離するような事業において有用である．そのような目的において，透水係数や拡散係数が比較的小さい粘土質の地層が遮蔽層として重要な役割を持つと考えられている．

粘土質の岩石について，半透膜的に振る舞うことがあることが知られている．半透膜的挙動を示す岩石中では化学的浸透現象，すなわち半透膜の両側に濃度差のある溶液が存在するとき浸透圧差によって低濃度側から高濃度側に向かって水の流れが発生するという現象が生じうる(Marine and Fritz, 1981)．化学的浸透に起因する圧力変化は最大で20MPaにもなることが既往研究によって示されている（Neuzil, 2000）．また，化学的浸透に起因する圧力変化に伴って岩石の変形が生じる（Greenberg et al., 1973: Noy et al., 2004）が，化学的浸透による岩石試料の歪を多点的に計測することは困難であるため，その詳細まで議論なされていないのが現状である．

一般に室内実験における岩石の変形の計測には電気抵抗の変化を利用したひずみゲージが用いられることが多い．一方で，化学的浸透についての室内実験は計測に要する期間が非常に長くなり，そのような実験条件下では電気式ひずみゲージは絶縁破壊や発熱などによるひずみゲージのドリフトによって計測の正確さに問題が生じうる．一方で分布式光ファイバーセンシング（DOFS）を用いることでこの問題を回避することが可能と考えられる．DOFSでは，光ファイバーを通過する光に起因する散乱光の性質を利用して光ファイバーに沿った方向の歪の計測を行うことができる．また，DOFSは光ファイバーそれ自体をセンサーとして利用しているため，光ファイバーに沿って多点的な歪の計測が可能となっている．

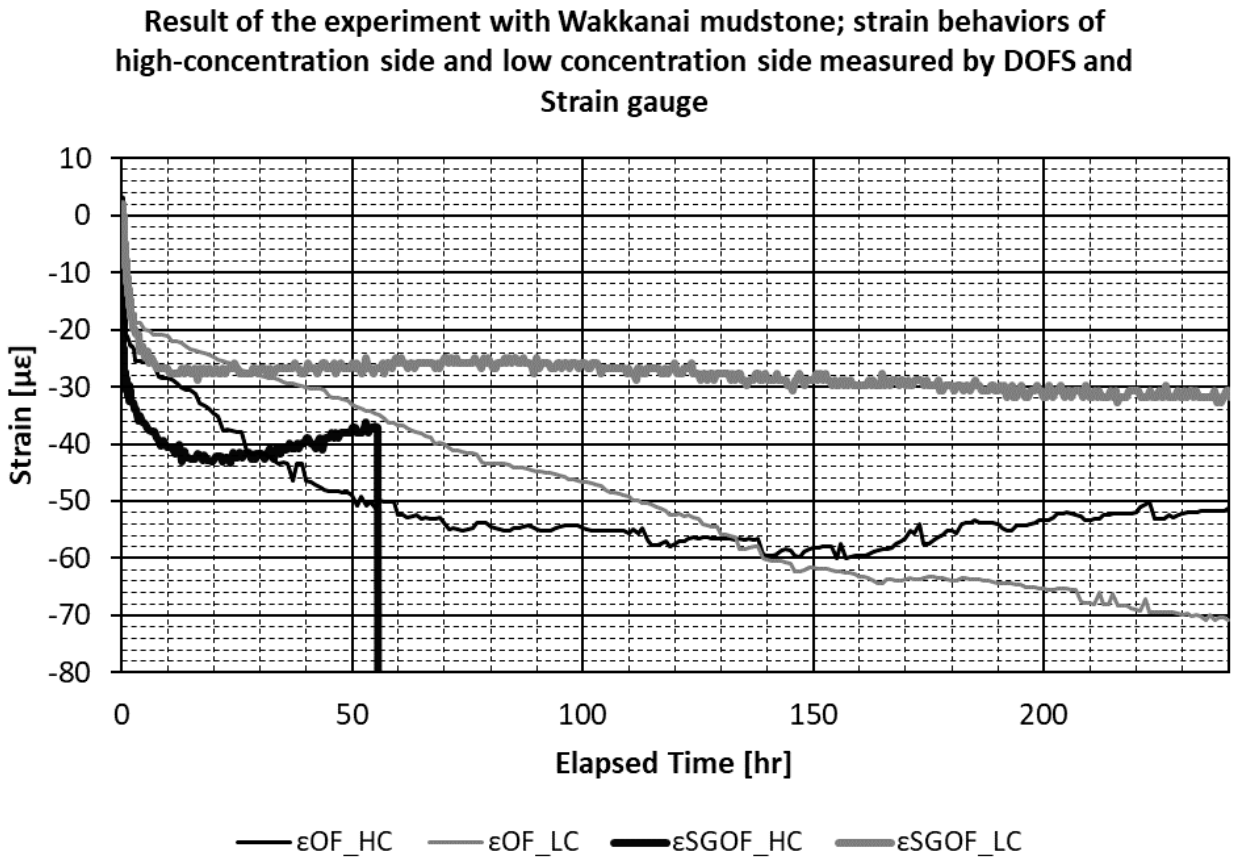
今回の実験では，化学的浸透についての室内実験を行い，そのときに岩石試料に生じた歪を光ファイバー・ひずみゲージの両方で計測を行い，結果の比較を行うことで化学的浸透実験における歪計測についてのDOFSおよび電気式ひずみゲージの適用可能性について検討すること，化学的浸透による歪の時間的挙動・空間的分布について議論を行うことを目的としている．実験には北海道稚内地域の新第三期の地層から採取された稚内層珪質泥岩および埼玉県秩父地域の新第三紀の地層で採取された小鹿野町層泥岩から作成した直径50㎜，高さ30㎜程度のコア試料を用いた．また，ひずみゲージはコア側面の上面・底面付近に貼られており，軸方向・周方向の歪を計測している．光ファイバーは試料に対しらせん状に接着されており，光ファイバー方向の歪を計測している．泥岩試料上面および側面にはシリコンを塗ることでそれらの面を溶液が通過しないようにした．間隙水よりも10g/L程度高濃度の塩水と岩石試料を接させることで，泥岩内部に1次元的な化学的浸透流れを引き起こした．実験は240時間継続して行い，室温を空調で制御したうえで断熱材の箱の内部に実験装置を設置することで温度をほぼ一定とした．

実験結果より，実験初期において電気式ひずみゲージによる計測と光ファイバーセンシングの結果に整合性

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

が見られた．ただし，実験開始直後の試料下部での化学的浸透流に伴う泥岩上部の膨張といった多孔質弾性体に特徴的な歪挙動は光ファイバーセンシングでは観察できなかった．これはDOFSのサンプリング時間がひずみゲージでのサンプリング時間に比べて長いことに起因していると考えられる．また，実験開始からある程度時間が経過すると，ひずみゲージでの計測結果では歪が減少傾向から増加傾向に転じていたのに対し，DOFSの結果では歪は減少傾向のままという状態が見られた．これは，ひずみゲージの計測の不安定性に起因していると考えられる．

キーワード：化学的浸透、光ファイバーセンシング技術、粘土質層、多孔質弾性体理論
Keywords: Chemical osmosis, optical fiber sensing technique, argillaceous formation, poroelasticity



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

塩水層へのCO$_2$貯留で発生しうる乾燥状況を想定した塩の析出実験
Experiment of precipitation of salt for dry-out condition caused by CO$_2$ storage in saline aquifer

*森垣 勇人[1,2]、愛知 正温[1]
*Hayato Morigaki[1,2], Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学、2. 東芝エネルギーシステムズ（株）
1. University of Tokyo, 2. Toshiba Energy Systems & Solution Corporation

CO$_2$は圧入パイプの腐食を防ぐために乾燥させて輸送されるため、塩水層へ注入されたCO$_2$は水の蒸発を招き、地層を乾燥させる可能性がある。この際塩水に溶解していた塩が析出することで、貯留層の間隙率の低下、目詰まりによる浸透率の低下が懸念されている。一方で、帽岩のシール能力への影響については、十分検討されてきたとは言えない。

本研究では、乾燥の程度を制御した状態で塩の析出状況を観察するために、恒温恒湿器を用い、約100 MPaのサクションを発生させるような湿度制御の下で実験を行った。実験は、側面を密閉し、下部に塩水レザバーを付けたコアサンプルを湿度制御空間の中に静置し、コアサンプル上面からの水分蒸発量の計測と塩の析出観察を行った。またこの実験前後の比較において、析出の有無とレザバーの塩濃度変化から泥岩の半透膜性能の影響についても評価を試みた。塩水層に見立てたレザバーの塩濃度は海水程度の0.6 mol/Lとし、この塩水飽和岩石が乾燥にさらされた場合を想定した実験を行ったところ、大田代層泥質砂岩および大田代層泥岩、稚内層泥岩においては塩の析出前後で水分のフラックスが顕著には変化しない場合が多いという結果が得られた。また、半透膜効果による塩輸送阻害についても、顕著でないという結果が得られた。これは、乾燥による塩の析出が帽岩のCO$_2$遮蔽性能を向上させるということは、必ずしも期待しえないことを示唆している。

キーワード：塩水層、塩の析出、反射係数
Keywords: saline aquifer, salt precipitation, reflection coefficient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

拡張ヤングラプラス式によるCO_2/塩水/鉱物系での濡れ性に関する熱力学的アプローチ

Thermodynamic Approach to Wettability of CO_2/Brine/Mineral System by Augmented Young Laplace Equation

*志賀 正茂[1,2]、徂徠 正夫[1]、愛知 正温[2]、本田 博巳[2]
*Masashige Shiga[1,2], Masao Sorai[1], Masaatsu Aichi[2], Hiromi Honda[2]

1. 産総研、2. 東京大学
1. AIST, 2. The University of Tokyo

CO_2 Geo-Sequestration (CGS)has been regarded as one of the most significant technologies to reduce the amount of CO_2 emissions into the atmosphere.

Sealing performance of the caprock in the geological formation is largely influenced by wettability which is evaluated by the contact angle of the CO_2/Brine/Mineral system.

A lot of researchers have measured the angles in various conditions (e.g. pressure, temperature, salinity, or types of minerals) by various methods.

However, the value and the trend of the contact angle have not been confirmed yet.

This is mainly because there are a lot of inconsistencies in the experimental data due to the difficulties of controlling the surface roughness or impurities.

In order to tackle this problem,we calculated the contact angle and studied the key factor to affect its value by using augmented Young Laplace equation in which a thickness of the film on the mineral substrate is considered as a thermodynamic variable.

Parameters of the interfacial properties were calculated by PhreeqC, which is a simulator performing a wide variety of aqueous geochemical calculations.

キーワード：CO2地中貯留、濡れ性、接触角
Keywords: CO2 Geo-Sequestration, Wettability, Contact Angle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハイドレートを利用したCO2地中貯留の提案
A proposal of CO2 underground storage using hydrate

*鳥羽瀬 孝臣[1]
*Takaomi Tobase[1]

1. 電源開発株式会社
1. Electric Power Development Co., Ltd.

自然界にはメタンガスがハイドレート（固体）状に存在する事実がある。メタンハイドレートをナチュラルアナログ（自然類似現象）として、温度と圧力によるガスハイドレート生成メカニズムを利用して、CO2地中貯留に応用することを提案する。CO2ハイドレート貯留の概念は以下のとおりである。

① 貯留層内に液体若しくは超臨界のCO2を圧入する。

② 圧入されたCO2は密度差によって上方に移動し、温度と圧力条件がハイドレートを生成する領域に達した時に、自らハイドレート化して孔隙内で目詰まりする（遮蔽機能を有するようになる）。

③ 遮蔽機能を有するCO2ハイドレートが形成されることにより、その下位にCO2が貯留できるようになる。（つまり、地質構造的な遮蔽層を必要としない）

日本周辺海域を対象に、既往データを用いて水温の鉛直分布を調査した結果、海底下地層においてCO2ハイドレートを生成する温度・圧力条件を満たすことが確認できたことから、CO2ハイドレート貯留の可能性が高いと考えられる。

CO2地中貯留の方法として、地質構造的な遮蔽層を有する帯水層貯留（CO2-EORを含む）が一般的であるが、今回提案するCO2ハイドレート貯留が実現するならば、CO2貯留の適地拡大に寄与することが期待できる。

キーワード：CO2地中貯留、ガスハイドレート、遮蔽機能
Keywords: carbon storage, gas hydrate, seal function

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

地球温暖化防止は世界規模での喫緊の課題であり、科学技術の総力を挙げた取り組みが求められている。本セッションでは、CO2排出量の削減法の一つであるCCUSに特化し、CO2の分離・回収および貯留、CO2有効利用、CO2EOR/EGRに関わる諸現象を対象とするのみならず、これらを実現する上での環境影響評価、安全性評価、モニタリング、定量評価(MMV)、社会的受容性拡大等の各手法に関して、最新の研究開発動向を議論する。昨年度に引き続き、地下でのCO2挙動に対する理解の深化に加えて、CCUSの実用化に向けて解決すべき課題の再認識をメイントピックとする。

10:45 ~ 11:00

[HSC07-07] 大規模地質モデルを用いたCO_2挙動解析

*重岡 優希[1]、西山 治希[1]、木野戸 広[1]、鳥羽瀬 孝臣[2]、中島 崇裕[3]、薛 自求[3] (1.株式会社JPビジネスサービス、2.電源開発株式会社、3.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:00 ~ 11:15

[HSC07-08] Monitoring hydromechanical responses in aquifer by distributed fiber-optic strain sensing: From lab to field

*張 毅[1,2]、薛 自求[1,2]、橋本 励[1,2]、朴 赫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:15 ~ 11:30

[HSC07-09] Field Testing of Hybrid Brillouin-Rayleigh Distributed Sensing System for Subsurface Water Injection Monitoring

*Yankun Sun[1,2]、Ziqiu Xue[1,2]、Tsutomu Hashimoto[1,2]、Xinglin Lei[3]、Yi Zhang[1,2] (1.Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

11:30 ~ 11:45

[HSC07-10] Gravity monitoring using superconducting gravimeters near the seashore at the Tomakomai CCS demonstration site

*後藤 宏樹[1,2]、杉原 光彦[1,2]、池田 博[3]、西 祐司[1,2]、石戸 経士[1,2]、徂徠 正夫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.産業技術総合研究所、3.筑波大学)

11:45 ~ 12:00

[HSC07-11] マイクロバブルCO_2圧入フィールドパイロット試験　－計画と準備－

*中川 和則[1]、上田 良[1]、中野 正則[1]、薛 自求[2] (1.石油資源開発株式会社、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

12:00 ~ 12:15

[HSC07-12] Mechanisms inducing anomalously high pCO_2 without CO_2 leakage in coastal environment

*渡辺 雄二[1,2]、内本 圭亮[1,2]、西村 真[1,2]、三戸 彩絵子[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

大規模地質モデルを用いたCO_2挙動解析
CO_2 behavior simulation using large scale geological model

*重岡 優希[1]、西山 治希[1]、木野戸 広[1]、鳥羽瀬 孝臣[2]、中島 崇裕[3]、薛 自求[3]
*Yuuki Shigeoka[1], Haruki Nishiyama[1], Hiroshi Kinoto[1], Takaomi Tobase[2], Takahiro Nakajima[3], Ziqiu Xue[3]

1. 株式会社JPビジネスサービス、2. 電源開発株式会社、3. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. JP Business Survice Corporation, 2. Electric Power Development Co., Ltd., 3. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

大気中のCO_2濃度上昇に伴う気候変動の緩和策としてCCSに期待が寄せられている。CCSは発電所などで発生するCO_2を分離・回収し、地下に貯留することで、CO_2の大気放出量を減らす仕組みをいう。地中貯留における貯留層評価の主な検討項目は、(1)圧入性能の評価、(2)貯留容量の評価、の2つである。本研究では以上の2つの評価項目に関して、数値解析による検討結果について報告する。解析モジュールは多成分・多相流体を扱うTOUGH2-ECO2Nを用いた。

(1)圧入性能の評価
貯留層の圧入性能に対する基本物性値（浸透率・孔隙率）の影響を調べるために、感度分析を行った。その結果、圧力経時変化において、浸透率は圧力を全体的に変化させ、孔隙率は圧力上昇の勾配を変化させることが分かった。また、浸透率と孔隙率は、長期的な圧力分布やCO_2プルームの分布範囲にも影響を及ぼすことが明らかとなった。

(2)貯留容量の評価
貯留容量の評価は、カナダQuestで行われているCCSプロジェクトの圧力経時変化のモニタリング結果及び予測シミュレーション結果に基づくヒストリーマッチングを行い、解析モデルを設定した。その上で、貯留容量評価に影響を与える要因を分析するとともに、圧入坑井配置等のケーススタディーを行った。これらの知見は、単に貯留容量を評価するだけでなく、貯留層内の圧力上昇やCO_2プルームの分布等を予測した上で、対象とする貯留層を有効に活用する（無駄なく利用する）ための圧入坑井の配置、坑井数、圧入流量・時間、また必要に応じて圧力緩和井の設置などの「貯留層マネジメント」を可能にするものとして期待できる。

キーワード：二酸化炭素回収貯留、TOUGH2、大規模貯留層シミュレーション
Keywords: Carbon dioxide Capture and Storage, TOUGH2, Large scale Reservoir Simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monitoring hydromechanical responses in aquifer by distributed fiber-optic strain sensing: From lab to field

*張 毅[1,2]、薛 自求[1,2]、橋本 励[1,2]、朴 赫[1,2]
*Yi Zhang[1,2], Ziqiu Xue[1,2], Tsutomu Hashimoto[1,2], Hyuck Park[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association, 2. Research Institute of Innovative Tech for the Earth

Pore fluids control deformation of porous media by the fluid-to-solid hydromechanical (HM) coupling in which a change in fluid pressure can modify the effective stress and deform the porous medium (Wang, 2000). The HM coupling mechanism provides a possibility that to understand aquifer characteristics and fluid activities during fluid extraction and/or injection operations, e.g., in geological CO_2 storage (GCS), by monitoring rock strain changes. We successfully measured such HM deformations using a high-resolution distributed fiber optic strain sensing (DFOSS) tool in both laboratory and field scale studies. From the DFOSS-obtained HM information, we are able to track the pressure impact zone, understand the permeability structure of the aquifer formation and identify the preferential flow layers. Moreover, we can track the fluid migration front during CO_2 displacing water and the mechanical response of CO_2 breaking through to a low-permeability layer or caprock. The application of DFOSS would be beneficial to guide the aquifer pressure management for safe GCS with prior or simultaneous water extraction (Buscheck et al., 2012).

キーワード：分布型光ファイバひずみセンサ、帯水層透水試験、ハイドロメカニカル変形、CO2地中貯留
Keywords: Distributed fiber-optic strain sensing, Aquifer test, Hydromechanical deformation, CO2 storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Field Testing of Hybrid Brillouin-Rayleigh Distributed Sensing System for Subsurface Water Injection Monitoring

*Yankun Sun[1,2], Ziqiu Xue[1,2], Tsutomu Hashimoto[1,2], Xinglin Lei[3], Yi Zhang[1,2]

1. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association, 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Massive fluid injections into underground formations inevitably alter stress state and even induce damaging earthquakes, so robust high-resolution monitoring technologies are urgent to track geomechanical behaviors of injected fluids. Here we present one of the first case studies demonstrating the use of distributed fiber optic sensing (DFOS) technique based on hybrid Brillouin-Rayleigh backscattering for well-based monitoring of geomechanical deformations induced by field water injection. Injection tests were conducted with different injection scenarios between injection well (230 m, IW #2) and 5.5 m away from fibered monitoring well (300 m, MW #1) deployed cable behind casing in Mobara, Japan. Geomechanical responses were real- time recorded using DFOS approach; the resulting strain profiles were used to capture fluid evolution behaviors; thus evidencing that induced strains significantly depend on injection rate, injection pressure and lithological heterogeneity using this approach. Concurrent borehole logging was utilized to detect injection-induced variation of near- wellbore formations, which results agreed reasonably well with DFOS readings. This field application of hybrid DFOS technology conclusively enables speedy improvement of finely monitoring subsurface geoscience engineering activities, such as CO_2 storage.

Based on this methodology, some conclusions in this study can be drawn below:
1. An advanced DFOS system based hybrid Brillouin-Rayleigh backscattering is successfully applied to real-time monitor water injection tests between two adjacent wells. Two different injection formations ① and ② are investigated.
2. Field testing demonstrates that induced geomechanical deformation (i.e., strain) is mainly dependent on injection volume rather than injection temperature, which has no significant effect on the strain changes.
3. Geomechanical deformations harmoniously emerge and eliminate with injection schemes, although the effect of packers on the strain profile results in slight emergency of strain leaps. The impacted zones expand along vertical direction beyond corresponding injection sections.
4. Formation heterogeneity results in lateral transport of injected water and its pressure propagation in the pore space. Compared with *V*sh -GR and BH, the lower *V*sh related to formation is easier for strain accumulation. In addition, although the impact acting on clay-rich formations is relatively small, the existence of shale just weakens the induced deformation intensity rather than completely stops the strain expansion.
5. According to open-hole resistively logs of IW and MW, simplified simulation result further confirms strong small-scale formation heterogeneity and discontinuities of shale-sand distribution in the injection formations.
6. Testing results also reveal that there are two main reasons accounting for vertical expansion of impacted zones during water injections. First reason is formation heterogeneity, which is quantified by open-hole resistivity logging and GR data, largely affecting fluid behaviors, including migration, evolution and diffusion in subsurface. Second reason is that due to poroelastic deformation, different injection scenarios can generate different injection pressure, which will ultimately lead to different geomechanical deformation responses and first-arrival pressure front patterns of injected water propagating to the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

fibered well.

References

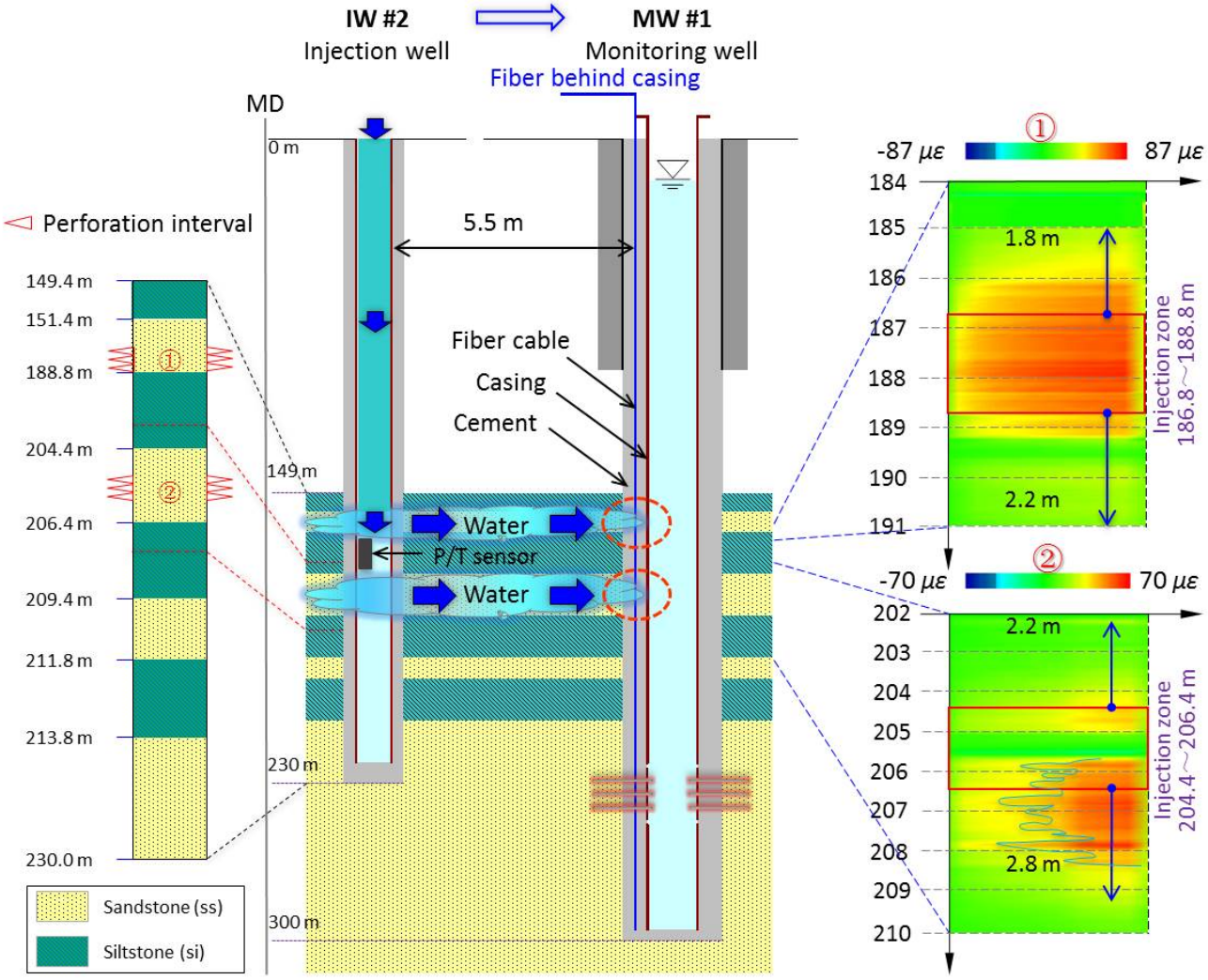
Xue, Z., Hashimoto, T., 2017. Geomechanical Monitoring of Caprock and Wellbore Integrity Using Fiber Optic Cable: Strain Measurement from the Fluid Injection and Extraction Field Tests. *Energy Procedia* 114, 3305–3311.

Sun, Y., Li, Q., Fan, C., 2017. Laboratory core flooding experiments in reservoir sandstone under different sequestration pressures using multichannel fiber Bragg grating sensor arrays. *International Journal of Greenhouse Gas Control.* 60, 186–198.

Sun, Y., Xue, Z., Hashimoto, T., 2018. Fiber optic distributed sensing technology for real-time monitoring water jet tests: Implications for wellbore integrity diagnostics. *Journal of Natural Gas Science and Engineering.* 58, 241–250.

Sun, Y., Xue, Z., Hashimoto T., Zhang, Y., 2019. Hybrid Brillouin-Rayleigh Sensing System for Cross-well Monitoring Fluid Injection Tests—A Geomechanical Responses Perspective. *Water Resource Research.* (Under review).

Keywords: Distributed fiber optic sensing, Fluid injection and storage, Hybrid Brillouin-Rayleigh backscattering, Real-time monitoring, Strain responses, Geomechanical deformation



A schematic for fiber optic sensors deployment (left) and the mapped strain by the fiber optic cable (right).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Gravity monitoring using superconducting gravimeters near the seashore at the Tomakomai CCS demonstration site

*後藤 宏樹[1,2]、杉原 光彦[1,2]、池田 博[3]、西 祐司[1,2]、石戸 経士[1,2]、徂徠 正夫[1,2]
*Hiroki Goto[1,2], Mituhiko Sugihara[1,2], Hiroshi Ikeda[3], Yuji Nishi[1,2], Tsuneo Ishido[1,2], Masao Sorai[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 産業技術総合研究所、3. 筑波大学
1. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. University of Tsukuba

Monitoring the distribution and migration of CO_2 injected into geological formations is needed for management of geological storage of CO_2. Superconducting gravimeters (SG’s) potentially enable monitoring of offshore CO_2 storage at ground-based stations because of its high precision. We conducted continuous gravity observations using SG’s near the seashore at the Tomakomai CCS (carbon dioxide capture and storage) demonstration site, Japan to study variation in the observed gravity near the seashore. The gravity data after correcting for tides, polar motion, and barometric pressure changes was strongly affected by shallow groundwater level changes but it was corrected by expressing their effects as a summation of linear functions of groundwater level changes. The standard deviation of the gravity residuals was reduced to less than 1 μGal after correcting for the groundwater effects. The small variation in the observed gravity residuals suggests that the ground-based gravity monitoring using SG's can be useful in long-term monitoring of offshore CO_2 storage.

キーワード：海底下二酸化炭素地中貯留、超伝導重力計、地下水
Keywords: offshore CO2 geological storage, superconducting gravimeter, groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マイクロバブルCO_2圧入フィールドパイロット試験　ー計画と準備ー
Pilot test for microbubble CO_2 injection to reservoir in oil field - Test planning and preparation -

*中川 和則[1]、上田 良[1]、中野 正則[1]、薛 自求[2]
*Kazunori Nakagawa[1], Ryo Ueda[1], Masanori Nakano[1], Ziqiu Xue[2]

1. 石油資源開発株式会社、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd., 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

本研究では、CO_2をマイクロバブル化して圧入する技術のCCS、CCUSでの実用化へ向け、コア掃攻実験および実験を模擬したフローシミュレーションを通じてマイクロバブル圧入効果の検証やそのメカニズム検討、マイクロバブル圧入のためのツール開発を進めてきた。現在は、フィールドでのマイクロバブル圧入技術の検証のためのパイロット試験を2019年度に実施できる段階まで到達している。

本発表ではフィールドパイロット試験の概要および試験に向けた準備について紹介する。

a) 試験概要

フィールド試験では国内油田の一部を使用する。対象油田の油層は砂と泥が互いに層を成しており、不均質性が大きいことからマイクロバブルの特性に優位に働くことが期待される。手法はHuff’n Puff法を適用し、CO_2圧入時と圧入後の再生産（フローバック）の圧力や流量等を測定する。1回の試験でのCO_2圧入量は100t程度を想定し、同一坑井でマイクロバブルでのCO_2圧入と通常のCO_2圧入の2つの試験を行うことにより、マイクロバブル圧入の効果や通常法との挙動の違いを確認する。また、対象フィールドのシミュレーションモデルを構築し、シミュレーションから事前に試験時のマイクロバブル圧入挙動を評価するとともに、試験後の結果検証にも活用する。

b) 試験準備

フィールド試験のためのマイクロバブル圧入ツールスは、開発したツールスを繋ぎ合わせ油層区間全体にマイクロバブルを発生する編成とし、ツールスの製作を行った。更にCO_2圧入に必要な液化CO_2タンクや圧入ポンプ、加温設備などの現場設置工事を実施した。

謝辞：本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。また、本研究の基礎となるマイクロバブル技術は東京ガス株式会社とRITEとの共同研究成果です。深く謝意を表します。

キーワード：二酸化炭素地中貯留、マイクロバブル、フィールドテスト
Keywords: Geological CO2 Storage, microbubble, field test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mechanisms inducing anomalously high pCO_2 without CO_2 leakage in coastal environment

*渡辺 雄二[1,2]、内本 圭亮[1,2]、西村 真[1,2]、三戸 彩絵子[1,2]、薛 自求[1,2]
*Yuji Watanabe[1,2], Keisuke Uchimoto[1,2], Makoto Nishimura[1,2], Saeko Mito[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Geological CO2 Storage Technology Research Association, 2. RITE

When CO_2 is stored in sub-seabed geological formations in Japan, marine monitoring is mandatory to detect CO_2 leakage as soon as possible should it occur. In the Tomakomai CCS Demonstration Project, a threshold line based on a negative correlation between partial pressure of CO_2 (pCO_2) and dissolved Oxygen saturation in seawater is used to detect an anomalously high value of pCO_2, which is suspected to be a sign of CO_2 leakage. Although CO_2 leakage has never occurred in Tomakomai, pCO_2 values obtained in the monitoring have frequently exceeded the threshold line; that is, many false-positives have been produced. It is important to consider what can be causes of the false-positives. To discuss the causes, we analyzed data observed in the marine monitoring of the Tomakomai project, and meteorological data at Tomakomai. It is implied that weather conditions, such as wind speeds and precipitation, were related with false-positives. Also, we found that total alkalinity was remarkably low at a monitoring survey where many false-positives were observed. The low values of total alkalinity make pCO_2 values higher than usual, and consequently they might produce many false-positives. Based on the results, we are going to present how to avoid or reduce false-positives.

キーワード：海底下CO2貯留、海域監視、CO2漏出、二酸化炭素分圧、総アルカリ度
Keywords: Sub-seabed CO2 storage, Marine monitoring, CO2 leakage, pCO2, Total alkalinity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)

地球温暖化防止は世界規模での喫緊の課題であり、科学技術の総力を挙げた取り組みが求められている。本セッションでは、CO2排出量の削減法の一つであるCCUSに特化し、CO2の分離・回収および貯留、CO2有効利用、CO2EOR/EGRに関わる諸現象を対象とするのみならず、これらを実現する上での環境影響評価、安全性評価、モニタリング、定量評価(MMV)、社会的受容性拡大等の各手法に関して、最新の研究開発動向を議論する。昨年度に引き続き、地下でのCO2挙動に対する理解の深化に加えて、CCUSの実用化に向けて解決すべき課題の再認識をメイントピックとする。

[HSC07-P01] 苫小牧CO_2圧入サイトの地震イベント震源決定精度の評価：数値シミュレーション研究

*王 璐琛[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P02] 機械学習による孔隙率分布推定の技術的課題：長岡CCSサイトの例

*三善 孝之[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P03] 貯留層中の超臨界CO_2影響評価のための繰り返し音波検層における振幅減少情報の利用

*中島 崇裕[2,1]、王 璐琛[2,1]、薛 自求[2,1] (1.（公財）地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P04] Geological sequestration in saline carbonate formations: CO_2-brine-rock interaction

*Shachi Shachi[1]、Brijesh Kumar Yadav[1]、Mohammad Azizur Rahman[2]、Mayur Pal[3] (1.Indian Institute of Technology Roorkee、2.Texas A&M University Qatar、3.North Oil Company, Qatar)

[HSC07-P05] 炭酸塩反応に伴うキャップロック模擬岩石の遮蔽性能変化

*徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)

[HSC07-P06] CO_2 migration characteristics of microbubble and conventional sequestration in Berea sandstone revealed by X-ray CT imaging

*Hongyu Zhai[1,2]、Yi Zhang[1,2]、Hyuck Park[1,2]、Ziqiu Xue[1,2] (1.Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association,9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE),9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan)

[HSC07-P07] CO_2 注入試料の光ファイバーによるひずみ検出

*朴 赫[1]、孫 艷坤[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人 地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P08] 光ファイバーにより計測された地層変形とその堆積学的解釈：房総半島砂泥互層帯水層の例

*伊藤 拓馬[1,2]、橋本 励[1,2]、薛 自求[1,2] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P09] How many data are necessary to make a suitable threshold for anomalous pCO_2 owing to CO_2 leakage?

*内本 圭亮[1,2]、渡辺 雄二[1,2]、西村 真[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

苫小牧CO_2圧入サイトの地震イベント震源決定精度の評価：数値シミュレーション研究

Evaluation of seismic event location accuracy of Tomakomai CO2 injection site: a numerical simulation case study

*王 璐琛[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1]
*Luchen Wang[1], Takahiro Nakajima[1], Ziqiu Xue[1]

1. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. RITE, Research Institute of Innovative Technology for the Earth

For CO2 injection monitoring in many CCS project, the most basic monitoring information is the seismic events. The seismic event location is the first step to understanding the causal process of a natural or induced fracture. In the case of CO2 geological storage, the location of an event is of special importance. The events in the reservoir may affect the storage capability. The events in the cap-rock may indicate the CO2 leakage. However, the location of the seismic event is probably to contain bias, especially for the limited seismic observation system. Therefore, the operator should understand that there is uncertainty in the location estimation of a detected event. In this study, we use the Tomakomai (Ocean Bottom Cable) OBC and borehole system (OB1 well) to study the seismic location accuracy in Tomakomai site. We believe that it can help to evaluate the event location effect with different azimuths and different depths. Moreover, this study may also be applied to the optimization of the seismic observation system.

At Tomakomai site, the permanent OBC is arranged as a line (length 3.6 km, containing 55 available sensors), deployed 2 m under the seabed. It is located above the CO2 reservoir and the center point is 3 km from the coast. The OB1 contains 4 sensors in the well with depths ranging from 2 km to 2.2 km. All sensors of OBC and OB1 contain a three-component geophone. Therefore, we can use only detected P phase signal for seismic location. We assume that the velocity model is layered and homogeneous, so that a simple model can be built based on the logging result. The ray-tracing method is employed in the seismic simulation and location process.

We compared the modelling event location accuracy for different azimuths and different depths. All events were distributed around Tomakomai site. The results showed that as the epicenter distance increases, the location errors increases. For the events which the epicenter is far away from the area enclosed by OBC and OB1, the locating effect is significantly worse. In addition, as the event depth increases, the location error also increases. The location error of shallow (0-1 km) events can be maintained within 1 m, while the location error of deep (8 km) events can reach the scale of several hundred meters. Ignoring the effects of the simulation method, it is obviously affected by the geometric distribution of the observation system.

Secondly, we also compared different observation system optimization strategies. The result indicated that, based on the Tomakomai seismic monitoring system, if the number of sensor is fixed, the longer OBC line can provide a better location result. Based on these analyses, future seismic monitoring system designs can be optimized for specific purposes (number of sensors, expected depth of monitoring, etc.).

キーワード：震源決定、地震モニタリング、3Dレイトレーシング、苫小牧サイト

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: event location, Seismic monitoring, 3D ray tracing, Tomakomai site

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

機械学習による孔隙率分布推定の技術的課題：長岡CCSサイトの例
Technical Challenges of Machine Learning Approach for Porosity Estimation in Nagaoka CCS site

*三善 孝之[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1]
*Takayuki Miyoshi[1], Takahiro Nakajima[1], Ziqiu Xue[1]

1. 地球環境産業技術研究機構
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

CO_2地中貯留において、CO_2貯留層の水理学的パラメータの空間分布モデルは、貯留量評価や圧入CO_2の広がりを把握するために実施される流動シミュレーションの入力モデルとして重要な役割を果たしている。孔隙率や浸透率といった水理学的パラメータの推定は、掘削坑井から得られるデータを用いて推定する方法がとられるが、坑井近傍の一次元的な物性値プロファイルしか得られない。対して、三次元弾性波探査データは、空間データとして取得されるため、このデータをガイドとして、貯留層パラメータを外挿する方法が有効である。CCSでは少ない数の坑井データしか利用できないことが多いが、たとえ一本であっても検層データと弾性波探査データの関係性を推定しモデル化することができれば、弾性波探査データ領域全体に拡張することで、貯留層パラメータの推定が可能となる。

機械学習は、既知の入力データと予測対象の関係性を学習することで、未知の入力データに対する予測を行う技術である。入力データの選び方や、学習モデルの構造などハイパーパラメータの決定は、データ依存となることが多い。地質モデル予測においては特に、サイト固有のパラメータスタディが必須と言われている。本研究では、４坑井が使用できる長岡CCSサイトデータを用いて、複数アトリビュートを入力データとしたときに考慮すべき技術的課題について検討したので報告する。

キーワード：CO2地中貯留、機械学習、地質モデル
Keywords: CCS, Machine Learning, Geological model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

貯留層中の超臨界CO_2影響評価のための繰り返し音波検層における振幅減少情報の利用

Utilization of wave attenuation in time-lapse sonic logging data to evaluate the effect of super-critical CO_2 in the reservoir

*中島 崇裕[2,1]、王 璐琛[2,1]、薛 自求[2,1]
*Takahiro Nakajima[2,1], Luchen Wang[2,1], Ziqiu Xue[2,1]

1.（公財）地球環境産業技術研究機構、2. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth, 2. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association

This paper discusses seismic wave attenuation by injected CO_2 in the formation. Seismic methods have been broadly used for the monitoring of injected CO_2 at many CCS sites. Concerning the velocity change by the existence of CO_2, the relationship between P-wave velocity and CO_2 saturation in rock samples and formation have been studied well. Some laboratory experiments studied amplitude of P-wave as well as the velocity change by the invasion of CO_2, and the change in amplitude was larger than that of time delay (e.g. Muller et al., 2010). Meanwhile investigations on amplitude attenuation were rather limited. In this paper, we investigated P-wave data in the results of time-lapse sonic logging at the Nagaoka site.
At the Nagaoka site, time-lapse well loggings have been conducted during the injection period and post injection period at observation wells, which are 40 m and 60 m apart from the injection well. The sonic logging was conducted 45 times during 12 years using Halliburton’s LFDL (Low Frequency Dipole-Sonic Logging Tool). Since it is not ascertain that the monopole transmitter has emitted the same energy at every logging, we chose a reference point in the cap rock 10 m above the target zone. At this depth, the formation was highly cemented with very small slowness, so the position was easily recognized in wave data and its wave field would not change during the CO_2 injection. We took the amplitude of the first P-wave arrival as the reference. We also assume that the emitted energy from the transmitter would not change at the reservoir within 15 m interval from the reference point.
Firstly, we compared the wave data at the depth where the largest change observed by CO_2 injected. We can see that the first arrival of P-wave at the nearest observation logging was shifted from 1.64 to 1.8 micro-sec at 14-th run. Amplitude of the peak was also gradually decreased after the CO_2 breakthrough, and the amplitude at 21-st run was clearly small. Next we calculated spectrum around the first P-wave arrivals, and found that high frequency components decreased much than the lower frequency components. This frequency shift looked like to be recovered during the imbibition process. These could be an evidence of wave-induced flow of two phase liquid.
From these analyses, amplitude attenuation can be observed in the sonic logging at geological storage site. The combination of seismic wave amplitude and time-delay could be applied for more reliable evaluation of CO_2 saturation as Azuma et al. (2014) pointed out. The amplitude change might be effective in the early detection of CO_2 leakage along the well, if results as the laboratory experiments were obtained in the field. An effective measurement for this purpose could be realized with the use of DAS-VSP.

キーワード：CO2地中貯留、音波検層波形データ、P波速度、P波振幅、長岡サイト
Keywords: Geological CO2 storage, Sonic logging wave data, P-wave velocity, P-wave amplitude, Nagaoka site

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geological sequestration in saline carbonate formations: CO_2 -brine-rock interaction

*Shachi Shachi[1], Brijesh Kumar Yadav[1], Mohammad Azizur Rahman[2], Mayur Pal[3]

1. Indian Institute of Technology Roorkee, 2. Texas A&M University Qatar, 3. North Oil Company, Qatar

To reduce unequivocal global warming due to continuous emission of greenhouse gas CO_2 into atmosphere, geo-sequestration is one such emerging technology. For geologic sequestration, CO_2 is injected into suitable deep subsurface formations at supercritical temperature and pressure conditions. Saline carbonate formations are one such promising sink due to its wide spread availability and enormous storage potential. In this study, a series of experiments have been performed on carbonate cores for finding out the effect of injected supercritical CO_2 in subsurface formations. The laboratory study reported here investigated the cyclic injection of $scCO_2$ and brine on two types (Edward White and Edward Yellow) of core samples under reservoir conditions. Further, the pre and post flooded carbonate core samples are analysed for mineralogical changes of CO_2-brine-rock interaction using image analysis techniques such as FeSEM and EDX. The cyclic injection provides the differential pressure (DP) profile of the two samples with time, and is found to have increased with successive injection cycles. The FeSEM images showed that there was some dissolution and precipitation of minerals after the CO_2 flooding emphasizing on solubility trapping and EDX provides the quantitative information about mineral compositions. The results are also compared for both porosity and permeability changes which are found to have decreased post $scCO_2$ flooding. The results of this study provide vital information about mineralogical changes and thus will enhance the knowledge of implementing full scale CO_2 sequestration in subsurface carbonate formations.

Keywords: Global warming, geo-sequestration, image analysis, mineralogical changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

炭酸塩反応に伴うキャップロック模擬岩石の遮蔽性能変化
Changes in sealing performance of artificial caprocks caused by carbonate reactions

*徂徠 正夫[1]
*Masao Sorai[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

CO_2地中貯留は、キャップロックによりCO_2が地表に漏洩することなく安定に隔離され続けることを前提としている。しかしながら、CO_2が溶解した間隙水中で長期にわたる地化学プロセスを経た後も、キャップロックの遮蔽性能が保証されるかどうかは確認されていない。そこで、本研究では反応に伴う岩石の遮蔽性能の変化を定量的に評価した。

岩石の反応とそれに伴う空隙構造の変化を定量的に理解するためには、反応プロセスが明確、かつ空隙構造を制御した系で実験を行うことが合理的である。そこで、0.5、1、5、10μmの粒径からなる2種類の密度のシリカ粒子焼結体をベースとし、その間隙中に炭酸カルシウム（$CaCO_3$）を含む人工試料を作製して供試体とした。本試料を10 MPa、40ºCの超臨界CO_2ー水条件下で反応させ、浸透率kの経時変化を調べた。

岩石空隙中の$CaCO_3$が溶解するとkが増加し、逆に$CaCO_3$が沈殿するとkが低下することが予想される。このシナリオを実験結果に適用し、$CaCO_3$の反応に伴うkの変化のメカニズムを考察した。高密度試料では、CO_2溶存水の浸透により試料の周囲から$CaCO_3$が溶解するが、溶液が$CaCO_3$飽和濃度に達するとそれ以降の溶解は起こらない。また、溶液が飽和濃度に達していなくても、試料内部では溶出成分の逃げ場がないため、局所的に$CaCO_3$に対して過飽和となり、再沈殿が起こり得る。このため、kは初期に増加するが、その後は一定あるいは元のレベル程度まで低下することが予想される。これに対して低密度試料では、CO_2溶存水が試料深部にまで浸透し、試料表面と内部での物質の移動も容易であるため、より多くの$CaCO_3$が溶出することでkが増加する。今後は、kに依存した岩石内部での浸透速度と$CaCO_3$含有量に基づいて、キャップロックからの漏洩リスクの定量化を図ることが課題である。

キーワード：CO2地中貯留、遮蔽性能、地化学反応、キャップロック、炭酸塩鉱物
Keywords: Geological CO2 storage, Sealing performance, Geochemical reactions, Caprock, Carbonate minerals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2 migration characteristics of microbubble and conventional sequestration in Berea sandstone revealed by X-ray CT imaging

*Hongyu Zhai[1,2], Yi Zhang[1,2], Hyuck Park[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association,9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan, 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE),9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan

CO_2 geological sequestration is an effective technique to mitigate the increase of global CO_2 emission and warming effect. To improve CO_2 storage capacity in porous sediments, we applied a new technology, of which a particular filter is utilized to generate supercritical CO_2 (SC) microbubble, for the SC injection. A Berea sandstone sample was used for the tests: the microbubble injection (MBI) and conventional injection (CI). By X-ray CT imaging, we find that the MBI can enhance the SC migration and sweep efficiency, and finally result in a higher SC saturation. To quantify the difference in SC saturation variation for MBI and CI, we classify the porous space (as imaged volume) into three subsets (low-porosity: $\Phi_L \leqq$ 19%; medium-porosity: 19%$<\Phi_M \leqq$22%; and high-porosity: 22%$<\Phi_H$). We identify that there are different SC migration patterns (P1: rapid and high-massed SC flow occupied large-sized porosity sites with an apparent migration trace; P2: slow and low-massed SC flow diffused into small-sized porosity sites; and P3: a mixed migration pattern of P1 and P2) dominated by the porosity distribution and sediment layers. The main differences in the flow characteristics of MBI and CI for the three groups of porosity sites are outlined as follows.

(1)-Φ_H: At the beginning, the MBI formed a step-increased SC saturation gradient in the Φ_H sites along the axial direction. Subsequently, several times of SC saturation accumulation occurred before the injected SC reached 0.15 PV. In contrast, in the CI, there was a continuous SC flow migrated in the high-porosity sites from the inlet side to the outlet side before the injected SC reached 0.1 PV. After the SC flow transported to the left part (with a distance >150 mm from inlet side), the SC sweep efficiency became weakened. When the injected SC was greater than 0.08 PV, the increase of SC saturation propagated simultaneously from the central position towards inlet and outlet sides.

(2)-Φ_M: In the Φ_M sites, before the injected SC smaller than 0.9 PV, the P1 model controlled the flow migration for MBI. Then the P3 model dominated the SC flow migration. In the CI, similar SC flow transport features also occurred, however, with a lower SC sweep efficiency, and the P3 model commenced until the injected SC approximated 0.15 PV.

(3)-Φ_L: In the Φ_L sites, both the MBI and CI produced only the P1-type SC transport pattern. But the MBI had an earlier trigger time and higher SC saturation than CI.

These analyses demonstrate that the SC flow in the MBI can permeate into more porous space and build a higher CO_2 saturation than CI. The MBI has the potential to provide a more efficient and lower cost choice for the CO_2 geological storage.

Keywords: CO2 migration, Microbubble sequestration, Conventional sequestration, X-ray CT imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2 注入試料の光ファイバーによるひずみ検出
Strain detection by optical fiber for CO_2 injected core specimen

*朴 赫[1]、孫 艷坤[1]、薛 自求[1]
*Hyuck Park[1], Yankun Sun[1], Ziqiu Xue[1]

1. 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

In order to detect strain of rock specimen during CO_2 injection using optical fiber, a laboratory experiment was carried out using porous sandstone. Spiral direction strain of core specimen was detected by optical fiber. We compared the strain profiles in the case of one-phase flow (water only) and the case of two-phase flow (CO_2 in water saturated specimen). CT image analysis was also used to determine the internal state of the specimen. Sarukawa sandstone (diameter: 34.83mm, length: 179.50mm) was used in this study. Porosity of the specimen determined by X-ray CT imaging is 23.38%. This specimen is homogeneous overall, but there are some gravels in some places. The permeability is about 7 mDarcy. The experiment was conducted under the pressure and temperature conditions that simulate underground environments; pore pressure: 10MPa, temperature: 40 degrees Celsius. The confining pressure selected in this study is 12MPa. The specimen was first saturated with KI aqueous solution (11.5 wt%). The permeability was confirmed using the KI aqueous solution. The upstream pump was prepared at 10.5 MPa for differential pressure of 0.5MPa. The CO_2 flooding was carried out until the total fluid injection reaches about 7.6PV (pore volume). Optical fiber measurement and X-ray CT imaging were performed in all experimental steps. In the case of one-phase flow (water only), as soon as the water injection started, the strain profile was completed. And the strain profile was almost constant until the test ended. In the case of two-phase flow (CO_2 flooding in water saturated specimen), there was a small strain increase up to CO_2 breakthrough and there was a sudden strain increase after the breakthrough. In this study, it was possible to measure the spiral direction strain of 180mm long core specimen. At the same time, we could visualize the process of CO_2 flooding by X-ray CT image analysis. It has become possible to measure distortion of a long distance under the ground with a single optical fiber. It reveals that the optical fiber sensing is a potential tool for future CO_2 storage industries.

キーワード：光ファイバー、CO2フラッド、ひずみ検出、ひずみプロファイル、Ｘ線ＣＴ
Keywords: Optical fiber, CO2 flooding, strain detection, strain profile, X-ray CT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光ファイバーにより計測された地層変形とその堆積学的解釈：房総半島砂泥互層帯水層の例

Bed deformation measured by distributed optical fiber and its sedimentological interpretation: alternated sandstone and mudstone aquifer, Boso Peninsula, Japan

*伊藤 拓馬[1,2]、橋本 励[1,2]、薛 自求[1,2]
*Takuma Ito[1,2], Tsutomu Hashimoto[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構、2. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth, 2. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association

砂泥互層から構成される帯水層を対象とし，光ファイバー現場実証試験が行われている．本サイトでは既存井戸を利用した揚水試験が行われ，それに伴う地層変形を分布式光ファイバーにより計測できている．これまでに実施された揚水試験の結果は，地下水の汲み上げが地層の圧縮ひずみとして検知され，地層のひずみは一様でないことが計測されている．この地層のひずみは，地層を構成する岩相の差異に由来する不均質性と密接に関係する可能性が高い．これまでに，光ファイバーで地層変形を計測している井戸からコア試料を掘削しているが，コア分析に基づく堆積学的な特徴は充分に把握されていないのが現状であった．本研究の目的は，コア試料の堆積学的な検討から地層の堆積環境および粒度分布の特徴を把握し，その堆積学的特徴と揚水試験により生じた地層のひずみとの関係を検討することである．

コア試料は房総半島更新統の帯水層から採取され，その岩相は砂泥互層を主体とする．コア試料の堆積相解析の結果から，砂泥互層を構成する砂層の粒度や堆積構造の鉛直変化の特徴は大きく3タイプに区分される．タイプ1は基底部に浸食面を有し正級化構造の発達するもの，タイプ2は基底部付近で逆級化を示した後，正級化構造を示すもの，タイプ3は礫サイズの泥岩偽礫を含むものである．上記砂層の特徴は，先行研究でも記載例があり，火山灰鍵層を利用した空間的な砂層単層解析や砂岩形状解析から，陸棚外縁帯三角州前縁部付近で形成されたことが指摘され，本コア試料の堆積相もその解釈を支持する．コア深度164～230mの粒度分析を行った結果，砂泥互層には3つの堆積サイクルが認められた．この堆積サイクルは，鉛直方向の不均質性に由来しており，その成因は海進・海退サイクルに応答している可能性がある．

揚水試験の結果，深度164～230mには地層の圧縮ひずみの生じない部分が4深度で確認された．これらの深度は光ファイバー設置器具の位置とは無関係であり，地層の堆積岩石学的特徴を捉えている可能性が高い．揚水による地層変形とコア分析に基づく堆積サイクルを比較すると，圧縮ひずみの生じた深度では砂層が粗粒化しており，変形の小さな深度では砂層は細粒化する傾向があることが判明した．これは，砂泥互層を構成する粘土分に乏しい淘汰良好な粗粒な砂層から選択的に揚水される現象を捉えており，地下流体移動には地層の不均質性が大きく影響することを示唆している．コア試料に認められる砂泥互層の堆積サイクルは，自然ガンマ線検層や比抵抗検層等の物理検層には明瞭に現れておらず，コア分析から明らかになるような詳細な地質状況の違いが光ファイバーによるひずみの変化として捉えられていることが判明した．今回の砂泥互層帯水層の事例研究から，光ファイバーの現場利用は，帯水層の地質性状と密接に関係する透水性等の水理地質学的情報を地層変形モニタリングから間接的に評価できる可能性があることが示された．

キーワード：砂岩泥岩互層、光ファイバー、地層変形監視
Keywords: Alternated sandstone and mudstone, Optic fiber sensing, Monitoring of bed deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

How many data are necessary to make a suitable threshold for anomalous pCO_2 owing to CO_2 leakage?

*内本 圭亮[1,2]、渡辺 雄二[1,2]、西村 真[1,2]、薛 自求[1,2]
*Keisuke Uchimoto[1,2], Yuji Watanabe[1,2], Makoto Nishimura[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association , 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

日本では、海底下CO_2貯留は海洋汚染防止法により規制され、万が一の漏出の場合に速やかに検知できるようにモニタリングすることが求められている。地下深くの地層に貯留されたCO_2が海に漏出すると、海水の炭酸系（pH, DIC, pCO_2など）の値が変化すると考えられる。そこで、これら炭酸系の異常値を見つけることが海洋モニタリングの一つの手法となり得る。しかし、炭酸系の自然変動は比較的大きいため、観測値が異常値かどうか判定するのは難しい。苫小牧CCS実証試験においてはpCO_2がモニターされているが、漏出が起きたことがないにもかかわらず、測定値が異常と判定されたことが多々ある。自然変動を異常値と誤判定する擬陽性自体は避けることができないが、避けることができる擬陽性もある。例えば、不十分なベースラインデータに基づいて作られた不適切な基準値によって生じる擬陽性がそうである。本研究では、大阪湾で2002年から2010年に観測された四季調査データを解析し、どれだけのデータがあれば適切な基準値を作ることができるかを調べた。N（1≦N≦9）年分のデータを使って、pCO_2と溶存酸素飽和度の相関関係に基づく基準線を求め、それに9年分全データを適用し、基準線を超えるデータ（すなわち擬陽性）の数を数えた。四季調査データの場合には、適切な基準線を作るには少なくとも5年前後のデータが必要である。

キーワード：海底下CO2貯留、漏出、海洋監視、CCS
Keywords: offshore CO2 storage, leakage, marine monitoring, CCS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)

地球温暖化防止は世界規模での喫緊の課題であり、科学技術の総力を挙げた取り組みが求められている。本セッションでは、CO2排出量の削減法の一つであるCCUSに特化し、CO2の分離・回収および貯留、CO2有効利用、CO2EOR/EGRに関わる諸現象を対象とするのみならず、これらを実現する上での環境影響評価、安全性評価、モニタリング、定量評価(MMV)、社会的受容性拡大等の各手法に関して、最新の研究開発動向を議論する。昨年度に引き続き、地下でのCO2挙動に対する理解の深化に加えて、CCUSの実用化に向けて解決すべき課題の再認識をメイントピックとする。

[HSC07-P01] 苫小牧CO_2圧入サイトの地震イベント震源決定精度の評価：数値シミュレーション研究

*王 璐琛[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P02] 機械学習による孔隙率分布推定の技術的課題：長岡CCSサイトの例

*三善 孝之[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1] (1.地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P03] 貯留層中の超臨界CO_2影響評価のための繰り返し音波検層における振幅減少情報の利用

*中島 崇裕[2,1]、王 璐琛[2,1]、薛 自求[2,1] (1.（公財）地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P04] Geological sequestration in saline carbonate formations: CO_2-brine-rock interaction

*Shachi Shachi[1]、Brijesh Kumar Yadav[1]、Mohammad Azizur Rahman[2]、Mayur Pal[3] (1.Indian Institute of Technology Roorkee、2.Texas A&M University Qatar、3.North Oil Company, Qatar)

[HSC07-P05] 炭酸塩反応に伴うキャップロック模擬岩石の遮蔽性能変化

*徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)

[HSC07-P06] CO_2 migration characteristics of microbubble and conventional sequestration in Berea sandstone revealed by X-ray CT imaging

*Hongyu Zhai[1,2]、Yi Zhang[1,2]、Hyuck Park[1,2]、Ziqiu Xue[1,2] (1.Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association,9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE),9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan)

[HSC07-P07] CO_2 注入試料の光ファイバーによるひずみ検出

*朴 赫[1]、孫 艶坤[1]、薛 自求[1] (1.公益財団法人 地球環境産業技術研究機構)

[HSC07-P08] 光ファイバーにより計測された地層変形とその堆積学的解釈：房総半島砂泥互層帯水層の例

*伊藤 拓馬[1,2]、橋本 励[1,2]、薛 自求[1,2] (1.公益財団法人地球環境産業技術研究機構、2.二酸化炭素地中貯留技術研究組合)

[HSC07-P09] How many data are necessary to make a suitable threshold for anomalous pCO_2 owing to CO_2 leakage?

*内本 圭亮[1,2]、渡辺 雄二[1,2]、西村 真[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

苫小牧CO_2圧入サイトの地震イベント震源決定精度の評価：数値シミュレーション研究

Evaluation of seismic event location accuracy of Tomakomai CO2 injection site: a numerical simulation case study

*王 璐琛[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1]
*Luchen Wang[1], Takahiro Nakajima[1], Ziqiu Xue[1]

1. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. RITE, Research Institute of Innovative Technology for the Earth

For CO2 injection monitoring in many CCS project, the most basic monitoring information is the seismic events. The seismic event location is the first step to understanding the causal process of a natural or induced fracture. In the case of CO2 geological storage, the location of an event is of special importance. The events in the reservoir may affect the storage capability. The events in the cap-rock may indicate the CO2 leakage. However, the location of the seismic event is probably to contain bias, especially for the limited seismic observation system. Therefore, the operator should understand that there is uncertainty in the location estimation of a detected event. In this study, we use the Tomakomai (Ocean Bottom Cable) OBC and borehole system (OB1 well) to study the seismic location accuracy in Tomakomai site. We believe that it can help to evaluate the event location effect with different azimuths and different depths. Moreover, this study may also be applied to the optimization of the seismic observation system.

At Tomakomai site, the permanent OBC is arranged as a line (length 3.6 km, containing 55 available sensors), deployed 2 m under the seabed. It is located above the CO2 reservoir and the center point is 3 km from the coast. The OB1 contains 4 sensors in the well with depths ranging from 2 km to 2.2 km. All sensors of OBC and OB1 contain a three-component geophone. Therefore, we can use only detected P phase signal for seismic location. We assume that the velocity model is layered and homogeneous, so that a simple model can be built based on the logging result. The ray-tracing method is employed in the seismic simulation and location process.

We compared the modelling event location accuracy for different azimuths and different depths. All events were distributed around Tomakomai site. The results showed that as the epicenter distance increases, the location errors increases. For the events which the epicenter is far away from the area enclosed by OBC and OB1, the locating effect is significantly worse. In addition, as the event depth increases, the location error also increases. The location error of shallow (0-1 km) events can be maintained within 1 m, while the location error of deep (8 km) events can reach the scale of several hundred meters. Ignoring the effects of the simulation method, it is obviously affected by the geometric distribution of the observation system.

Secondly, we also compared different observation system optimization strategies. The result indicated that, based on the Tomakomai seismic monitoring system, if the number of sensor is fixed, the longer OBC line can provide a better location result. Based on these analyses, future seismic monitoring system designs can be optimized for specific purposes (number of sensors, expected depth of monitoring, etc.).

キーワード：震源決定、地震モニタリング、3Dレイトレーシング、苫小牧サイト

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: event location, Seismic monitoring, 3D ray tracing, Tomakomai site

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

機械学習による孔隙率分布推定の技術的課題：長岡CCSサイトの例
Technical Challenges of Machine Learning Approach for Porosity Estimation in Nagaoka CCS site

*三善 孝之[1]、中島 崇裕[1]、薛 自求[1]
*Takayuki Miyoshi[1], Takahiro Nakajima[1], Ziqiu Xue[1]

1. 地球環境産業技術研究機構
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

CO_2地中貯留において、CO_2貯留層の水理学的パラメータの空間分布モデルは、貯留量評価や圧入CO_2の広がりを把握するために実施される流動シミュレーションの入力モデルとして重要な役割を果たしている。孔隙率や浸透率といった水理学的パラメータの推定は、掘削坑井から得られるデータを用いて推定する方法がとられるが、坑井近傍の一次元的な物性値プロファイルしか得られない。対して、三次元弾性波探査データは、空間データとして取得されるため、このデータをガイドとして、貯留層パラメータを外挿する方法が有効である。CCSでは少ない数の坑井データしか利用できないことが多いが、たとえ一本であっても検層データと弾性波探査データの関係性を推定しモデル化することができれば、弾性波探査データ領域全体に拡張することで、貯留層パラメータの推定が可能となる。

機械学習は、既知の入力データと予測対象の関係性を学習することで、未知の入力データに対する予測を行う技術である。入力データの選び方や、学習モデルの構造などハイパーパラメータの決定は、データ依存となることが多い。地質モデル予測においては特に、サイト固有のパラメータスタディが必須と言われている。本研究では、４坑井が使用できる長岡CCSサイトデータを用いて、複数アトリビュートを入力データとしたときに考慮すべき技術的課題について検討したので報告する。

キーワード：CO2地中貯留、機械学習、地質モデル
Keywords: CCS, Machine Learning, Geological model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

貯留層中の超臨界CO_2影響評価のための繰り返し音波検層における振幅減少情報の利用

Utilization of wave attenuation in time-lapse sonic logging data to evaluate the effect of super-critical CO_2 in the reservoir

*中島 崇裕[2,1]、王 璐琛[2,1]、薛 自求[2,1]
*Takahiro Nakajima[2,1], Luchen Wang[2,1], Ziqiu Xue[2,1]

1.（公財）地球環境産業技術研究機構、2. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth, 2. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association

This paper discusses seismic wave attenuation by injected CO_2 in the formation. Seismic methods have been broadly used for the monitoring of injected CO_2 at many CCS sites. Concerning the velocity change by the existence of CO_2, the relationship between P-wave velocity and CO_2 saturation in rock samples and formation have been studied well. Some laboratory experiments studied amplitude of P-wave as well as the velocity change by the invasion of CO_2, and the change in amplitude was larger than that of time delay (e.g. Muller et al., 2010). Meanwhile investigations on amplitude attenuation were rather limited. In this paper, we investigated P-wave data in the results of time-lapse sonic logging at the Nagaoka site.
At the Nagaoka site, time-lapse well loggings have been conducted during the injection period and post injection period at observation wells, which are 40 m and 60 m apart from the injection well. The sonic logging was conducted 45 times during 12 years using Halliburton’s LFDL (Low Frequency Dipole-Sonic Logging Tool). Since it is not ascertain that the monopole transmitter has emitted the same energy at every logging, we chose a reference point in the cap rock 10 m above the target zone. At this depth, the formation was highly cemented with very small slowness, so the position was easily recognized in wave data and its wave field would not change during the CO_2 injection. We took the amplitude of the first P-wave arrival as the reference. We also assume that the emitted energy from the transmitter would not change at the reservoir within 15 m interval from the reference point.
Firstly, we compared the wave data at the depth where the largest change observed by CO_2 injected. We can see that the first arrival of P-wave at the nearest observation logging was shifted from 1.64 to 1.8 micro-sec at 14-th run. Amplitude of the peak was also gradually decreased after the CO_2 breakthrough, and the amplitude at 21-st run was clearly small. Next we calculated spectrum around the first P-wave arrivals, and found that high frequency components decreased much than the lower frequency components. This frequency shift looked like to be recovered during the imbibition process. These could be an evidence of wave-induced flow of two phase liquid.
From these analyses, amplitude attenuation can be observed in the sonic logging at geological storage site. The combination of seismic wave amplitude and time-delay could be applied for more reliable evaluation of CO_2 saturation as Azuma et al. (2014) pointed out. The amplitude change might be effective in the early detection of CO_2 leakage along the well, if results as the laboratory experiments were obtained in the field. An effective measurement for this purpose could be realized with the use of DAS-VSP.

キーワード：CO2地中貯留、音波検層波形データ、P波速度、P波振幅、長岡サイト
Keywords: Geological CO2 storage, Sonic logging wave data, P-wave velocity, P-wave amplitude, Nagaoka site

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geological sequestration in saline carbonate formations: CO_2 -brine-rock interaction

*Shachi Shachi[1], Brijesh Kumar Yadav[1], Mohammad Azizur Rahman[2], Mayur Pal[3]

1. Indian Institute of Technology Roorkee, 2. Texas A&M University Qatar, 3. North Oil Company, Qatar

To reduce unequivocal global warming due to continuous emission of greenhouse gas CO_2 into atmosphere, geo-sequestration is one such emerging technology. For geologic sequestration, CO_2 is injected into suitable deep subsurface formations at supercritical temperature and pressure conditions. Saline carbonate formations are one such promising sink due to its wide spread availability and enormous storage potential. In this study, a series of experiments have been performed on carbonate cores for finding out the effect of injected supercritical CO_2 in subsurface formations. The laboratory study reported here investigated the cyclic injection of $scCO_2$ and brine on two types (Edward White and Edward Yellow) of core samples under reservoir conditions. Further, the pre and post flooded carbonate core samples are analysed for mineralogical changes of CO_2-brine-rock interaction using image analysis techniques such as FeSEM and EDX. The cyclic injection provides the differential pressure (DP) profile of the two samples with time, and is found to have increased with successive injection cycles. The FeSEM images showed that there was some dissolution and precipitation of minerals after the CO_2 flooding emphasizing on solubility trapping and EDX provides the quantitative information about mineral compositions. The results are also compared for both porosity and permeability changes which are found to have decreased post $scCO_2$ flooding. The results of this study provide vital information about mineralogical changes and thus will enhance the knowledge of implementing full scale CO_2 sequestration in subsurface carbonate formations.

Keywords: Global warming, geo-sequestration, image analysis, mineralogical changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

炭酸塩反応に伴うキャップロック模擬岩石の遮蔽性能変化
Changes in sealing performance of artificial caprocks caused by carbonate reactions

*徂徠 正夫[1]
*Masao Sorai[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

CO_2地中貯留は、キャップロックによりCO_2が地表に漏洩することなく安定に隔離され続けることを前提としている。しかしながら、CO_2が溶解した間隙水中で長期にわたる地化学プロセスを経た後も、キャップロックの遮蔽性能が保証されるかどうかは確認されていない。そこで、本研究では反応に伴う岩石の遮蔽性能の変化を定量的に評価した。

岩石の反応とそれに伴う空隙構造の変化を定量的に理解するためには、反応プロセスが明確、かつ空隙構造を制御した系で実験を行うことが合理的である。そこで、0.5、1、5、10μmの粒径からなる2種類の密度のシリカ粒子焼結体をベースとし、その間隙中に炭酸カルシウム（$CaCO_3$）を含む人工試料を作製して供試体とした。本試料を10 MPa、40ºCの超臨界CO_2ー水条件下で反応させ、浸透率kの経時変化を調べた。

岩石空隙中の$CaCO_3$が溶解するとkが増加し、逆に$CaCO_3$が沈殿するとkが低下することが予想される。このシナリオを実験結果に適用し、$CaCO_3$の反応に伴うkの変化のメカニズムを考察した。高密度試料では、CO_2溶存水の浸透により試料の周囲から$CaCO_3$が溶解するが、溶液が$CaCO_3$飽和濃度に達するとそれ以降の溶解は起こらない。また、溶液が飽和濃度に達していなくても、試料内部では溶出成分の逃げ場がないため、局所的に$CaCO_3$に対して過飽和となり、再沈殿が起こり得る。このため、kは初期に増加するが、その後は一定あるいは元のレベル程度まで低下することが予想される。これに対して低密度試料では、CO_2溶存水が試料深部にまで浸透し、試料表面と内部での物質の移動も容易であるため、より多くの$CaCO_3$が溶出することでkが増加する。今後は、kに依存した岩石内部での浸透速度と$CaCO_3$含有量に基づいて、キャップロックからの漏洩リスクの定量化を図ることが課題である。

キーワード：CO2地中貯留、遮蔽性能、地化学反応、キャップロック、炭酸塩鉱物
Keywords: Geological CO2 storage, Sealing performance, Geochemical reactions, Caprock, Carbonate minerals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2 migration characteristics of microbubble and conventional sequestration in Berea sandstone revealed by X-ray CT imaging

*Hongyu Zhai[1,2], Yi Zhang[1,2], Hyuck Park[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association,9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan, 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE),9-2, Kizugawadai, Kizugawa Shi, Kyoto, 6190292 Japan

CO_2 geological sequestration is an effective technique to mitigate the increase of global CO_2 emission and warming effect. To improve CO_2 storage capacity in porous sediments, we applied a new technology, of which a particular filter is utilized to generate supercritical CO_2 (SC) microbubble, for the SC injection. A Berea sandstone sample was used for the tests: the microbubble injection (MBI) and conventional injection (CI). By X-ray CT imaging, we find that the MBI can enhance the SC migration and sweep efficiency, and finally result in a higher SC saturation. To quantify the difference in SC saturation variation for MBI and CI, we classify the porous space (as imaged volume) into three subsets (low-porosity: $\Phi_L \leqq$ 19%; medium-porosity: 19%$<\Phi_M \leqq$22%; and high-porosity: 22%$<\Phi_H$). We identify that there are different SC migration patterns (P1: rapid and high-massed SC flow occupied large-sized porosity sites with an apparent migration trace; P2: slow and low-massed SC flow diffused into small-sized porosity sites; and P3: a mixed migration pattern of P1 and P2) dominated by the porosity distribution and sediment layers. The main differences in the flow characteristics of MBI and CI for the three groups of porosity sites are outlined as follows.

(1)-Φ_H: At the beginning, the MBI formed a step-increased SC saturation gradient in the Φ_H sites along the axial direction. Subsequently, several times of SC saturation accumulation occurred before the injected SC reached 0.15 PV. In contrast, in the CI, there was a continuous SC flow migrated in the high-porosity sites from the inlet side to the outlet side before the injected SC reached 0.1 PV. After the SC flow transported to the left part (with a distance >150 mm from inlet side), the SC sweep efficiency became weakened. When the injected SC was greater than 0.08 PV, the increase of SC saturation propagated simultaneously from the central position towards inlet and outlet sides.

(2)-Φ_M: In the Φ_M sites, before the injected SC smaller than 0.9 PV, the P1 model controlled the flow migration for MBI. Then the P3 model dominated the SC flow migration. In the CI, similar SC flow transport features also occurred, however, with a lower SC sweep efficiency, and the P3 model commenced until the injected SC approximated 0.15 PV.

(3)-Φ_L: In the Φ_L sites, both the MBI and CI produced only the P1-type SC transport pattern. But the MBI had an earlier trigger time and higher SC saturation than CI.

These analyses demonstrate that the SC flow in the MBI can permeate into more porous space and build a higher CO_2 saturation than CI. The MBI has the potential to provide a more efficient and lower cost choice for the CO_2 geological storage.

Keywords: CO2 migration, Microbubble sequestration, Conventional sequestration, X-ray CT imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2 注入試料の光ファイバーによるひずみ検出
Strain detection by optical fiber for CO_2 injected core specimen

*朴 赫[1]、孫 艷坤[1]、薛 自求[1]
*Hyuck Park[1], Yankun Sun[1], Ziqiu Xue[1]

1. 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

In order to detect strain of rock specimen during CO_2 injection using optical fiber, a laboratory experiment was carried out using porous sandstone. Spiral direction strain of core specimen was detected by optical fiber. We compared the strain profiles in the case of one-phase flow (water only) and the case of two-phase flow (CO_2 in water saturated specimen). CT image analysis was also used to determine the internal state of the specimen. Sarukawa sandstone (diameter: 34.83mm, length: 179.50mm) was used in this study. Porosity of the specimen determined by X-ray CT imaging is 23.38%. This specimen is homogeneous overall, but there are some gravels in some places. The permeability is about 7 mDarcy. The experiment was conducted under the pressure and temperature conditions that simulate underground environments; pore pressure: 10MPa, temperature: 40 degrees Celsius. The confining pressure selected in this study is 12MPa. The specimen was first saturated with KI aqueous solution (11.5 wt%). The permeability was confirmed using the KI aqueous solution. The upstream pump was prepared at 10.5 MPa for differential pressure of 0.5MPa. The CO_2 flooding was carried out until the total fluid injection reaches about 7.6PV (pore volume). Optical fiber measurement and X-ray CT imaging were performed in all experimental steps. In the case of one-phase flow (water only), as soon as the water injection started, the strain profile was completed. And the strain profile was almost constant until the test ended. In the case of two-phase flow (CO_2 flooding in water saturated specimen), there was a small strain increase up to CO_2 breakthrough and there was a sudden strain increase after the breakthrough. In this study, it was possible to measure the spiral direction strain of 180mm long core specimen. At the same time, we could visualize the process of CO_2 flooding by X-ray CT image analysis. It has become possible to measure distortion of a long distance under the ground with a single optical fiber. It reveals that the optical fiber sensing is a potential tool for future CO_2 storage industries.

キーワード：光ファイバー、CO2フラッド、ひずみ検出、ひずみプロファイル、Ｘ線ＣＴ
Keywords: Optical fiber, CO2 flooding, strain detection, strain profile, X-ray CT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光ファイバーにより計測された地層変形とその堆積学的解釈：房総半島砂泥互層帯水層の例

Bed deformation measured by distributed optical fiber and its sedimentological interpretation: alternated sandstone and mudstone aquifer, Boso Peninsula, Japan

*伊藤 拓馬[1,2]、橋本 励[1,2]、薛 自求[1,2]
*Takuma Ito[1,2], Tsutomu Hashimoto[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構、2. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合
1. Research Institute of Innovative Technology for the Earth, 2. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association

砂泥互層から構成される帯水層を対象とし，光ファイバー現場実証試験が行われている．本サイトでは既存井戸を利用した揚水試験が行われ，それに伴う地層変形を分布式光ファイバーにより計測できている．これまでに実施された揚水試験の結果は，地下水の汲み上げが地層の圧縮ひずみとして検知され，地層のひずみは一様でないことが計測されている．この地層のひずみは，地層を構成する岩相の差異に由来する不均質性と密接に関係する可能性が高い．これまでに，光ファイバーで地層変形を計測している井戸からコア試料を掘削しているが，コア分析に基づく堆積学的な特徴は充分に把握されていないのが現状であった．本研究の目的は，コア試料の堆積学的な検討から地層の堆積環境および粒度分布の特徴を把握し，その堆積学的特徴と揚水試験により生じた地層のひずみとの関係を検討することである．

コア試料は房総半島更新統の帯水層から採取され，その岩相は砂泥互層を主体とする．コア試料の堆積相解析の結果から，砂泥互層を構成する砂層の粒度や堆積構造の鉛直変化の特徴は大きく3タイプに区分される．タイプ1は基底部に浸食面を有し正級化構造の発達するもの，タイプ2は基底部付近で逆級化を示した後，正級化構造を示すもの，タイプ3は礫サイズの泥岩偽礫を含むものである．上記砂層の特徴は，先行研究でも記載例があり，火山灰鍵層を利用した空間的な砂層単層解析や砂岩形状解析から，陸棚外縁帯三角州前縁部付近で形成されたことが指摘され，本コア試料の堆積相もその解釈を支持する．コア深度164～230mの粒度分析を行った結果，砂泥互層には3つの堆積サイクルが認められた．この堆積サイクルは，鉛直方向の不均質性に由来しており，その成因は海進・海退サイクルに応答している可能性がある．

揚水試験の結果，深度164～230mには地層の圧縮ひずみの生じない部分が4深度で確認された．これらの深度は光ファイバー設置器具の位置とは無関係であり，地層の堆積岩石学的特徴を捉えている可能性が高い．揚水による地層変形とコア分析に基づく堆積サイクルを比較すると，圧縮ひずみの生じた深度では砂層が粗粒化しており，変形の小さな深度では砂層は細粒化する傾向があることが判明した．これは，砂泥互層を構成する粘土分に乏しい淘汰良好な粗粒な砂層から選択的に揚水される現象を捉えており，地下流体移動には地層の不均質性が大きく影響することを示唆している．コア試料に認められる砂泥互層の堆積サイクルは，自然ガンマ線検層や比抵抗検層等の物理検層には明瞭に現れておらず，コア分析から明らかになるような詳細な地質状況の違いが光ファイバーによるひずみの変化として捉えられていることが判明した．今回の砂泥互層帯水層の事例研究から，光ファイバーの現場利用は，帯水層の地質性状と密接に関係する透水性等の水理地質学的情報を地層変形モニタリングから間接的に評価できる可能性があることが示された．

キーワード：砂岩泥岩互層、光ファイバー、地層変形監視
Keywords: Alternated sandstone and mudstone, Optic fiber sensing, Monitoring of bed deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

How many data are necessary to make a suitable threshold for anomalous pCO_2 owing to CO_2 leakage?

*内本 圭亮[1,2]、渡辺 雄二[1,2]、西村 真[1,2]、薛 自求[1,2]
*Keisuke Uchimoto[1,2], Yuji Watanabe[1,2], Makoto Nishimura[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association , 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

日本では、海底下CO_2貯留は海洋汚染防止法により規制され、万が一の漏出の場合に速やかに検知できるようにモニタリングすることが求められている。地下深くの地層に貯留されたCO_2が海に漏出すると、海水の炭酸系（pH, DIC, pCO_2など）の値が変化すると考えられる。そこで、これら炭酸系の異常値を見つけることが海洋モニタリングの一つの手法となり得る。しかし、炭酸系の自然変動は比較的大きいため、観測値が異常値かどうか判定するのは難しい。苫小牧CCS実証試験においてはpCO_2がモニターされているが、漏出が起きたことがないにもかかわらず、測定値が異常と判定されたことが多々ある。自然変動を異常値と誤判定する擬陽性自体は避けることができないが、避けることができる擬陽性もある。例えば、不十分なベースラインデータに基づいて作られた不適切な基準値によって生じる擬陽性がそうである。本研究では、大阪湾で2002年から2010年に観測された四季調査データを解析し、どれだけのデータがあれば適切な基準値を作ることができるかを調べた。N（1≦N≦9）年分のデータを使って、pCO_2と溶存酸素飽和度の相関関係に基づく基準線を求め、それに9年分全データを適用し、基準線を超えるデータ（すなわち擬陽性）の数を数えた。四季調査データの場合には、適切な基準線を作るには少なくとも5年前後のデータが必要である。

キーワード：海底下CO2貯留、漏出、海洋監視、CCS
Keywords: offshore CO2 storage, leakage, marine monitoring, CCS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)、座長:Elena Petrova、Hajime Matsushima

The last decade set a record for the number and scale of natural disasters and demonstrates high vulnerability of human society and technosphere to their impacts. The most serious consequences have the so-called natural-technological disasters in which natural hazards trigger accidents at technology and infrastructure such as nuclear power and chemical plants, oil refineries and pipelines, power supply systems, buildings, and roads. A distinctive feature of natural-technological events, such as of the 2011 Tohoku earthquake, is their multi-hazard and synergistic nature, which creates cascading impacts, resulting in simultaneous occurrences of myriad catastrophes. The main goal of this multidisciplinary session is to summarize case studies of relationships between natural hazards and technological disasters, their social and economic consequences; and to encourage a discussion about tools and methods to prevent disasters and to minimize their consequences, disaster reconstruction, and tourism for reconstruction, Eco-DRR, and green infrastructure.

9:00 ~ 9:15

[HDS10-01] 海岸砂丘の生態系サービスを活用した人々の暮らし

★招待講演

*金子 是久[1] (1.北総生き物研究会)

9:15 ~ 9:30

[HDS10-02] Survey on the Impact of Sea wall on the Vegetation of Coastal sand dune

*鐘 向梅[1]、松島 肇[2]、鈴木 玲[3]、平吹 喜彦[4]、木村 浩二[5] (1.北海道大学大学院農学院、2.北海道大学大学院農学研究院、3.北の里浜 花のかけはしネットワーク、4.東北学院大学教養部、5.雪印種苗株式会社)

9:30 ~ 9:45

[HDS10-03] Greening on the seawall: challenge to conversion from gray to green infrastructure.

★Invited Papers

*松島 肇[1]、鈴木 玲[2]、木村 浩二[4]、鐘 向梅[5]、平吹 喜彦[3] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.北の里浜花のかけはしネットワーク、3.東北学院大学教養部、4.雪印種苗株式会社、5.北海道大学大学院農学院)

9:45 ~ 10:00

[HDS10-04] Distribution Characteristics of Informal Green Space and Its Extension of perspective into Green Infrastructure

*minseo kim[1]、Katsunori Furuya[1] (1.Chiba University Graduate School of Horticulture)

10:00 ~ 10:15

[HDS10-05] **DISASTER ANALYSIS OF LIGHTNING STRIKE DENSITY BASED ON LANDFORM FOR REDUCING VICTIMS IN WONOSOBO, INDONESIA**

*Astry Zulky Permatasari[1]、Gagad Nur Ridho[1]、Yan Abdi Rahmanu[1]、Emilya Nurjani[1] (1.Gadjah Mada University)

10:15 ~ 10:30

[HDS10-06] Development of Cost Competitive Unmanned Aerial Vehicle for Search and Rescue

*Aditya Keshav Natoo

海岸砂丘の生態系サービスを活用した人々の暮らし
People's lives utilizing coastal dunes ecosystem service

*金子 是久[1]
*Kaneko Korehisa[1]

1. 北総生き物研究会
1. Hokuso Creature Association

１．はじめに

海岸砂丘は、海と陸地の間の緩衝帯であり、生物多様性の形成、津波等の自然災害を緩和する機能を有している。人々は、古くから海岸砂丘に集落「まち」を形成し、海岸砂丘による生態系サービス（自然の恩恵）を受けていた。しかし、高度経済成長期以降、人口増加、開発の進行により、海岸砂丘は破壊され、人々が自然の恩恵を受ける機会が減少した。今回は、大規模沿岸開発前の海岸砂丘における人々のくらしから海岸砂丘の機能および生態系サービスを評価し、今後の社会情勢変化に伴う海岸砂丘の再生について考える。

２．調査方法

調査地は、千葉県の東京湾側の沿岸都市とした。東京湾側は、昭和30年以降、大規模な沿岸開発が行われたことから、開発前の海岸砂丘を評価する上で有効な場所と判断した。今回、調査地の景観、環境（土壌・地下水）について調べた。

３．調査結果および考察

千葉県は、1993年は自然海岸が23.5%で、約70.0%が人工海岸等であった。調査地の沿岸都市では、昭和初期にて醤油、味噌、酒蔵等の醸造業が存在し、その地域の必需品および嗜好品として支えていた。海岸砂丘の淡水層や海の生物等の生態系サービスを利用した産業であった。主要な沿岸都市の立地環境（土壌・地下水位・水質）を調べた結果、調査地の沿岸都市は、海岸砂丘上（地形分類は砂洲、砂堆・自然堤防、表層地質は砂がち堆積物、砂地）に位置し、井戸の深度も表層下2-10ｍで海岸砂丘の淡水層の水を生活・産業用水として使用していた。また、③ 沿岸都市周辺を含め、海から台地にかけて、砂地と湿地が交互し、海岸砂丘を形成していた。これらのことから、当時の醤油・味噌・酒の醸造場は、海岸砂丘の機能と環境（淡水層）を利用していたと推察される。

４．今後、日本が直面する社会と海岸砂丘のあり方

今後は、① 人口減少、少子高齢化の進行、② 経済の衰退、税収の減少、財政の逼迫、③ インフラ（道路・鉄道等）の老朽化、維持管理の問題であり、社会は大きな転換期を迎えようとしている。特に、沿岸の工業地帯においては、高度経済成長期の工業化社会において世界最大級の都市隣接型の工業地帯として日本の経済発展に大きく貢献したが、現在では、中長期的な国内需要の縮小やグローバル競争の激化により大手製造業の海外への移転で生産設備の休止・停止の企業が増加、遊休地は拡大している。また、施設の老朽化が進行し

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ているが、各企業の現状の財政状況では再整備は困難であるのと、2011年の東日本大震災で発生した液状化現象、津波、高潮からの防災・減災の災害対策が必要であることから、今後の課題は、行政・企業・地域住民・学識者と連携しながら、遊休地を活用した自然海岸砂丘の再生（グリーンインフラ）を取り組めるかである。

キーワード：生態系サービス、海岸砂丘、産業、再生
Keywords: Ecosystem Service, Coastal Sand System, Industry, Regeneration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Survey on the Impact of Sea wall on the Vegetation of Coastal sand dune

*鐘 向梅[1]、松島 肇[2]、鈴木 玲[3]、平吹 喜彦[4]、木村 浩二[5]
*XIANGMEI ZHONG[1], Hajime Matsushima[2], Akira Suzuki[3], Yoshihiko Hirabuki[4], Kouji Kimura[5]

1. 北海道大学大学院農学院、2. 北海道大学大学院農学研究院、3. 北の里浜 花のかけはしネットワーク、4. 東北学院大学教養部、5. 雪印種苗株式会社
1. Graduate school of Agriculture, Hokkaido University, 2. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 3. Kita-no-satohama Hana-no-kanehashi Network, 4. Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University, 5. Snow Brand Seed Co., Ltd.

[Introduction]

In recent years, many extreme events have come out due to climate change such as heavy rain, typhoon, etc. Large amounts of expenses are required for disaster-management measures. However, with the declining of population, the government budget is gradually lessening. On the other hand, people’s interests about disasters risk reduction are increasing. Before the disaster in 2011, at Yuriage district in Miyagi prefecture, coastal sand dune, pine forest and backward wetlands can be seen from the shoreline to the landward. In 2011, it is clear that the tsunami disturbed the organisms that support the coastal ecosystem and the environment which is the foundation of its habitat on a large scale. Since the coastal sand dune ecosystem here was disturbed, it has been restored naturally over time and then as a tsunami protection measure, a large seawall was built. Later, on the land side of the Sea wall was reclaimed by the mountain soil. However, the impact of them on the coastal dune ecosystem is unclear. This study clarifies the ecological impact on coastal sand dune vegetation of the Sea wall and mountain soil. And if there is a negative effect, how can we reduce that effect? This study records it as a reference for future solutions.

Three sites at the Yuriage district were selected as survey targets(figure 1.). From the north to the south: the Yuriage area 1(Y1), the Yuriage area 2(Y2), and the Yuriage area 3(Y3). In Y1, the Sea wall was built about 2 years ago and the coastal ecology recovered in nature. In August 2017, plants (*Ixeris repens*) were planted on both sides of the Sea wall in Y2. In Y3, the Sea wall was built about 5 years ago, and the coastal ecology recovered naturally. Additionally, the land sides of the three survey areas were reclaimed with mountain soil.

[Methods]

A belt was set up from the coastal forest to the shoreline. Then, the terrain was recorded with Unmanned aerial vehicle(UAV). Vegetation surveys were conducted at 5m intervals and Plant species / Coverage(%) / Grass height(cm) were investigated. Furthermore, samples of sand were collected at intervals of 10m, and the particle diameter composition(mm) as well as Electrical Conductivity(mS / m)(EC) of each sample were measured. After that, the average plant volume(mm^3) was calculated. Based on the above data, the current status of the plants on both sides of the Sea wall and the physical environment were analyzed.

[Results&Discussion]

About the result of vegetation, there are three plant species on both sides of the Sea wall: *Imperata cylindrica, Digitaria ciliaris* and *Artemisia capillaris*. On the land side, *Artemisia capillaris,* and *Setaria*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

viridis are the dominant species. On the sea side, *Carex kobomugi, Glehnia littoralis, Calystegia soldanella* and *Ixeris repens* are the dominant species. It is obvious that the plant species on land side and sea side are different because of the separation by the sea wall. It can be seen that the distribution of plants on the land side is significantly affected by the mountain soils, resulting in an increase in the number of inland plants, such as *Setaria viridis* and *Trifolium repens.* From the EC value, it is evident that the trend from the shoreline to the sea wall is gradually decreasing, and the trend from the sea wall to the inland is increasing. The phenomenon that the EC value increases inland can be considered as the impact of artificial coverage of mountain soil. About the result of particle diameter composition, it is obvious that the medium sand has a decreasing trend from the shoreline to the inland side. Closer to the shoreline, the proportion of the very fine sand is increasing. The closer to the inland, the greater the proportion of the very coarse sand and the coarse sand.

In general, the composition of particle diameter on both sides of the sea and land of the sea wall is of difference, and this phenomenon may be caused by the barrier effect of the sea wall. This phenomenon may become larger as time goes by.

キーワード：海岸植生、エコトーン、グリーンインフラ、防潮堤
Keywords: coastal plants, ecotone, green infrastructure, the sea wall



figure 1. Survey area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Greening on the seawall: challenge to conversion from gray to green infrastructure.

*松島 肇[1]、鈴木 玲[2]、木村 浩二[4]、鐘 向梅[5]、平吹 喜彦[3]
*Hajime Matsushima[1], Akira Suzuki[2], Kouji Kimura[4], Xiangmei Zhong[5], Yoshihiko Hirabuki[3]

1. 北海道大学大学院農学研究院、2. 北の里浜花のかけはしネットワーク、3. 東北学院大学教養部、4. 雪印種苗株式会社、5. 北海道大学大学院農学院
1. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 2. Kita-no-satohama Hana-no-kakehashi Network, 3. Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University, 4. Snow Brand Seed Co., Ltd., 5. Graduate school of Agriculture, Hokkaido University

After the Tsunami disaster in March 11th, 2011 at east Japan area, especially on the pacific side of Tohoku region, our government built huge seawalls along the coastline about 400 km long to protect inland area from Tsunami disaster. We aimed to regenerate the ecotone of coastal ecosystem using the dune plants by greening the seawall. We were planting the seven species of dune plants on the seawall in 2017. On this presentation we report the survival rate for a year of planted dune plants on the seawall.
As a result, most dune plants were survived around 80% or more on the seaside seawall. But the survival rates were decreased around 70% on the landside seawall because of dried out by soil loss. Comparison between natural recovered seaside seawall and planted seaside seawall, the dominant species *Ischaemum anthephoroides* were similar. But *Ixeris repens* were less survived on the planted seaside seawall, in spite of one of the dominant species on the natural recovered seaside seawall. On the other hand, species of landside seawall were completely different with natural recovered landside seawall. This results shows that the greening on the seawall, especially on the landside seawall, were important for regeneration of coastal dune ecotone.

キーワード：グリーンインフラストラクチャー、エコトーン、海岸砂丘系、砂丘植物、防潮堤
Keywords: Green infrastructure, Ecotone, Coastal dune system, Dune plants, Seawall

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Fig.1 Planting of dune plants on the seawall with citizens

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Distribution Characteristics of Informal Green Space and Its Extension of perspective into Green Infrastructure

*minseo kim[1], Katsunori Furuya[1]

1. Chiba University Graduate School of Horticulture

1. introduction

The issues of Green Infrastructure (GI) and urban natural disasters are being addressed around the world, not only in North America and Europe, where the discussion first began, but throughout Asia. GI is a planned network strategically between natural and semi-natural areas, along with environmental factors designed for overall ecosystem services. A well-connected network provides positive benefits for quality of life and biodiversity and can receive ecosystem services such as reduction of disaster risk, water purification, air quality, recreational space, and climate change mitigation and adaptation. GI is a widely applicable element that can effectively respond to the various damage caused by climate change. Examples include efficient use of water resources, water restoration, protection of plant species susceptible to disasters, implementation of water conservation measures, reduction of heat island phenomena. In the case of the U.S. and Europe, a network of natural or semi-natural spaces with multidisciplinary functions is defined with the aim of restoring the functions of the ecosystem, and the policy is to utilize the combined spatial plan of domestic or countries. However, in recent years, the decline of cities has increased and limitations have been considered to create new urban green space as GI. Accordingly, the interest in informal green space such as vacant lots, street verges, water verges, and brownfields is increasing as an open space that is abandoned or overlooked in interstices in a city. In particular, interest is growing in strategies to enhance the urban environment and the vitality of residents by converting the value of vacant properties in urban areas to GI. Therefore, this study aims to examine the potential of informal green space as GI, and to suggests a connection with natural disaster prevention.

2. method

Since informal green spaces do not have an officially documented database, fieldwork on the site should be involved to derive the implications of this study. Therefore, in this study, Ichikawa City was analyzed as a study site, and informal green space and urban structures were analyzed using the spatial information collected from the field and the official open data sources. The sampling strategy used in this study was to set a square sample site of 50 meters at the intersection of a grid 500m and collect site information in focusing on the sample site. The total number of sample sites set up is 229 and the total area is about 1% of the entire city area.

3. results

Informal green space was found on 106 sample sites out of 229 sample sites in this study area. The total area of collected informal green space is 26,458 m^2 and consists of 229 patches. The total area of the informal green space found accounts for about 4.62% of the entire sample sites area, with an average area of about 115 m^2. Informal green space was distributed 123 patches and 67.6 m^2 mean size in residential areas, 15 patches and 48 m^2 mean size in commercial area, 16 patches and 230 m^2 mean size in industrial area, and 75 patches and 183 m^2 mean size in the urbanization control area. In the residential and commercial area, where are population density, informal green spaces are frequently distributed with a small scale. On the other hand, the informal green space of the urbanization control area with low population density and high elderly density is relatively large scale compared to residential and commercial area.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4. discussion and conclusion

Informal green space is a secondary green space created by human activities. Therefore, the distribution characteristics of informal green space differ according to the land use patterns that are related to human activities. Given the accessibility according to the distribution characteristics of informal green space and the linkage with the surrounding natural environment, a supplementary system of urban green infrastructure can be proposed.

Keywords: vacant land, urban green space, green infrastructure policy , Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DISASTER ANALYSIS OF LIGHTNING STRIKE DENSITY BASED ON LANDFORM FOR REDUCING VICTIMS IN WONOSOBO, INDONESIA

*Astry Zulky Permatasari[1], Gagad Nur Ridho[1], Yan Abdi Rahmanu[1], Emilya Nurjani[1]

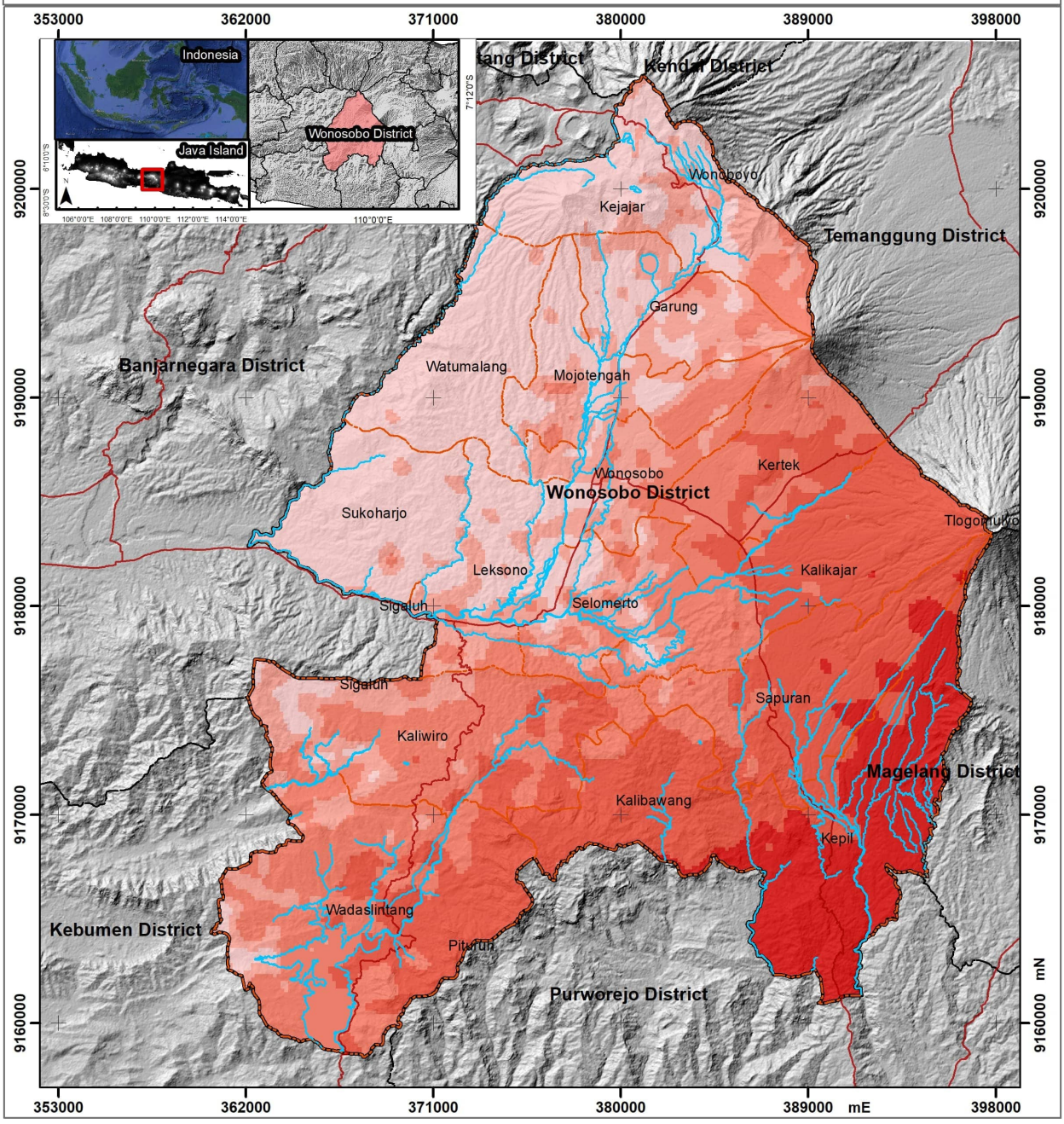
1. Gadjah Mada University

Wonosobo regency is a region with diverse configuration landforms. The morphological and material aspects of the landform different responses to the lightning strike density. The incident of lightning strikes in Wonosobo Regency has negative impacts on people, buildings, and environment. Therefore, a lightning strike density analysis is important to minimize the negative impact of lightning strikes. This study aims to determine the condition of landform, analyze the relationship of lightning strike density and the landform, to know the risk of a lightning strike and give a recommendation of mitigation to reduce the negative impacts caused lightning strike. The research was conducted in Wonosobo Regency, Central Java Province. The data used are lightning strike type Cloud to Ground (CG) on 2015 - 2017 obtained from BMKG Yogyakarta station. Data is processed using ArcGIS 10.3 software with Kernel Density modeling and analyzed quantitatively-qualitative. Lightning strike density in Wonosobo shows a lower pattern from the southeast to the northwest. Wonosobo's landforms are volcanic and structural. Structural landform in Wonosobo Regency is anticlinal mountains with a strong or moderate incision that has the highest lightning strike density. The condition of the lithology of Wonosobo Regency dominated by Breccia, Lava and Tuff rocks that effect on the number of lightning strikes, because it has a low resistivity value (conductor). Kepil District and Wonosobo District are areas that have the highest risk of lightning strikes. Some mitigation activities that can be applied to reduce the risk of losses and death are installing a lightning rod, unplug the cable of electronic device inside the house during a lightning strike and immediately ending the outdoor activities when Cumulonimbus clouds begin to appear, and protect yourself by going into permanent buildings.

Keywords: Landform, Cloud to Ground, Wonosobo Regency, Risk, Lightning Strikes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

LIGHTNING STRIKE DENSITY MAP IN WONOSOBO DISTRICT 2017



Legend

- Road
- River
- Subdistrict Border
- District Border

N

0 2 4 Km

Scale 1: 250.000

Density Class (in hectar)

Very Low	< 4.020
Low	4.021 - 5.303
Medium	5.306 - 8.330
High	8.331 - 15.435
Very High	15.436 - 32.138

Projection System : Transvers Mercator
Coordinate System : UTM
Datum : WGS 1984 Zone 49S
Source : 1.Lightning Strike Data's in Wonosobo District 2017 (Yogyakarta BMKG Station)
Made By : PKM-PE UGM Sambaran Petir's Team 2018

Faculty of Geography
Gadjah Mada University
Yogyakarta
2018

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of Cost Competitive Unmanned Aerial Vehicle for Search and Rescue

*Aditya Keshav Natoo

UAV Technology is progressing at a rapid pace around the world. Some organizations have tried to develop Enterprise class UAVs which aim to cater to large section of users.
A dedicated cost competitive UAV to be used during and after disaster and for search and rescue missions is currently not available.

An effort is made to develop quad/hexa copter based UAVs with thermal and/or regular video cameras alongwith a servo controlled arm for transporting objects during search and rescue mission.

The thermal camera can transmit video images to the UAV operator to check for presence of victims during floods, earthquakes, forest fires, landslides, avalanches, tsunamis and cyclones.
During the search and rescue operations, items like inflatable lifejackets, harness, food and water supply etc can be dropped to the victims as well as rescue teams.

Keywords: Cost Competitive, Unmanned Aerial Vehicle, Search and Rescue

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)

The last decade set a record for the number and scale of natural disasters and demonstrates high vulnerability of human society and technosphere to their impacts. The most serious consequences have the so-called natural-technological disasters in which natural hazards trigger accidents at technology and infrastructure such as nuclear power and chemical plants, oil refineries and pipelines, power supply systems, buildings, and roads. A distinctive feature of natural-technological events, such as of the 2011 Tohoku earthquake, is their multi-hazard and synergistic nature, which creates cascading impacts, resulting in simultaneous occurrences of myriad catastrophes. The main goal of this multidisciplinary session is to summarize case studies of relationships between natural hazards and technological disasters, their social and economic consequences; and to encourage a discussion about tools and methods to prevent disasters and to minimize their consequences, disaster reconstruction, and tourism for reconstruction, Eco-DRR, and green infrastructure.

[HDS10-P01] The 2018 Activity of Kamchatka Volcanoes and Danger to Aviation

*Olga Girina[1]、Dmitry Melnikov[1]、Alexander Manevich[1]、Anton Nuzhdaev[1]、Elena Petrova[2] (1.Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences、2.M.V. Lomonosov Moscow State University)

[HDS10-P02] Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

★招待講演

*Aragane Keita[1]、Funakubo Satoshi[1] (1.National Institute for Land Infrastructure Management)

[HDS10-P03] EMERGENCY CALL PATTERN IN PETROZAVODSK

*Boris Zalmanovich Belashev[1]、Natalia Vladimirovna Krutskikh[1]、Anna Aleksandrovna Gerasimova[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P04] IDENTIFYING “REGIMES” IN THE TIME SEQUENCES OF PROCESSES

*Boris Zalmanovich Belashev[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P05] Investigation of status and demand on public service of earthquake disaster mitigation in China

*Lina Dong[1]、Weiping Lian[1]、Weitao Chen[1] (1.Development Research Center, China Earthquake Administration)

[HDS10-P06] Analysis of Eco-DRR and Ecological Services using InVEST at the Disaster Areas of Kumamoto Earthquake

*唐 明暉[1]、藤田 直子[1] (1.九州大学)

[HDS10-P07] Transformation as praxis: Exploring socially just and transdisciplinary pathways to sustainability in marginal environments (TAPESTRY)

*大手 信人[1]、Mehta Lyla[2]、Movik Synne[3]、Parthasarathy Devanathan [4] (1.京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻、2.Institute of Development Studies at the University of Sussex、3.Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences、4.Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology)

[HDS10-P08] Study for the Establishment of the Design for Disaster prevention through the survey of Recognition of tsunami disaster prevention from the viewpoint of green

infrastructure in the coastal area of Kyushu-Pacific region.

*徐 [1]、藤田 直子[1]、唐 明暉[1] (1.九州大学)

[HDS10-P09] Design for Green Infrastructure: Analysis of Landscape change in the Kumamoto earthquake area

★Invited Papers

*藤田 直子[1] (1.九州大学)

The 2018 Activity of Kamchatka Volcanoes and Danger to Aviation

*Olga Girina[1], Dmitry Melnikov[1], Alexander Manevich[1], Anton Nuzhdaev[1], Elena Petrova[2]

1. Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, 2. M.V. Lomonosov Moscow State University

Strong explosive eruptions of volcanoes are the most dangerous for aircraft because they can produce in a few hours or days to the atmosphere and the stratosphere till several cubic kilometers of volcanic ash and aerosols. Ash plumes and the clouds, depending on the power of the eruption, the strength and wind speed, can travel thousands of kilometers from the volcano for several days, remaining hazardous to aircraft, as the melting temperature of small particles of ash below the operating temperature of jet engines.

There are 30 active volcanoes in the Kamchatka, and several of them are continuously active. Scientists of KVERT monitor Kamchatkan volcanoes since 1993. In 2018, three of these volcanoes (Sheveluch, Klyuchevskoy, Karymsky) had strong and moderate explosive eruptions.
The eruptive activity of Sheveluch volcano began since 1980 (growth of the lava dome) and is continuing at present. In 2018, strong explosions sent ash up to 10-11 km a.s.l. on 09 January, 26 and 30 December; and up to 6-7 km a.s.l. –on 09 November, and 12, 14, 26-27 and 29 December; ash plumes extended more 2000 km to the different directions of the volcano. Satellite data by KVERT showed a thermal anomaly over the volcano all year. Activity of the volcano was dangerous to international and local aviation.

The moderate explosive events (ash up to 5-6 km a.s.l.) of Klyuchevskoy volcano were observing from 01 till 18 January, on 08 May, and 06 and 15 June. Strong explosions sent ash up to 10.5 km a.s.l. on 14 May. Ash plumes extended more 350 km to the eastern and south-western directions from the volcano. Satellite data by KVERT showed a thermal anomaly over the volcano all year. Activity of the volcano was dangerous to international and local aviation.

The thermal anomaly over Karymsky volcano was recorded on satellite images from time to time, most brightly it manifested in January, May, June-August, September and December. According to visual and satellite data, at this time explosions rose ash up to 6.5 km a.s.l., ash plumes drifted for about 860 km to the different directions from the volcano. The most intense eruptive activity of the volcano was observed on 10, 14-20 and 26-31 July, besides, isolated strong explosive events were observed on 07 and 25 August, on 10-11, 22-23 and 30 September, and 01 December. The size of the ash clouds varied from 5-6 to 240 km. Activity of the volcano was dangerous to local aviation.
This work was supported by the Russian Science Foundation, project No. 16-17-00042.

Keywords: volcano, eruption, Kamchatka, danger to Aviation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

*Aragane Keita[1]、Funakubo Satoshi[1]
*Keita Aragane[1], Satoshi Funakubo[1]

1. National Institute for Land Infrastructure Management
1. National Institute for Land Infrastructure Management

Green Infrastructure (GI) is a concept based on infrastructure development and land utilization that take advantage of natural environments' various functions for creating sustainable and attractive national land or regions. In Japan, since 2015, the concept of GI has been include in National Spatial Strategy, National Land Use Plan, and Priority Plan for Infrastructure Development, etc. Also, lessons learned from the Great East Japan Earthquake raised awareness of the need for more-comprehensive disaster risk reduction strategies in preparing for disasters that surpass worst-case scenarios. Additionally, there is concern over anticipated the Nankai Trough Earthquakes that might cause greater damage in near future, and increasingly frequent urban flooding owing to climate change. Thus, initiative for disaster risks reduction by utilizing GI's multiple functions in addition to approaches focusing on artificial infrastructure has become increasingly important.
This study aims to discuss planning methodology regarding the effective use of GI for disaster risk reduction in urban area by examining the “Green Master Plan (GMP)” through 72 case studies. In Japan, 680 municipal governments have developed GMPs as their basic policy for green space planning, management, and greening. These municipal governments in Japan are recommended to emphasize the viewpoint of disaster risk reduction in their GMPs, and to implement disaster risk reduction systematically through effective use of green spaces such as parks, roadside trees, waterways, private domestic gardens, agricultural land, and woodlands. Result from the case studies revealed that almost all GMPs designated green spaces such as parks as evacuation sites for mega-earthquakes or large-scale fires. Several GMPs were also found to present countermeasures that make effective use of GI for tsunami-related disasters and urban flooding.
Through these findings and through discussions with scholars at a workshop, we published “Technical Note on Green Infrastructure Planning for Urban Resilience” in June 2018. In this technical note, we explain six key points for developing GMPs that enhance the role of GI in disaster risk reduction: (1) combining various measures for disaster risk reduction by utilizing GI from a comprehensive perspective, (2) examining the role and combination of GI and other artificial infrastructure in urban disaster risk reduction, (3) building cooperative relationships with various stakeholders and citizens, (4) taking advantage of multiple functions of GI not only during disasters but also in normal times, (5) establishing a mechanism for maintaining and using GI from a long-term perspective, and (6) considering regional conditions and social situations.

キーワード：Green Infrastructure、Dsaster Risk Reduction、Green Master Plan
Keywords: Green Infrastructure, Dsaster Risk Reduction, Green Master Plan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

EMERGENCY CALL PATTERN IN PETROZAVODSK

*Boris Zalmanovich Belashev[1], Natalia Vladimirovna Krutskikh[1], Anna Aleksandrovna Gerasimova[1]

1. Karelian research center of Russian academy of science

The aim of the study is to analyze the emergency call distribution for Petrozavodsk, Russia, to obtain quantitative disease estimates and to assess the effect of environmental factors on them.

The study was based on medical statistical data and geophysical and geochemical monitoring. Environmental factors, such as magnetic storms and air and urban soil pollution, were assessed. The impersonified catalogue of emergency calls of Petrozavodsk Ambulance from 2015.1.1 to 2017.12.19, database of geomagnetic field variations at Petrozavodsk Geophysical Observatory, data on Kp index monitoring at the Laboratory of Tesis X-ray Astronomy at Lebedev Physical Institute, and the results of geochemical soil sampling in Petrozavodsk were used. Emergency call and geomagnetic activity distributions were constructed and processed in MATLAB computer mathematics system and Qgis software package. Analytical results were demonstrated on cardiovascular diseases.

The number of emergency call for patients with cardiac diseases in 2015-2017 is at about the same level. Seasonal factors affect the time distribution trends of calls for patients with essential hypertension, stenocardia and ischemic cardiac disease and do not affect the distribution trends of myocardial infarction and cerebral crisis. Time distribution spectra display a 25.6 day cycle similar to a geomagnetic activity period, two- and one-week cycles and cycles with periods of about 6, 4 and 3 days. Emergency calls for patients with myocardial infarction reflect the gender and age of the patients. The number of calls on weekends is typically low. On week-days, the number of calls at rush hours is maximum. The number of calls on days close to magnetic storms is not necessarily great. An elevated number of calls on these days for patients with stenocardia and myocardial infarction is observed.

The spatial distribution of the number of emergency calls were obtained using the Ambulance Geoinformation System. The system constructs the spatial distributions of the number of emergency team calls with known diagnoses for the streets and blocks of the city and is used to compare call frequency with district factors. With its help the link of distribution of quantity of calls of ambulance with diagnoses of cardiovascular diseases, bronchial asthma, vegeto-vascular dystonia, new growths, other diseases on districts of the city with the soils contamination indicated by the environmental hazard index –a total of the weighted average concentration values of As, Pb, Zn, Cd, Co, Cu, V, W is studied. No significant correlations between these values have been revealed.

3, 6-daily cycles in the analyzed ranges can be connected to thyroid gland hormone activity and a 4-day cycle to glucocorticoid hormone activity. Circadian rhythms are either thought to be general or to be due to the unwillingness of people to be sent to hospital or call for a doctor on weekends. In case of myocardial infarction, when help is needed urgently, the latter factor does not work, and a one-week cycle in the spectrum, showing the time dependence of the number of calls, is displayed.

This fact and the weekend effect can be understood, based on the properties of hydrocortisone. Stress from production activity stimulates the supply of the hormone into the blood, which rushes to the heart and muscles. When the heart fails to cope with the rush of blood, a cardiac disease becomes more acute.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

As the hydrocortisone level in the blood on weekends and holidays declines, the number of emergency calls for patients with cardiovascular diseases decreases.

Peaks in the daily emergency call dynamics distribution on week-days are interpreted to be due to air pollution with car gases at rush hours (9-10 a.m., 1-2 and 6-7 p.m.) and an approximately one-hour delay caused by progress in disease and the need to apply for a doctor.
The emergency call distributions analyzed are highly informative, showing the complete dynamic disease pattern of the urban population.

Keywords: diseases, emergency call, patient, diagnose, magnetic storms, contamination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IDENTIFYING “REGIMES” IN THE TIME SEQUENCES OF PROCESSES

*Boris Zalmanovich Belashev[1]

1. Karelian research center of Russian academy of science

A process is represented as a sequence of “regimes” when describing climatic variations and complex systems, detecting the malfunctioning of instruments and illegal interference in computer and hardware networks. For natural, technological and social processes such representation is comfortable to detect precursors of disastrous events.
The shifts of “regimes” in the sequences are commonly detected by checking statistical hypotheses by Student’s test and tests of non-parametric statistics when comparing the characteristics of the sequence at one or another site. Algorithms often use a priori information, work in unstable fashion over short intervals and at sequences boundaries, find it hard to recognize the shifts and trends of “regimes”.
Widespread R-algorithm [1] analyze data consecutively in a sliding window, operate with a small number of parameters and filter off “red” noise. The boundary regimes it detect may reflect distortions characteristic of the beginning and end of measurements.
The goal of the present study is to develop B-algorithm which automatically recognizes stable “regimes” in time data sequences.
The main stages of the algorithm are clusterization, comparison and optimization. Clusterization preliminary divides a normalized time sequence into “regimes”. While comparing the characteristics of the “regimes”, the division obtained is re-estimated. The final model of division is formed during optimization, which minimizes the variance of deviations from the trends of the “regimes” by varying the internal boundaries of the sites.
The algorithm, developed as a software in the MATLAB computer mathematics system, fulfils procedures automatically, decreases the amount of a priori data, increases operation speed and brings solutions closer to optima.
The operation of B- and R-algorithms is exemplified by the PDO (Pacific Decade Oscillation) sequence of mean January temperatures [2].
In both algorithms the number of “regimes” and their approximate positions coincide. The delay of part of R-“regimes” emphasize the sensitivity of B-algorithm to new “regimes”. Discrepancies are connected with the last “regime” identified by R- and B-algorithms on 2 and 15 members of sequence, respectively.
B- algorithm can operate with constant, linear and complex trends.
B- and R-algorithms, applied to the time sequences of river runoff, solar and seismic activity and the sequences of the annual rings of trees, have provided new information on the stages of processes.
The simplified schematic “regime” representation of a process reveals trends commonly obscured by the abundance of details. B- algorithm identifies stable “regimes” and recognizes the shifts and trends of “regimes”. The use of MATLAB functions increases the potential of the algorithm, admits the fulfilment of procedures by various methods, brings solutions closer to optimum solutions and ensures high operation speed. The ability of the algorithm to automatically process data makes it suitable for working with extensive data in various earth sciences.
References:
1.Rodionov, S. (2006) Use of prewhitening in climate region shift detection. Geophysical Research Letters 33, L12707.
2.Pacific Decadal Oscillation Index Data.
https://www.rdocumentation.org/packages/rpdo/versions/0.2.5.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: time sequence, shift regime, algorithm, clusterization, comparision, optimization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of status and demand on public service of earthquake disaster mitigation in China

*Lina Dong[1], Weiping Lian[1], Weitao Chen[1]

1. Development Research Center, China Earthquake Administration

In order to make a comprehensive and systematic evaluation of the status and demands of public service of earthquake disaster mitigation, we launched an investigation with National Bureau of Statistics on the current situation of public service of earthquake disaster mitigation and the demands for it in 2018. The investigation was conducted in 31 provinces of China mainland using the Computer Assisted Telephone Interview(CATI) method and received 20078 valid samples in total.

The results indicate that 52.2% of the population have received the scientific knowledge education for earthquake disaster mitigation in Different levels. It shows that the public still possesses a high expectation of earthquake prediction and farmers have a low level of scientific knowledge of earthquake disaster mitigation. And TV, network, and the new media app such as wechat and weibo become the most important information channels for the public to obtain the earthquake related information. Furthermore, the degree of satisfaction evaluation of public service of earthquake disaster mitigation is marked on 81.22 points (the full mark is 100 points). And the most expectative services for the public are reconstruction, earthquake warning, and house earthquake resilience test. The results of the investigation have provided a scientific evidence for the government to provide better services of earthquake disaster mitigation and to make scientific knowledge popularization in a more scientific way.

Keywords: scientific knowledge popularization of earthquake disaster mitigation, public service, satisfaction evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of Eco-DRR and Ecological Services using InVEST at the Disaster Areas of Kumamoto Earthquake

*唐 明暉[1]、藤田 直子[1]
*Minghui Tang[1], Naoko Fujita[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

When compared with other countries in a global point of view, Japan is a country with high number of natural calamities, significant causalities, economic loss and damages by earthquakes, typhoons, and eruption. The damage is especially big when a hazard comes right after another one.

Complex disaster refers to the occurrence of multiple disasters instead of one. Such as, in 2016, Kumamoto prefecture was hit by earthquakes with magnitude as large as 7 and within another 2 months, by heavy rain and the damage was tremendous.

There is a huge number of researches on the eco-application of proceeding in various countries and it is vitally important to verify their validity. Here, InVEST refers to the ArcGIS tool for the integrated review for ecological services and its compensation.

This research focuses on the analysis of the changes of the land cover as reflected in satellite pictures of the whole Kumamoto prefecture taken after the complex disaster, the earthquake in April 2016 and heavy rain in June 2016. Also, it’ s a review on the ecological services with the use of InVEST. A special focus is paid on the review of the soil retention and the quality changes of the eco-habitant as reflection of the disaster damage reduction measures.

In addition, there is an analysis on the change of land coverage on area-unit level with Mashiki-machi, the epicenter, as the target. Furthermore, projection was plotted for the ecological services implemented as the reconstruction plan.

キーワード：熊本地震、生態系を活用した防災減災、エコロジカルサービス、複合災害、地方自治体/地方自治会、インベスト
Keywords: Kumamoto Earthquake, Eco-DRR, Ecological services, Complex Disasters, local governments/local communities, InVEST

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transformation as praxis: Exploring socially just and transdisciplinary pathways to sustainability in marginal environments (TAPESTRY)

*大手 信人[1]、Mehta Lyla[2]、Movik Synne[3]、Parthasarathy Devanathan [4]
*Nobuhito Ohte[1], Lyla Mehta[2], Synne Movik[3], Devanathan Parthasarathy[4]

1. 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻、2. Institute of Development Studies at the University of Sussex、3. Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences、4. Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology
1. Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University, 2. Institute of Development Studies at the University of Sussex, 3. Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences, 4. Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology

Climate change related uncertainties are the main threats to the sustainability of societies and their environments. To tackle these challenges, systemic transformations are required. Our project focuses on three cases of transformation in marginal environments in India and Bangladesh, and is concerned with: How transformation happens through bottom up processes in these sites; and how they can be scaled up and facilitate wider societal changes. Both require transdisciplinary co-production and the praxis of transformation which presupposes change in social arrangements and reconstruction by individuals. Our project addresses issues concerning governance, wellbeing, identity and quality of life in relation to transformations to sustainability in a lower middle income country (India) and a least developed country (Bangladesh). Our results should help inform processes that ultimately improve the quality of life in marginal environments, and build action and capacity among all partners.

キーワード：Transformation、Sustainability、Marginal environment、Transdisciplinary study、India、Bangladesh
Keywords: Transformation, Sustainability, Marginal environment, Transdisciplinary study, India, Bangladesh

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study for the Establishment of the Design for Disaster prevention through the survey of Recognition of tsunami disaster prevention from the viewpoint of green infrastructure in the coastal area of Kyushu-Pacific region.

*徐 [1]、藤田 直子[1]、唐 明暉[1]
*Shanshan Xu[1], Naoko Fujita[1], Minghui Tang[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

Considering the possibility of Nankai Trough large-scale earthquake predicted to occur in the nearest future, the issue of the tsunami in the coastal area of Kyushu-Pacific region is becoming extremely important. Efforts to utilize the various functions of the ecosystem internationally for the society creation are expanding in recent years, and even in the situation of toughening of the land in Japan, the initiative to incorporate Green Infrastructure (GI) which utilizes the disaster prevention and reduction functions of the natural ecosystem are being observed. Also, during the process of self-help/mutual assistance action and disaster reconstruction at the time of disaster, attention is paid as regional ties are affected, which are being considered as Social capital (SC).

The purpose of this study is to clarify the actual situation of tsunami disaster prevention of Nankai Trough earthquake based on the viewpoint of GI. We conducted a questionnaire survey on tsunami disaster prevention and GI at local governments and local communities. After analyzing the questionnaire, we analyzed the needs of the self-governing president's disaster prevention measures, the problems of the area, and the deviation of the improved situation of municipalities' disaster prevention measures. A correlation analysis was conducted to grasp the relationship between the consciousness concerning GI utilization, the strength of regional linkage SC and the recognition of evacuation.

1. Misalignment between demand and maintenance situation desired by the region

Policy regarding the issue of disaster helpers was extracted as a gap between needs and maintenance situation. Regarding the needs of the soft pattern in disaster prevention, a lot of measures were taken by disaster support supporters, however as it comes from the municipality questionnaire results, the measures related to the introduction of the barrier-free system and evacuation action supporters were introduced only partially. Further improvement is necessary for welfare evacuation sites, measures against supporters requiring evacuation actions, barrier-free formation.

2. SC regarded from the viewpoint of the relationship between intentions to utilize GI and recognition on

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

disaster.

Especially, the correlation coefficient was 0.701 between No.7 and No.6. This shows that those who responded that disaster can happen among residents can respond that regional ties are stronger. For items with a high correlation coefficient between No.3 and No.8, the correlation became 0.437. This means the respondents who answered that evacuation is possible for all area inhabitants including elderly people in case of disaster (flooding, earthquakes, and tsunami) are able to use local well water and spring water in the event of a disaster.

Between No.2 and No.4, the correlation coefficient became 3.380. This is because those who respond that they think they can fully utilize the resources of the area (resources such as firewood, foods that can be harvested in mountains) even in the event of disasters will escape by utilizing the nearby natural landforms such as plateaus and mountains for tsunami evacuation. Between No.2 and No.8, the correlation coefficient became 0.351. This is because it shows those who responded that they thought that they could escape by utilizing nearby plateau and mountains such as mountains during the tsunami evacuation, even if disasters (flood, earthquake, tsunami) occurred, everyone including the elderly in the area evacuated. Between No.2 and No.6, the correlation coefficient became 0.343. This indicates that those who responded that they believe that they can escape by utilizing nearby plateaus and mountains when evacuating the tsunami think that the connection of the community people is strong. Between No.3 and No.6, the correlation coefficient became 0.287. This indicates that those who responded as they thought they could use local well water and spring water at the time of a disaster replied that they think that the regional connection is stronger.

Based on the above, we clarified the SC from the viewpoint of the gap between the request and the maintenance situation the region desires and the relationship between the intention to utilize GI and the perception of disaster. The fact that utilization of natural resources such as well water and spring water and understanding that natural topography can be utilized for evacuation leads to a positive feeling making people believe it is possible for everyone to evacuate even if the tsunami comes, can be suggested from this study.

キーワード：防災のためのデザイン、津波災害、グリーンインフラ、九州太平洋岸、南海トラフ巨大地震
Keywords: the Design for Disaster prevention, tsunami disaster, green infrastructure, the coastal area of Kyushu-Pacific region, Nankai Trough large-scale earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Design for Green Infrastructure: Analysis of Landscape change in the Kumamoto earthquake area

*藤田 直子[1]
*Naoko Fujita[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

The concept of “Green Infrastructure” and “Eco-DRR” is developed in Europe and North America lately, and it started to spread around in Japan after the Tohoku earthquake and tsunami in 2011. Landscape ecology is parallel with this conceptually, as well as in terms of spatial scale. Its successful focused researches and social implementation are becoming pervasive.

The new concept is to solve various problems by local resources and pearls of wisdom, it connects local communities to the world while it’s mainly led by front liners and researchers in engineering and ecological fields that little attention is paid to the aspects of arts and designs. It’s still not well-penetrated despite the validity and functions of the concept are well verified. Thus, it’s vitally important to work on the insufficient.

The purpose of this research is to analyze the reconstruction plan prepared by the affected municipalities of the Kumamoto earthquake and compare the landscape change read from the plan and the actual landscape change actually occurred and make clear how the cities and nature have changed during the reconstruction process.

In this research, we firstly gathered and analyzed the earthquake reconstruction plans created by each local government for all 45 municipalities in Kumamoto prefecture. In this analysis, while studying each municipal original plan, we primarily focused on the background, features, and landscape references of the plan formulation. During this analysis, we grasped the relations between the reconstruction plan and the landscape change, and also clarified what exactly each local government emphasizes independently. As the next step, basing on the field survey, we analyzed the actual state of the landscape changes described in the plan. As a method, we took the photographs at places where the plans adopted by each municipality in Kumamoto prefecture were scheduled or executed, and after recording the current situation and the surrounding landscape, we made a comparison with the photographs taken at the same place in the past. By doing this, we revealed what kind of changes have occurred between the past and the present due to the disaster, and how they affected the surrounding landscape.

Among the 45 municipalities in downtown Kumamoto Prefecture, we found that earthquake reconstruction plan was formulated in 16 municipalities, and 5 municipalities planned to formulate. There were references that "consideration of the landscape when promoting housing improvement and infrastructure development" and "to consider the landscape from the tourism viewpoint". Also, there were

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

plans to utilize the process of reconstruction itself as a resource for tourist attraction. Furthermore, as a result of analyzing the individual plans described in the reconstruction plan, the reference to landscape, reference to the prediction of landscape change, reference to landscape protection exists in all 16 cities, towns, and villages. Totally 117 relevant plans have been found. Although many of them were intended to cope with the damage at the time of the disaster, there were several plans originally adopted by the local governments to make necessary improvements of the problems they had from the past by conducting disaster recovery.

The field survey was conducted for 16 municipalities in total in Kumamoto Prefecture. One year has passed since the earthquake disaster, and recovery works progressed in a wide range in Kumamoto Prefecture. In the recovery sites in various places, a secondary change of the landscape, which caused the recovery activity aimed at improving the convenience of life and safety, has already been taking place. Moreover, recovery works progressed also in Kumamoto castle which is also cultural asset and tourist attraction, as well as the station and the government office which are the center of town. As a result, we could confirm the change of landscape.

In this research, through the analysis of the reconstruction plan created by the municipalities affected by the Kumamoto earthquake and the field survey, from the viewpoint of Green Infrastructure, we could make clear the process of the landscape change occurred during the process of recovery/reconstruction of the living base, the tourist resources, the natural environment in the affected areas and its influence respectively. Although few local governments have formulated landscape-friendly reconstruction plans, to gain medium- and long-term benefits, we should make landscape-friendly reconstructions from the original planning stage. This is because it is the factor determining the richness of living base, tourism resources, and natural environment.

キーワード：グリーンインフラ、熊本地震、デザイン
Keywords: Green Infrastructure, the Kumamoto earthquake , Design

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)

The last decade set a record for the number and scale of natural disasters and demonstrates high vulnerability of human society and technosphere to their impacts. The most serious consequences have the so-called natural-technological disasters in which natural hazards trigger accidents at technology and infrastructure such as nuclear power and chemical plants, oil refineries and pipelines, power supply systems, buildings, and roads. A distinctive feature of natural-technological events, such as of the 2011 Tohoku earthquake, is their multi-hazard and synergistic nature, which creates cascading impacts, resulting in simultaneous occurrences of myriad catastrophes. The main goal of this multidisciplinary session is to summarize case studies of relationships between natural hazards and technological disasters, their social and economic consequences; and to encourage a discussion about tools and methods to prevent disasters and to minimize their consequences, disaster reconstruction, and tourism for reconstruction, Eco-DRR, and green infrastructure.

[HDS10-P01] The 2018 Activity of Kamchatka Volcanoes and Danger to Aviation

*Olga Girina[1]、Dmitry Melnikov[1]、Alexander Manevich[1]、Anton Nuzhdaev[1]、Elena Petrova[2] (1.Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences、2.M.V. Lomonosov Moscow State University)

[HDS10-P02] Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

★招待講演

*Aragane Keita[1]、Funakubo Satoshi[1] (1.National Institute for Land Infrastructure Management)

[HDS10-P03] EMERGENCY CALL PATTERN IN PETROZAVODSK

*Boris Zalmanovich Belashev[1]、Natalia Vladimirovna Krutskikh[1]、Anna Aleksandrovna Gerasimova[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P04] IDENTIFYING “REGIMES” IN THE TIME SEQUENCES OF PROCESSES

*Boris Zalmanovich Belashev[1] (1.Karelian research center of Russian academy of science)

[HDS10-P05] Investigation of status and demand on public service of earthquake disaster mitigation in China

*Lina Dong[1]、Weiping Lian[1]、Weitao Chen[1] (1.Development Research Center, China Earthquake Administration)

[HDS10-P06] Analysis of Eco-DRR and Ecological Services using InVEST at the Disaster Areas of Kumamoto Earthquake

*唐 明暉[1]、藤田 直子[1] (1.九州大学)

[HDS10-P07] Transformation as praxis: Exploring socially just and transdisciplinary pathways to sustainability in marginal environments (TAPESTRY)

*大手 信人[1]、Mehta Lyla[2]、Movik Synne[3]、Parthasarathy Devanathan [4] (1.京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻、2.Institute of Development Studies at the University of Sussex、3.Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences、4.Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology)

[HDS10-P08] Study for the Establishment of the Design for Disaster prevention through the survey of Recognition of tsunami disaster prevention from the viewpoint of green

infrastructure in the coastal area of Kyushu-Pacific region.

*徐 [1]、藤田 直子[1]、唐 明暉[1] (1.九州大学)

[HDS10-P09] Design for Green Infrastructure: Analysis of Landscape change in the Kumamoto earthquake area

★Invited Papers

*藤田 直子[1] (1.九州大学)

The 2018 Activity of Kamchatka Volcanoes and Danger to Aviation

*Olga Girina[1], Dmitry Melnikov[1], Alexander Manevich[1], Anton Nuzhdaev[1], Elena Petrova[2]

1. Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, 2. M.V. Lomonosov Moscow State University

Strong explosive eruptions of volcanoes are the most dangerous for aircraft because they can produce in a few hours or days to the atmosphere and the stratosphere till several cubic kilometers of volcanic ash and aerosols. Ash plumes and the clouds, depending on the power of the eruption, the strength and wind speed, can travel thousands of kilometers from the volcano for several days, remaining hazardous to aircraft, as the melting temperature of small particles of ash below the operating temperature of jet engines.

There are 30 active volcanoes in the Kamchatka, and several of them are continuously active. Scientists of KVERT monitor Kamchatkan volcanoes since 1993. In 2018, three of these volcanoes (Sheveluch, Klyuchevskoy, Karymsky) had strong and moderate explosive eruptions.
The eruptive activity of Sheveluch volcano began since 1980 (growth of the lava dome) and is continuing at present. In 2018, strong explosions sent ash up to 10-11 km a.s.l. on 09 January, 26 and 30 December; and up to 6-7 km a.s.l. –on 09 November, and 12, 14, 26-27 and 29 December; ash plumes extended more 2000 km to the different directions of the volcano. Satellite data by KVERT showed a thermal anomaly over the volcano all year. Activity of the volcano was dangerous to international and local aviation.

The moderate explosive events (ash up to 5-6 km a.s.l.) of Klyuchevskoy volcano were observing from 01 till 18 January, on 08 May, and 06 and 15 June. Strong explosions sent ash up to 10.5 km a.s.l. on 14 May. Ash plumes extended more 350 km to the eastern and south-western directions from the volcano. Satellite data by KVERT showed a thermal anomaly over the volcano all year. Activity of the volcano was dangerous to international and local aviation.

The thermal anomaly over Karymsky volcano was recorded on satellite images from time to time, most brightly it manifested in January, May, June-August, September and December. According to visual and satellite data, at this time explosions rose ash up to 6.5 km a.s.l., ash plumes drifted for about 860 km to the different directions from the volcano. The most intense eruptive activity of the volcano was observed on 10, 14-20 and 26-31 July, besides, isolated strong explosive events were observed on 07 and 25 August, on 10-11, 22-23 and 30 September, and 01 December. The size of the ash clouds varied from 5-6 to 240 km. Activity of the volcano was dangerous to local aviation.
This work was supported by the Russian Science Foundation, project No. 16-17-00042.

Keywords: volcano, eruption, Kamchatka, danger to Aviation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

Planning Methodology on the Effective Use of Green Infrastructure for Disaster Risk Reduction

*Aragane Keita[1]、Funakubo Satoshi[1]
*Keita Aragane[1], Satoshi Funakubo[1]

1. National Institute for Land Infrastructure Management
1. National Institute for Land Infrastructure Management

Green Infrastructure (GI) is a concept based on infrastructure development and land utilization that take advantage of natural environments' various functions for creating sustainable and attractive national land or regions. In Japan, since 2015, the concept of GI has been include in National Spatial Strategy, National Land Use Plan, and Priority Plan for Infrastructure Development, etc. Also, lessons learned from the Great East Japan Earthquake raised awareness of the need for more-comprehensive disaster risk reduction strategies in preparing for disasters that surpass worst-case scenarios. Additionally, there is concern over anticipated the Nankai Trough Earthquakes that might cause greater damage in near future, and increasingly frequent urban flooding owing to climate change. Thus, initiative for disaster risks reduction by utilizing GI's multiple functions in addition to approaches focusing on artificial infrastructure has become increasingly important.
This study aims to discuss planning methodology regarding the effective use of GI for disaster risk reduction in urban area by examining the “Green Master Plan (GMP)” through 72 case studies. In Japan, 680 municipal governments have developed GMPs as their basic policy for green space planning, management, and greening. These municipal governments in Japan are recommended to emphasize the viewpoint of disaster risk reduction in their GMPs, and to implement disaster risk reduction systematically through effective use of green spaces such as parks, roadside trees, waterways, private domestic gardens, agricultural land, and woodlands. Result from the case studies revealed that almost all GMPs designated green spaces such as parks as evacuation sites for mega-earthquakes or large-scale fires. Several GMPs were also found to present countermeasures that make effective use of GI for tsunami-related disasters and urban flooding.
Through these findings and through discussions with scholars at a workshop, we published “Technical Note on Green Infrastructure Planning for Urban Resilience” in June 2018. In this technical note, we explain six key points for developing GMPs that enhance the role of GI in disaster risk reduction: (1) combining various measures for disaster risk reduction by utilizing GI from a comprehensive perspective, (2) examining the role and combination of GI and other artificial infrastructure in urban disaster risk reduction, (3) building cooperative relationships with various stakeholders and citizens, (4) taking advantage of multiple functions of GI not only during disasters but also in normal times, (5) establishing a mechanism for maintaining and using GI from a long-term perspective, and (6) considering regional conditions and social situations.

キーワード：Green Infrastructure、Dsaster Risk Reduction、Green Master Plan
Keywords: Green Infrastructure, Dsaster Risk Reduction, Green Master Plan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

EMERGENCY CALL PATTERN IN PETROZAVODSK

*Boris Zalmanovich Belashev[1], Natalia Vladimirovna Krutskikh[1], Anna Aleksandrovna Gerasimova[1]

1. Karelian research center of Russian academy of science

The aim of the study is to analyze the emergency call distribution for Petrozavodsk, Russia, to obtain quantitative disease estimates and to assess the effect of environmental factors on them.

The study was based on medical statistical data and geophysical and geochemical monitoring. Environmental factors, such as magnetic storms and air and urban soil pollution, were assessed. The impersonified catalogue of emergency calls of Petrozavodsk Ambulance from 2015.1.1 to 2017.12.19, database of geomagnetic field variations at Petrozavodsk Geophysical Observatory, data on Kp index monitoring at the Laboratory of Tesis X-ray Astronomy at Lebedev Physical Institute, and the results of geochemical soil sampling in Petrozavodsk were used. Emergency call and geomagnetic activity distributions were constructed and processed in MATLAB computer mathematics system and Qgis software package. Analytical results were demonstrated on cardiovascular diseases.

The number of emergency call for patients with cardiac diseases in 2015-2017 is at about the same level. Seasonal factors affect the time distribution trends of calls for patients with essential hypertension, stenocardia and ischemic cardiac disease and do not affect the distribution trends of myocardial infarction and cerebral crisis. Time distribution spectra display a 25.6 day cycle similar to a geomagnetic activity period, two- and one-week cycles and cycles with periods of about 6, 4 and 3 days. Emergency calls for patients with myocardial infarction reflect the gender and age of the patients. The number of calls on weekends is typically low. On week-days, the number of calls at rush hours is maximum. The number of calls on days close to magnetic storms is not necessarily great. An elevated number of calls on these days for patients with stenocardia and myocardial infarction is observed.

The spatial distribution of the number of emergency calls were obtained using the Ambulance Geoinformation System. The system constructs the spatial distributions of the number of emergency team calls with known diagnoses for the streets and blocks of the city and is used to compare call frequency with district factors. With its help the link of distribution of quantity of calls of ambulance with diagnoses of cardiovascular diseases, bronchial asthma, vegeto-vascular dystonia, new growths, other diseases on districts of the city with the soils contamination indicated by the environmental hazard index –a total of the weighted average concentration values of As, Pb, Zn, Cd, Co, Cu, V, W is studied. No significant correlations between these values have been revealed.

3, 6-daily cycles in the analyzed ranges can be connected to thyroid gland hormone activity and a 4-day cycle to glucocorticoid hormone activity. Circadian rhythms are either thought to be general or to be due to the unwillingness of people to be sent to hospital or call for a doctor on weekends. In case of myocardial infarction, when help is needed urgently, the latter factor does not work, and a one-week cycle in the spectrum, showing the time dependence of the number of calls, is displayed.

This fact and the weekend effect can be understood, based on the properties of hydrocortisone. Stress from production activity stimulates the supply of the hormone into the blood, which rushes to the heart and muscles. When the heart fails to cope with the rush of blood, a cardiac disease becomes more acute.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

As the hydrocortisone level in the blood on weekends and holidays declines, the number of emergency calls for patients with cardiovascular diseases decreases.

Peaks in the daily emergency call dynamics distribution on week-days are interpreted to be due to air pollution with car gases at rush hours (9-10 a.m., 1-2 and 6-7 p.m.) and an approximately one-hour delay caused by progress in disease and the need to apply for a doctor.
The emergency call distributions analyzed are highly informative, showing the complete dynamic disease pattern of the urban population.

Keywords: diseases, emergency call, patient, diagnose, magnetic storms, contamination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IDENTIFYING “REGIMES” IN THE TIME SEQUENCES OF PROCESSES

*Boris Zalmanovich Belashev[1]

1. Karelian research center of Russian academy of science

A process is represented as a sequence of “regimes” when describing climatic variations and complex systems, detecting the malfunctioning of instruments and illegal interference in computer and hardware networks. For natural, technological and social processes such representation is comfortable to detect precursors of disastrous events.
The shifts of “regimes” in the sequences are commonly detected by checking statistical hypotheses by Student’s test and tests of non-parametric statistics when comparing the characteristics of the sequence at one or another site. Algorithms often use a priori information, work in unstable fashion over short intervals and at sequences boundaries, find it hard to recognize the shifts and trends of “regimes”.
Widespread R-algorithm [1] analyze data consecutively in a sliding window, operate with a small number of parameters and filter off “red” noise. The boundary regimes it detect may reflect distortions characteristic of the beginning and end of measurements.
The goal of the present study is to develop B-algorithm which automatically recognizes stable “regimes” in time data sequences.
The main stages of the algorithm are clusterization, comparison and optimization. Clusterization preliminary divides a normalized time sequence into “regimes”. While comparing the characteristics of the “regimes”, the division obtained is re-estimated. The final model of division is formed during optimization, which minimizes the variance of deviations from the trends of the “regimes” by varying the internal boundaries of the sites.
The algorithm, developed as a software in the MATLAB computer mathematics system, fulfils procedures automatically, decreases the amount of a priori data, increases operation speed and brings solutions closer to optima.
The operation of B- and R-algorithms is exemplified by the PDO (Pacific Decade Oscillation) sequence of mean January temperatures [2].
In both algorithms the number of “regimes” and their approximate positions coincide. The delay of part of R-“regimes” emphasize the sensitivity of B-algorithm to new “regimes”. Discrepancies are connected with the last “regime” identified by R- and B-algorithms on 2 and 15 members of sequence, respectively.
B- algorithm can operate with constant, linear and complex trends.
B- and R-algorithms, applied to the time sequences of river runoff, solar and seismic activity and the sequences of the annual rings of trees, have provided new information on the stages of processes.
The simplified schematic “regime” representation of a process reveals trends commonly obscured by the abundance of details. B- algorithm identifies stable “regimes” and recognizes the shifts and trends of “regimes”. The use of MATLAB functions increases the potential of the algorithm, admits the fulfilment of procedures by various methods, brings solutions closer to optimum solutions and ensures high operation speed. The ability of the algorithm to automatically process data makes it suitable for working with extensive data in various earth sciences.
References:
1.Rodionov, S. (2006) Use of prewhitening in climate region shift detection. Geophysical Research Letters 33, L12707.
2.Pacific Decadal Oscillation Index Data.
https://www.rdocumentation.org/packages/rpdo/versions/0.2.5.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: time sequence, shift regime, algorithm, clusterization, comparision, optimization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of status and demand on public service of earthquake disaster mitigation in China

*Lina Dong[1], Weiping Lian[1], Weitao Chen[1]

1. Development Research Center, China Earthquake Administration

In order to make a comprehensive and systematic evaluation of the status and demands of public service of earthquake disaster mitigation, we launched an investigation with National Bureau of Statistics on the current situation of public service of earthquake disaster mitigation and the demands for it in 2018. The investigation was conducted in 31 provinces of China mainland using the Computer Assisted Telephone Interview(CATI) method and received 20078 valid samples in total.

The results indicate that 52.2% of the population have received the scientific knowledge education for earthquake disaster mitigation in Different levels. It shows that the public still possesses a high expectation of earthquake prediction and farmers have a low level of scientific knowledge of earthquake disaster mitigation. And TV, network, and the new media app such as wechat and weibo become the most important information channels for the public to obtain the earthquake related information. Furthermore, the degree of satisfaction evaluation of public service of earthquake disaster mitigation is marked on 81.22 points (the full mark is 100 points). And the most expectative services for the public are reconstruction, earthquake warning, and house earthquake resilience test. The results of the investigation have provided a scientific evidence for the government to provide better services of earthquake disaster mitigation and to make scientific knowledge popularization in a more scientific way.

Keywords: scientific knowledge popularization of earthquake disaster mitigation, public service, satisfaction evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of Eco-DRR and Ecological Services using InVEST at the Disaster Areas of Kumamoto Earthquake

*唐 明暉[1]、藤田 直子[1]
*Minghui Tang[1], Naoko Fujita[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

When compared with other countries in a global point of view, Japan is a country with high number of natural calamities, significant causalities, economic loss and damages by earthquakes, typhoons, and eruption. The damage is especially big when a hazard comes right after another one.

Complex disaster refers to the occurrence of multiple disasters instead of one. Such as, in 2016, Kumamoto prefecture was hit by earthquakes with magnitude as large as 7 and within another 2 months, by heavy rain and the damage was tremendous.

There is a huge number of researches on the eco-application of proceeding in various countries and it is vitally important to verify their validity. Here, InVEST refers to the ArcGIS tool for the integrated review for ecological services and its compensation.

This research focuses on the analysis of the changes of the land cover as reflected in satellite pictures of the whole Kumamoto prefecture taken after the complex disaster, the earthquake in April 2016 and heavy rain in June 2016. Also, it’ s a review on the ecological services with the use of InVEST. A special focus is paid on the review of the soil retention and the quality changes of the eco-habitant as reflection of the disaster damage reduction measures.

In addition, there is an analysis on the change of land coverage on area-unit level with Mashiki-machi, the epicenter, as the target. Furthermore, projection was plotted for the ecological services implemented as the reconstruction plan.

キーワード：熊本地震、生態系を活用した防災減災、エコロジカルサービス、複合災害、地方自治体/地方自治会、インベスト
Keywords: Kumamoto Earthquake, Eco-DRR, Ecological services, Complex Disasters, local governments/local communities, InVEST

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transformation as praxis: Exploring socially just and transdisciplinary pathways to sustainability in marginal environments (TAPESTRY)

*大手 信人[1]、Mehta Lyla[2]、Movik Synne[3]、Parthasarathy Devanathan [4]
*Nobuhito Ohte[1], Lyla Mehta[2], Synne Movik[3], Devanathan Parthasarathy[4]

1. 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻、2. Institute of Development Studies at the University of Sussex、3. Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences、4. Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology
1. Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University, 2. Institute of Development Studies at the University of Sussex, 3. Department of Urban and Regional Planning, Norwegian University of Life Sciences, 4. Department of Humanities and Social Sciences, Indian Institute of Technology

Climate change related uncertainties are the main threats to the sustainability of societies and their environments. To tackle these challenges, systemic transformations are required. Our project focuses on three cases of transformation in marginal environments in India and Bangladesh, and is concerned with: How transformation happens through bottom up processes in these sites; and how they can be scaled up and facilitate wider societal changes. Both require transdisciplinary co-production and the praxis of transformation which presupposes change in social arrangements and reconstruction by individuals. Our project addresses issues concerning governance, wellbeing, identity and quality of life in relation to transformations to sustainability in a lower middle income country (India) and a least developed country (Bangladesh). Our results should help inform processes that ultimately improve the quality of life in marginal environments, and build action and capacity among all partners.

キーワード：Transformation、Sustainability、Marginal environment、Transdisciplinary study、India、Bangladesh
Keywords: Transformation, Sustainability, Marginal environment, Transdisciplinary study, India, Bangladesh

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study for the Establishment of the Design for Disaster prevention through the survey of Recognition of tsunami disaster prevention from the viewpoint of green infrastructure in the coastal area of Kyushu-Pacific region.

*徐 [1]、藤田 直子[1]、唐 明暉[1]
*Shanshan Xu[1], Naoko Fujita[1], Minghui Tang[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

Considering the possibility of Nankai Trough large-scale earthquake predicted to occur in the nearest future, the issue of the tsunami in the coastal area of Kyushu-Pacific region is becoming extremely important. Efforts to utilize the various functions of the ecosystem internationally for the society creation are expanding in recent years, and even in the situation of toughening of the land in Japan, the initiative to incorporate Green Infrastructure (GI) which utilizes the disaster prevention and reduction functions of the natural ecosystem are being observed. Also, during the process of self-help/mutual assistance action and disaster reconstruction at the time of disaster, attention is paid as regional ties are affected, which are being considered as Social capital (SC).

The purpose of this study is to clarify the actual situation of tsunami disaster prevention of Nankai Trough earthquake based on the viewpoint of GI. We conducted a questionnaire survey on tsunami disaster prevention and GI at local governments and local communities. After analyzing the questionnaire, we analyzed the needs of the self-governing president's disaster prevention measures, the problems of the area, and the deviation of the improved situation of municipalities' disaster prevention measures. A correlation analysis was conducted to grasp the relationship between the consciousness concerning GI utilization, the strength of regional linkage SC and the recognition of evacuation.

1. Misalignment between demand and maintenance situation desired by the region

Policy regarding the issue of disaster helpers was extracted as a gap between needs and maintenance situation. Regarding the needs of the soft pattern in disaster prevention, a lot of measures were taken by disaster support supporters, however as it comes from the municipality questionnaire results, the measures related to the introduction of the barrier-free system and evacuation action supporters were introduced only partially. Further improvement is necessary for welfare evacuation sites, measures against supporters requiring evacuation actions, barrier-free formation.

2. SC regarded from the viewpoint of the relationship between intentions to utilize GI and recognition on

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

disaster.

Especially, the correlation coefficient was 0.701 between No.7 and No.6. This shows that those who responded that disaster can happen among residents can respond that regional ties are stronger. For items with a high correlation coefficient between No.3 and No.8, the correlation became 0.437. This means the respondents who answered that evacuation is possible for all area inhabitants including elderly people in case of disaster (flooding, earthquakes, and tsunami) are able to use local well water and spring water in the event of a disaster.

Between No.2 and No.4, the correlation coefficient became 3.380. This is because those who respond that they think they can fully utilize the resources of the area (resources such as firewood, foods that can be harvested in mountains) even in the event of disasters will escape by utilizing the nearby natural landforms such as plateaus and mountains for tsunami evacuation. Between No.2 and No.8, the correlation coefficient became 0.351. This is because it shows those who responded that they thought that they could escape by utilizing nearby plateau and mountains such as mountains during the tsunami evacuation, even if disasters (flood, earthquake, tsunami) occurred, everyone including the elderly in the area evacuated. Between No.2 and No.6, the correlation coefficient became 0.343. This indicates that those who responded that they believe that they can escape by utilizing nearby plateaus and mountains when evacuating the tsunami think that the connection of the community people is strong. Between No.3 and No.6, the correlation coefficient became 0.287. This indicates that those who responded as they thought they could use local well water and spring water at the time of a disaster replied that they think that the regional connection is stronger.

Based on the above, we clarified the SC from the viewpoint of the gap between the request and the maintenance situation the region desires and the relationship between the intention to utilize GI and the perception of disaster. The fact that utilization of natural resources such as well water and spring water and understanding that natural topography can be utilized for evacuation leads to a positive feeling making people believe it is possible for everyone to evacuate even if the tsunami comes, can be suggested from this study.

キーワード：防災のためのデザイン、津波災害、グリーンインフラ、九州太平洋岸、南海トラフ巨大地震
Keywords: the Design for Disaster prevention, tsunami disaster, green infrastructure, the coastal area of Kyushu-Pacific region, Nankai Trough large-scale earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Design for Green Infrastructure: Analysis of Landscape change in the Kumamoto earthquake area

*藤田 直子[1]
*Naoko Fujita[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

The concept of “Green Infrastructure” and “Eco-DRR” is developed in Europe and North America lately, and it started to spread around in Japan after the Tohoku earthquake and tsunami in 2011. Landscape ecology is parallel with this conceptually, as well as in terms of spatial scale. Its successful focused researches and social implementation are becoming pervasive.

The new concept is to solve various problems by local resources and pearls of wisdom, it connects local communities to the world while it’s mainly led by front liners and researchers in engineering and ecological fields that little attention is paid to the aspects of arts and designs. It’s still not well-penetrated despite the validity and functions of the concept are well verified. Thus, it’s vitally important to work on the insufficient.

The purpose of this research is to analyze the reconstruction plan prepared by the affected municipalities of the Kumamoto earthquake and compare the landscape change read from the plan and the actual landscape change actually occurred and make clear how the cities and nature have changed during the reconstruction process.

In this research, we firstly gathered and analyzed the earthquake reconstruction plans created by each local government for all 45 municipalities in Kumamoto prefecture. In this analysis, while studying each municipal original plan, we primarily focused on the background, features, and landscape references of the plan formulation. During this analysis, we grasped the relations between the reconstruction plan and the landscape change, and also clarified what exactly each local government emphasizes independently. As the next step, basing on the field survey, we analyzed the actual state of the landscape changes described in the plan. As a method, we took the photographs at places where the plans adopted by each municipality in Kumamoto prefecture were scheduled or executed, and after recording the current situation and the surrounding landscape, we made a comparison with the photographs taken at the same place in the past. By doing this, we revealed what kind of changes have occurred between the past and the present due to the disaster, and how they affected the surrounding landscape.

Among the 45 municipalities in downtown Kumamoto Prefecture, we found that earthquake reconstruction plan was formulated in 16 municipalities, and 5 municipalities planned to formulate. There were references that "consideration of the landscape when promoting housing improvement and infrastructure development" and "to consider the landscape from the tourism viewpoint". Also, there were

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

plans to utilize the process of reconstruction itself as a resource for tourist attraction. Furthermore, as a result of analyzing the individual plans described in the reconstruction plan, the reference to landscape, reference to the prediction of landscape change, reference to landscape protection exists in all 16 cities, towns, and villages. Totally 117 relevant plans have been found. Although many of them were intended to cope with the damage at the time of the disaster, there were several plans originally adopted by the local governments to make necessary improvements of the problems they had from the past by conducting disaster recovery.

The field survey was conducted for 16 municipalities in total in Kumamoto Prefecture. One year has passed since the earthquake disaster, and recovery works progressed in a wide range in Kumamoto Prefecture. In the recovery sites in various places, a secondary change of the landscape, which caused the recovery activity aimed at improving the convenience of life and safety, has already been taking place. Moreover, recovery works progressed also in Kumamoto castle which is also cultural asset and tourist attraction, as well as the station and the government office which are the center of town. As a result, we could confirm the change of landscape.

In this research, through the analysis of the reconstruction plan created by the municipalities affected by the Kumamoto earthquake and the field survey, from the viewpoint of Green Infrastructure, we could make clear the process of the landscape change occurred during the process of recovery/reconstruction of the living base, the tourist resources, the natural environment in the affected areas and its influence respectively. Although few local governments have formulated landscape-friendly reconstruction plans, to gain medium- and long-term benefits, we should make landscape-friendly reconstructions from the original planning stage. This is because it is the factor determining the richness of living base, tourism resources, and natural environment.

キーワード：グリーンインフラ、熊本地震、デザイン
Keywords: Green Infrastructure, the Kumamoto earthquake , Design

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 301B 3F

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)、座長:Hajime Matsushima、Elena Petrova

The last decade set a record for the number and scale of natural disasters and demonstrates high vulnerability of human society and technosphere to their impacts. The most serious consequences have the so-called natural-technological disasters in which natural hazards trigger accidents at technology and infrastructure such as nuclear power and chemical plants, oil refineries and pipelines, power supply systems, buildings, and roads. A distinctive feature of natural-technological events, such as of the 2011 Tohoku earthquake, is their multi-hazard and synergistic nature, which creates cascading impacts, resulting in simultaneous occurrences of myriad catastrophes. The main goal of this multidisciplinary session is to summarize case studies of relationships between natural hazards and technological disasters, their social and economic consequences; and to encourage a discussion about tools and methods to prevent disasters and to minimize their consequences, disaster reconstruction, and tourism for reconstruction, Eco-DRR, and green infrastructure.

13:45 ~ 14:00

[HDS10-07] **Seasonal variations of atmospheric hazard impacts on infrastructure**

★Invited Papers

*ELENA PETROVA[1] (1.Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)

14:00 ~ 14:15

[HDS10-08] 大地震によって引き起こされる化学物質流出事故後の浄水場機能に対する影響と対策オプション評価

*伊藤 理彩[1]、中久保 豊彦[2]、小島 直也[1]、東海 明宏[1] (1.大阪大学 大学院工学研究科、2.お茶の水女子大学 基幹研究院)

14:15 ~ 14:30

[HDS10-09] Development of disaster risk management plan of a thermal power plant: Spearheading the paradigm shift from disaster management to disaster risk management of NATECH in India

*Repaul Kanji[1]、Madan Mohan Rout[2]、Ankur Srivastava[3] (1.Gujarat Institute of Disaster Management, Gandhinagar, Gujarat, India、2.Institute of Seismological Research, Gandhinagar, India、3.Indian Institute of Technology Delhi, India)

14:30 ~ 14:45

[HDS10-10] **Applying Transfer Learning to Improve Machine Learning Impact Model at Extremes**

*Peter Lawrence Watson[1]、Manos Anagnostou[1]、David Wanik[1] (1.University of Connecticut)

14:45 ~ 15:00

[HDS10-11] rescEU, the European Union Civil Protection System UCPM and the future role of Geosciences in natural disaster reduction

*Andreas Nikolaus Kueppers[1] (1.GFZ - Deutsches Geoforschungszentrum - Helmholtz Zentrum Potsdam)

15:00 ~ 15:15

[HDS10-12] The Probability of Satellite Anomalies by a Disastrous Solar Flare

*関 大吉[1,2,3] (1.京都大学大学院総合生存学館、2.ケンブリッジ大学極端リスク研究センター、3.京都大学大学院理学研究科附属天文台)

Seasonal variations of atmospheric hazard impacts on infrastructure

*ELENA PETROVA[1]

1. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

Infrastructure facilities consist of power, heat and water supply systems, communication lines, transport infrastructure including roads and bridges, railways, airports, oil and gas pipelines, etc. Above-ground and ground infrastructure facilities are most affected by impacts of various natural hazards, especially those of atmospheric origin. More than 90% of all natural-technological accidents in infrastructure facilities of Russia are triggered by atmospheric hazards such as strong winds, heavy snowfalls and rainfalls, snowdrifts, torrents, thunderstorms and lightning, hailstorms, hard frost, icing, etc. Natural factors cause about 70 percent of “blackouts”, more than 10 percent of accidents at heat and water supply systems as well as water accidents; about four percent of air crashes, automobile and railway accidents, and about two percent of pipeline ruptures. Various atmospheric hazards can also cause long delays in automobile, railway and air transportation of passengers and goods. The majorities of these events are triggered by windstorms and hurricanes (37 percent), snowfalls and snowstorms (27 percent), rainfalls (16 percent), hard frost and icing (12 percent), thunderstorms and lightning (nearly 4 percent). All of these weather conditions are subject to seasonal variations. During the cold season, there are much more weather events influencing the growth in the number of accidents than in the warm season. The author created a database of natural-technological accidents occurring in Russia, including those in infrastructure facilities. More than 18.5 thousands events are registered in the database between 1991 and 2018. The collected information allows analyzing the main causes and triggers of accidents, their distribution within area of Russia, temporal variations, and revealing “weak spots” to cope with. The risk of natural-technological accidents in infrastructure facilities was assessed for Russian federal regions. The Far Eastern, South and North-Western parts of Russia are at the most risk of atmospheric hazard impacts. The risk of natural-technological accidents is highest in Sakhalin region, Krasnodarsky and Primorsky territories.

Keywords: infrastructure facilities , atmospheric hazards , risk assessment, seasonal variations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大地震によって引き起こされる化学物質流出事故後の浄水場機能に対する影響と対策オプション評価

Assessment of water supply function and measures for chemical release accidents triggered by major earthquakes

*伊藤 理彩[1]、中久保 豊彦[2]、小島 直也[1]、東海 明宏[1]
*Lisa Ito[1], Toyohiko Nakakubo[2], Naoya Kojima[1], Akihiro Tokai[1]

1. 大阪大学 大学院工学研究科、2. お茶の水女子大学 基幹研究院
1. Graduate School of Engineering, Osaka University, 2. Faculty of Core Research, Ochanomizu University

近年、ヨーロッパを中心にNatech(Natural hazard triggered technological accident)と呼ばれる自然災害によるリスクが危惧されているが、日本でも阪神淡路大震災、東日本大震災では高濃度のフッ化水素酸や六価クロム等の有害な化学物質の流出および津波・火災による拡散が認められ、社会問題となっている。このように化学物質が流出した場合、大気・水圏への甚大な環境汚染リスクが懸念されるが、非定常状況下で化学物質が流出した後の環境中での挙動や、浄水施設といった産業基盤に与える影響については不明な点が多い。そこで本研究では、化学物質の水圏流出事故に着目し、大地震の揺れや液状化の影響によって有害化学物質が環境中へ流出した場合の影響を浄水場の給水機能停止をエンドポイントとして評価を行い、さらに対策オプションを導入によってみられる効果を明らかにすることを目的とした。

本研究の対象として、大阪府淀川水系を選択した。淀川は、琵琶湖を水源としており、灌漑・舟運・飲料水に広く利用され、関西の水資源・産業基盤を支える重要な河川である。また周囲には、淀川へ注ぐ排水路をもつ化学物質取扱事業所も数多く立地しているため、大地震が起こった際には大きな被害が予想される。

解析対象物質は、人の健康や生態系に悪影響を及ぼすおそれのある化学物質のうち、PRTR(Pollutant Release and Transfer Register)により排出実態が把握可能で、人に対する毒性値が特に高く(LD_{50} ≦300 mg/kg) (UN, 2015)、浄水施設でも除去が困難 (水溶解度≧10,000 mg/Lかつオクタノール/水分配係数(Log Kow)≦ 1.5) (伊藤ら, 2014)であるアクリロニトリルをはじめとする38物質に加え、使用量の多いトルエン、キシレンを評価対象とした。

地震による化学物質の流出事故予測件数は、世界の地震による流出事故の統計結果 (Santella et al., 2011)をもとに、日本の震度5強～7に相当する地震動で大規模流出事故が起きる件数の期待値(Y)を算出した。その後、ポアソン分布計算により、実際に花折断層を由来とする直下型地震が発生した場合を想定して、淀川流域に立地する大阪府の事業所で流出事故が発生する確率(P_n)を期待値ごとに算出し、対象地点の選択を行った。次に化学物質流出後の河川水中の濃度推計を行うため、産総研-水系暴露解析モデル(AIST-SHANEL ver.3)を用い、事故後の取水点での化学物質の最大到達濃度を求めた。想定事故日は、年間を通して河川流量が比較的少ない冬期を対象とし、淀川流域で対象化学物質の保有量が最大の事業所から流出が起きた事象を想定した。また、事故への対策オプションとしては、緊急遮断弁を採用した。水道事業体による給水停止の判断基準となる水質管理濃度は、長期的に該当物質を摂取し続けた場合の慢性毒性値を指標としているが、本基準は事故時の条件とは必ずしも合致しない。そこで本研究では、短期的に基準値を上回った場合でも摂取制限を伴う給水を継続できる判定基準として導入が検討されている亜急性毒性(厚生省、2016)を判定基準($JC_i^{subacute}$)として評価を行った。

モデル計算の結果、アクリロニトリルの全流出が起こった場合の浄水濃度は最大2.19×10^{-1} mg/Lと算出された。この場合、ラットの中・長期毒性試験から得られた無毒性量(NOAEL)(環境省、2003)をもとに算出した$JC_i^{subacute}$(=6.25×10^{-2} mg/L)を超過するため、給水機能の停止が予測される。さらに取水点において、水生生物の急性毒性値による予測無影響濃度(PNEC) である7.6×10^{-3} mg/L(環境省、2003)を超過しているため、取水停止となる可能性も高い。一方、緊急遮断弁が正常に機能した場合、大阪府(2013)の報告書に記載された緊急遮断弁の外側の配管の長さと管径をもとに計算すると、流出はタンク全体の2%以下にとどまると見積もられた。流出量が2%以下に抑えられた場合は、河川水中濃度は$JC_i^{subacute}$・PNEC以下となり、給水・取水停止とな

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る可能性が極めて低いことが分かった。これにより、緊急遮断弁という対策オプションは、地震などの災害時に非常に有効な手段であることが明らかとなった。また、アクリロニトリルのように毒性が高いにもかかわらず、水道水質基準値のない物質は、本研究の手法を適用し、亜急性毒性に基づく危機時管理を実施することで、迅速な対応が可能となることが見込まれる。本発表では、他の化学物質の事例についても議論する。

キーワード：化学事故、浄水場機能、大地震、モデリング、Natech
Keywords: Chemical accidents, Water supply function, Major earthquake, Modeling, Natech

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of disaster risk management plan of a thermal power plant: Spearheading the paradigm shift from disaster management to disaster risk management of NATECH in India

*Repaul Kanji[1], Madan Mohan Rout[2], Ankur Srivastava[3]

1. Gujarat Institute of Disaster Management, Gandhinagar, Gujarat, India, 2. Institute of Seismological Research, Gandhinagar, India, 3. Indian Institute of Technology Delhi, India

With global phenomenon like climate change looming large on the horizon, occurrences of extreme events are expected to rise eventually. Rapid urbanisation and the powerful want of globalisation does little to control the exposure of our ‘assets’ to such events, thereby increasing the disaster risks. The quantum of risk rises exponentially if the exposed asset is a critical infrastructure like a nuclear power plant or a thermal power plant which might lead to ‘natural hazard triggered technological disasters’ like that of Fukushima. The damage and loss in such cases is borne not only by the infrastructure in question but also by the community in its immediate surrounding. Management of disasters, which has long been the usual trend, has a very little effectiveness in such tragic scenarios, thus rather than managing disasters, one should manage the disaster risks. Even the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (SFDRR) talks about reduction of the acceptable risks and management of the residual risks. However, for all this to be implemented, one needs to understand and anticipate risks, which is way more than the current practice of risk identification.

The researchers, when provided with the opportunity to develop a disaster management plan for a thermal power plant in India, took cognisance of the priorities of SFDRR embarked on a strategy of disaster risk management and disaster risk reduction rather than mere disaster management. This study elaborates on the strategy adopted during the development of the plan. The first step was to conduct field survey and collect primary geo-technical and meteorological data. Content analysis of hazard maps were done to identify the possible hazards which can affect the critical infrastructure. Earthquake, cyclone and technological hazards were identified as the main probable hazards. The methodology developed by Cornell (1968) for Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA) was applied for the estimation of seismic hazard for 10% and 2% probability of exceedence in 50 years. In this method, seismogenic zones were delineated and then seismicity parameters were estimated using the decluttered earthquake catalog and finally the ground motion was estimated using different ground motion prediction equations (GMPE). In addition to this, probable intensities of earthquakes were evaluated according to the seismic zonation and the corresponding grade of damage was estimated, taking into account the typology of building construction. To elucidate assessment of cyclonic winds and rainfall over the critical infrastructure an experiment was designed in which 9 major cyclonic systems occurring in the region in last ten years were considered. These cyclonic events were numerically simulated around the geographical location of the infrastructure. Weather Research Forecasting (WRF) model was used to carry out the simulations. As a result, the maximum windspeed and the maximum rainfall was obtained. In addition to these natural hazards, content analysis was done to enumerate all the possible technological hazards and Maximum Credible Accident Analysis (MCAA) was performed. These steps were integral in assessing the hazards and the outputs of these simulations were fed as inputs of the Quick Risk Estimation (QRE) tool developed by UNISDR. Based on the outputs of the QRE tool, the disaster risk management plan was developed.

This particular study tries to identify and assess the hazards, vulnerabilities and capacities and estimates

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the risks which is then used to develop risk management plans. Offcourse, management of extreme events through institutionalisation of Incident Response System (IRS) is a part of the plan but it forms only a part of it. Thus, in a way, this plan marks the first step taken towards disaster risk management of critical infrastructures in India; a step towards the management of risks of technological disasters due to natural hazards.

Keywords: Disaster risk management, Disaster risk reduction, Weather Research Forecasting, Ground Motion Prediction Equation, Quick Risk Estimation Tool

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Applying Transfer Learning to Improve Machine Learning Impact Model at Extremes

*Peter Lawrence Watson[1], Manos Anagnostou[1], David Wanik[1]

1. University of Connecticut

Machine learning can be useful for modeling the impacts of natural hazards on infrastructural systems. By relying on empirical observations, these methods lack the prohibitive complexity of large-scale physical models, but can also operate in high-dimensional spaces: where a large number factors contribute to the observed damages to the system. However, modeling extreme events can be challenging with machine learning. Unlike parametric models, the dynamic range of these models is constrained to the training data, and the training data from extreme events is as rare as the events themselves. However, transfer learning, where a model trained on data from one system is retrained for another system, may enable the use of additional training data to improve the prediction of extreme events. This would allow for more examples of extreme events from more places to be included in the training data, and should improve the performance of machine learning based impact models at the extremes. In this study, we apply transfer learning methods to the University of Connecticut's Outage Prediction Model (OPM), a machine-learning based electrical power outage model. The OPM has a large domain that spans three states in the US: Connecticut, Massachusetts, and New Hampshire, and there is much more training data available for Connecticut than the other states. We investigate the effects of applying this additional data on the accuracy and dynamic range of models for the other states using transfer learning methods, in an effort to better predict the impacts of the most extreme weather events.

Keywords: Machine Learning, Impact Model, Transfer Learning, Extreme Events, Power Outage, Infrastructure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

rescEU, the European Union Civil Protection System UCPM and the future role of Geosciences in natural disaster reduction

*Andreas Nikolaus Kueppers[1]

1. GFZ - Deutsches Geoforschungszentrum - Helmholtz Zentrum Potsdam

On February 12, 2019, the European Parliament in Strassbourg adopted the decision* for a substantial enhancement of the Union Civil Protection Mechanism which includes the 28 EU Member States plus a major number of affiliated nations. The actual legislational move had been directly instigated by the very serious impact of large wildfires in Europe with many fatalities in Portugal, Greece, Spain, Sweden, among others. It became clear in a dramatic way that sufficient technical resources for fire fighting, in particular aircraft, were neither available on a national nor an international base. The new and financially strengthened Mechanism embraces a large number of disaster types where geology based disasters like earthquakes, tsunami, volcanic eruptions including volcanic ash clouds and gravitational movements are among the most prominent. Expressis verbis, the decision calls for substantial foresight for the early discovery of future disasters which even may be not known to us today. While this without doubt means a great chance for broad geosciences to actively contribute from the start, the integration of more nations into the system and a possible globalisation constitute next stage challenges.

*Official text is expected to be published by the European Commission in due time.

Keywords: Earthquake, Tsunami, Volcanic Eruption, Landslide, European Civil Protection Mechanism, Globalisation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Probability of Satellite Anomalies by a Disastrous Solar Flare

*関 大吉[1,2,3]
*Daikichi SEKI[1,2,3]

1. 京都大学大学院総合生存学館、2. ケンブリッジ大学極端リスク研究センター、3. 京都大学大学院理学研究科附属天文台
1. Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University, 2. Centre for the Study of Existential Risk, University of Cambridge, 3. Astronomical Observatory, Kyoto University

The Sun has a potential risk of various socioeconomic impacts on our human society. It often produces various eruptive phenomena such as a solar flare and a coronal mass ejection, which sometimes bring adverse effect to us like satellite anomalies, radiation exposure, and huge blackouts. For example, in 2003 October 28, X17-class flares (roughly once-in-10-year level severity) occurred and more than 60 % of NASA scientific satellites were affected.

Similar to other terrestrial disasters like an earthquake, the solar eruptive phenomena also follow the power-law distribution between frequency and severity, and low-frequency-high-impact solar disaster could also happen. Recently, it was revealed that a “super-flare”, a flare whose energy is 100 times larger than X10-class flare, can occur once in 1000 years from statistical and theoretical points of view [Maehara et al. 2012, Shibayama et al. 2013, Shibata et al. 2013].

However, though there are many assessment studies of “moderate” solar eruptive phenomena, the assessment of “disastrous” solar eruptive phenomena like a super-flare has been little conducted. For this reason, this research aims to evaluate the frequency (or probability) and the possible socioeconomic damage of a super-flare, especially focusing on satellite anomalies.

Using various data sets about satellites, their anomalies, flares, and plasma environment around the Earth*, 154 X-class flare events with 9 relating parameters (peak flux of X-ray (0.1–0.8 nm), integral fluxes of electron (> 2 MeV) and of proton (> 1, 5, 10, 30, 50, 60, 100 MeV)) were selected. To avoid multi-collinearity, Ridge regression model was used to compute the regression to the satellite anomaly rate (1/satellite/event). Also 10-fold cross validation was performed. After obtaining the model, the possible plasma parameters in case of X1000-class flare assumed by Takahashi et al. 2016 were input into the model.

As a result, we obtained the model with its coefficient of determination of 0.607 and its Pearson correlation coefficients of 0.691±0.212 (for 100 times randomly chosen dataset). Assuming that electron and proton follow the same scaling law, with applying scaling law by Takahashi et al. 2016, 0.573 satellite anomaly rate (57.3% per satellite per event) was obtained. It should be noted that the scaling law provided by Takahashi et al. 2016 is upper limit, so in the actual case, rate should be lower. The validity of assumption, the comparison between this research and others (Pilipenko et al. 2006; Iucci et al. 2005; Odenwald et al, 2006, 2007), and the possible socioeconomic loss will be also discussed.

* NOAA NGDC Spacecraft Anomaly Data, Satellite Catalogue (https://www.celestrak.com/satcat/search.php), NOAA GOES flare report (https://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-features/solar-flares/x-rays/goes/xrs/) , and OMNI 2 database

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：宇宙天気災害、人工衛星障害、スーパーフレア
Keywords: Space weather disaster, satellite anomaly, super-flare

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 301B 3F

[H-DS10] Natural hazards impacts on human society, economics and technological systems

コンビーナ:PETROVA ELENA(Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)、松島 肇(北海道大学大学院農学研究院)、座長:Elena Petrova、Hajime Matsushima

The last decade set a record for the number and scale of natural disasters and demonstrates high vulnerability of human society and technosphere to their impacts. The most serious consequences have the so-called natural-technological disasters in which natural hazards trigger accidents at technology and infrastructure such as nuclear power and chemical plants, oil refineries and pipelines, power supply systems, buildings, and roads. A distinctive feature of natural-technological events, such as of the 2011 Tohoku earthquake, is their multi-hazard and synergistic nature, which creates cascading impacts, resulting in simultaneous occurrences of myriad catastrophes. The main goal of this multidisciplinary session is to summarize case studies of relationships between natural hazards and technological disasters, their social and economic consequences; and to encourage a discussion about tools and methods to prevent disasters and to minimize their consequences, disaster reconstruction, and tourism for reconstruction, Eco-DRR, and green infrastructure.

15:30 ~ 15:50

[HDS10-13] 東京都における防災公園の維持管理について

★招待講演

*菊池 正芳[1] (1.公益財団法人東京都公園協会)

15:50 ~ 16:05

[HDS10-14] Rebuilding Tourism after the Great East Japan Earthquake and Examining Post-Disaster Tourism in Kamaishi City

*佐々木 啓[1]、山本 清龍[2]、佐々木 薫子[3] (1.岩手大学、2.東京大学、3.北海道大学)

16:05 ~ 16:20

[HDS10-15] Population Change in Ishinomaki City, Miyagi Prefecture, with a Focus on the Area around the Earthquake Ruins

*西坂 涼[1]、古谷 勝則[1] (1.千葉大学)

16:20 ~ 16:35

[HDS10-16] The Way of Seeing the Atomic Bomb Dome and the Relationship with Viewers' Attributes

*安原 有紗[1]、山本 清龍[1]、下村 彰男[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:35 ~ 16:50

[HDS10-17] スリランカ国ラトゥナプラ市における洪水リスク分析

*土田 亮[1]、寶 馨[1] (1.京都大学大学院総合生存学館)

16:50 ~ 17:00

Discussion

東京都における防災公園の維持管理について
Management and Maintenance for Disaster prevention park in Tokyo Metropolitan Government

*菊池 正芳[1]
*Masayshi Kikuchi[1]

1. 公益財団法人東京都公園協会
1. Tokyo Metropolitan Park Association

東京は古くから何度もの地震により大きな被害を受け、壊滅と復興を繰り返してきた歴史がある。東京が地震災害を被るたびに、公園は新たな機能を求められるようになってきた。１つ目は避難場所としての役割であり、２つ目は、大規模救出救助活動拠点としての役割となっている。現在、都立公園は82個所あるが、主要な21箇所の公園は首都東京に大地震などの災害が発生した時、避難場所としての機能だけではなく、広域的な大規模救出救助活動拠点ともなる機能を有している。それらを防災公園と名付けて管理している。先ず、避難場所としての機能は、全ての公園が有している機能であり、災害発生時に多くの市民が安全な場所として逃げ込める場所を確保することである。そのために、特徴的な３つの公園施設がある。1つは、停電時となっても何処からでも場所を確認できるように「ソーラー式公園灯」である。2つ目は、多くの避難者が公園内に一時的に滞在しても利用できるために、排水管と直接接続された「マンホール型防災トイレ」である。3つ目は、平時は普通のベンチであるが、災害時には煮炊きのできる「かまど」として活用できる「かまどベンチ」である。次に、大規模救出救助活動拠点としての機能は、被災場所に救援部隊や医療部隊等の活動拠点としてヘリコプターの発着所や、大型緊急車両の集合拠点となる機能である。そのため、大規模な広場を有する公園が大規模救出強雨所活動拠点として指定されているが、特徴的な整備は、大型車両が通行できるように園路の拡幅と強化、ヘリコプター離着陸地点の確保等である。

これらの機能を十分に発揮するために必要なことは、日常的な防災訓練である。市民、警察、消防、企業等を含めて、公園では年に数回「マンホール型防災トイレ」や「かまどベンチ」の訓練を行い、ヘリコプターの離着陸訓練なども行っている。

キーワード：防災公園、避難場所、大規模救出救助活動拠点
Keywords: disaster prevention park, evacuation site , Base for Large-scald and Life-saving Operations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rebuilding Tourism after the Great East Japan Earthquake and Examining Post-Disaster Tourism in Kamaishi City

*佐々木 啓[1]、山本 清龍[2]、佐々木 薫子[3]
*Satoshi Sasaki[1], Kiyotatsu Yamamoto[2], Kaoruko Sasaki[3]

1. 岩手大学、2. 東京大学、3. 北海道大学
1. Iwate University, 2. The University of Tokyo, 3. Hokkaido University

1. Introduction

Natural hazards can have a devastating effect on tourism. In the case of the Great East Japan Earthquake (GEJE) of 2011, the tsunami caused damage to not only human lives but also to critical infrastructures in coastal areas in the Tohoku region. Tourist attractions and facilities were also damaged by the tsunami, and people who lived in the metropolitan and Kinki regions understood that they should avoid traveling to the Tohoku region (Yamamoto, 2013). Thus, a decrease in the number of visitors to the tsunami-hit area was reported in the Tohoku region immediately following the disaster (Igarashi et al., 2017). Fortunately, after suffering a drop in the number of tourists, the disaster area is experiencing a trend in recovery these days. “Disaster tourism”—defined as the practice of visiting natural or man-made environmental disaster sites (Amujo et al., 2012)—has succeeded in bringing visitors to the disaster area. However, eight years have already passed since the disaster, and the time lapse should be taken into account for promoting post-disaster tourism (Sasaki et al., 2018). From this viewpoint, the purposes of this study were established as follows: 1) to clarify the current situation of tourism after the GEJE of 2011 and 2) to examine post-disaster tourism in the Tohoku region.

2. Methods

The case study area for this study was Kamaishi City, which is located in Iwate Prefecture in northeast Japan; it was hit by the tsunami in 2011 and more than 1,000 lives were lost to the disaster. Thanks to disaster prevention efforts, however, almost all of the nearly 3,000 elementary and junior high school students miraculously survived (i.e., the “Miracle of Kamaishi”). Accordingly, many people have been infused with hope. To grasp the awareness and behaviors of visitors to the city, two post-recall questionnaires were distributed to Japanese people over age 17 from July to September in 2018. One was disseminated to visitors who participated in the guided tours conducted by storytellers with the Kamaishi Volunteer Guide Association. The other was given to tourists at the JR Kamaishi Station, Kamaishi Sennin-toge roadside rest area, and Hashino Iron Mining and Smelting Site (listed as a UNESCO World Heritage Site). The survey focused on the following aspects: (1) visitor attributes (e.g., age, gender), (2) characteristics of visits (e.g., number of visits, group size, objectives of trips, places visited), (3) familiarity with guided tours (e.g., expectations, sources of information), (4) changes in awareness after a visit, (5) appreciation for disaster lore, and (6) the satisfaction and intention to revisit.

3. Results and Conclusion

In total, 478 people (guided: N = 155, non-guided: N = 323) participated in the survey, representing a response rate of 22%. As a result, the largest proportion of respondents included people over age 59 (47%); further, the total number was almost equally divided between the two genders (male: 51%, female: 47%). The most frequent group size of visitors was two or three people (43%); moreover, approximately 50% of visitors used private cars. The most common trip type was the day trip (46%), and the majority of visitors were not there for the first time (32%). The most commonly mentioned trip objectives were engaging in tourism (46%), visiting the disaster area (29%), and eating delicious food (25%). Additionally,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the degree to which visitors intended to join a tour guided by a storyteller was high (77%), with the most common contents of interest being stories recounted from the time of the disaster (77%) and lessons from the disaster (68%). A few people acknowledged enjoying the storytelling tour locally (12%) and on the Web (6%). On the whole, the GEJE experience was regarded as worth handing down to future generations and sharing with the world (very valuable: 82%, somewhat valuable: 11%). Compared to non-guided visitors, guided visitors had a greater sense of being present during the disaster ($P < .01$, T-test) and were encouraged to change their attitudes toward disasters ($P < .01$, based on a single regression analysis). In conclusion, Kamaishi City still functions as a disaster tourism site but it is thought that efforts to increase the city’ s appeal in the future are necessary.

キーワード：ツーリズム、東日本大震災、語り部、アンケート調査
Keywords: tourism, Great East Japan Earthquake, storyteller, questionnaire



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Population Change in Ishinomaki City, Miyagi Prefecture, with a Focus on the Area around the Earthquake Ruins

*西坂 涼[1]、古谷 勝則[1]
*Ryo Nishisaka[1], Katsunori Furuya[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

1. Introduction

Eight years have passed since the Great East Japan Earthquake of 2011. There is a movement to preserve buildings and structures affected by the earthquake and resulting tsunami as earthquake ruins and to utilize them for storytelling and disaster prevention. In the Tohoku region, where the birthrate is declining and the population is aging, sustainable management of the earthquake ruins will be an issue.

So far, the bereaved families and storytellers (called the kataribe) who live around the earthquake ruins of Ishinomaki are known to have been working on the management of flowers from visitors, cleaning up the earthquake ruins, and improving the flowerbeds. At the same time, residents around the earthquake ruins might be affected by the increase in the number of visitors when the earthquake ruins are opened to the public, so consideration of them is necessary. Therefore, this paper aims to clarify the population change around the former Kadonowaki Elementary School and the former Okawa Elementary School, which are the two earthquake ruins in Ishinomaki.

2. Methods

We investigated mesh population data of 500-meter mesh areas from “Population Census,” published by the Statistics Bureau, Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan, and analyzed the population change of Ishinomaki between 2010, before the earthquake, and 2015, after the earthquake, using Geographic Information Systems (GIS). We extracted the two earthquake ruins and created buffers of 2,000 meters. We considered the population change within 2,000 meters of the two earthquake ruins as well as the situation regarding Ishinomaki’s recovery.

3. Results

As a general overview of the population change in the whole city of Ishinomaki, we can confirm a large population decline in coastal areas that were reached by the tsunami, such as Kadonowaki-*cho*. In addition, large-scale temporary housing was constructed and a population migration to the inland area was confirmed.

Although the overall population decline was significant within 2,000 meters of the former Kadonowaki Elementary School, a population increase was confirmed in a small area near the temporary housing in Hiyorigaoka.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Even within 2,000 meters of the former Okawa Elementary School, the population was decreasing as a whole, but we could confirm an area where the population increased slightly. There were no large temporary housing structures around the former Okawa Elementary School, and the population did not accumulate.

4. Discussion

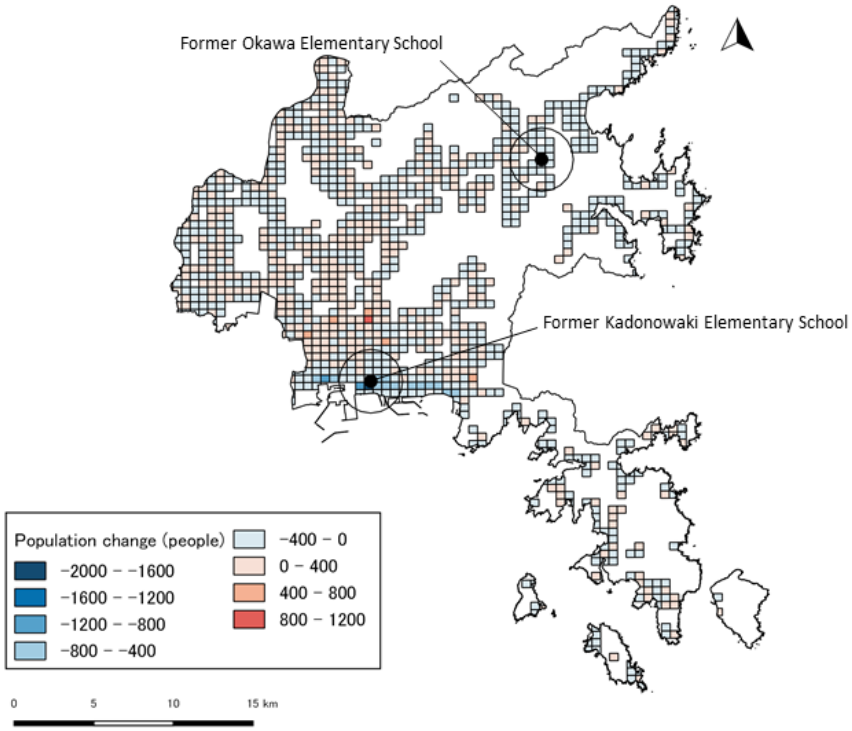
In Ishinomaki, after the Great East Japan Earthquake, the population of the coastal area drastically decreased, and population increase in the inland area was confirmed. Both the former Kadonowaki Elementary School and the former Okawa Elementary School had a drastic decrease in population within 2,000 meters. However, the existence of areas where the population was increasing even within 2,000 meters was confirmed. It seems that the presence of temporary housing greatly influenced the change in population.

The population changes around both earthquake ruins were large, so it is thought that there were many cases in which bereaved families and residents involved in the elementary schools had relocated. Particularly concerning the former Okawa Elementary School, there is a possibility that there was a large-scale relocation to the southwestern part of the city, where population increase advanced. In Ishinomaki, the situation with tenancy in temporary housing continues to change even after 2015, and now temporary housing is being demolished and residents are moving into public housing. In the future, it is necessary to track the population changes and consider how to support the activities in the earthquake ruins by residents who cannot easily get there.

キーワード：震災遺構、石巻市、GIS、人口変化
Keywords: Earthquake Ruins, Ishinomaki, GIS, Population Change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fig. Population change in Ishinomaki <2010-2015>



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Way of Seeing the Atomic Bomb Dome and the Relationship with Viewers' Attributes

*安原 有紗[1]、山本 清龍[1]、下村 彰男[1]
*yasuhara arisa[1], Kiyotatsu Yamamoto[1], Akio Shimomura[1]

1. 東京大学大学院農学生命科学研究科
1. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

1. Introduction

The Atomic Bomb Dome (ABD) is one of the major atomic bombing sites in Hiroshima. In 1996, it was registered as an UNESCO World Heritage Site under the name "Hiroshima Peace Memorial," and its lasting preservation was secured. However, like other world heritage sites, its maintenance and management were not easy. Hiroshima City, taking charge of the management, established "Preservation and maintenance policies of peace memorial museums (2006)," in which the role of the ABD was specified as "The witness of history who suffered heavy damage by an atomic bomb" and "The symbol of hope for nuclear weapon extinction and lasting peace." This policy considered the mindset of the people who wished for peace, tried to preserve the history, and achieve World heritage-registration. This description meant regarding the ABD as the memory of Hiroshima. In other words, it was aimed to include not only the Dome's visual image (the visual aspect) but also the history of Hiroshima and people who had an emotional connection with the town (the semantic aspect), and to preserve both. To embody the idea in a preservation plan, it is necessary to clarify the history of Hiroshima as the background of the ABD and the mindset of people. This study analyzes the "way of seeing" to reveal "how" and "by whom" the ABD has been seen until today, and to understand the memory of Hiroshima.
In light of the above issues and viewpoints, the objectives of this study are 1) to classify the way of seeing the dome and 2) to address the meaning of the relationship between the landscape types and viewers' attributes.

2. Methods

Photographs were collected to understand how ABD is seen by a variety of viewers. Approximately 561 photographs in which the ABD appeared were found in 52 books at the Hiroshima City Central Library. These were selected as materials for analysis, excluding those wherein who took the photograph and when it was taken could not be identified. Time, locations, and photographers were identified, and the constituent elements of each scene were counted to understand the characteristics of the photographs. The attributes of photographing through identification are as follows: (1) time: year of photographing; (2) locations: 6 areas of photographing; and (3) photographers: 4 categories extracted by combining "people who visited Hiroshima," "people who were born or lived in Hiroshima," "photographers," and "amateur photographers." After this process, the sceneries were divided into typical patterns by using quantification method of the third type and cluster analysis. Finally, the relationship between the landscape types and the photographers' attributes was analyzed.

3. Results and Conclusion

The ways of seeing were classified into 6 types, which were related to photographers' attributes. These were: I) landscape hit by atomic bomb, II) landscape with low buildings, III) landscape viewed through the Hiroshima Peace Memorial Monument, IV) landscape of the ABD, V) landscape with plants, and VI) landscape with high buildings. Moreover, it was revealed that landscape I) was photographed more by "people who visited Hiroshima." Likewise, II), III), and IV) were related to "photographers who were

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

born or lived in Hiroshima,” “people who were born or lived in Hiroshima,” and “photographers who visited Hiroshima,” respectively. Additionally, the elements included in the photographs, the main period of photographing, and the viewpoint of photographing differ according to the landscape types. In conclusion, it was suggested that the meaning of Hiroshima’s memory as understood by the photographers was diverse and it was necessary to provide the visitors to ABD with various landscape experiences related to the ways of seeing the ABD.

キーワード：原爆ドーム、まなざし、風景、写真、世界遺産
Keywords: Atomic Bomb Dome, way of seeing, landscape, photograph, world heritage



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スリランカ国ラトゥナプラ市における洪水リスク分析
Flood Disaster Risk Analysis at Ratnapura in Sri Lanka

*土田 亮[1]、寶 馨[1]
*Tsuchida Ryo[1], Kaoru Takara[1]

1. 京都大学大学院総合生存学館
1. Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

本論文では2017年5月にスリランカで発生した洪水を対象に、洪水常襲地における災害リスクを明らかにする。まず、ケースとして山間部ラトゥナプラ市の125年間の年間最大降雨量をもとに、頻度解析を用いて2017年の洪水イベントの発生可能性を評価する。また、 人工衛星画像を用いた同地域における洪水災害前後の土地利用を解析する。そして、筆者は現地住民や地方行政に対して災害エスノグラフィを用いたインタビュー調査を行い、洪水被害の状況とどのように洪水に対処したのかを把握した。インタビューの結果から、現地住民は自らの経験や知識を使ったが、今回のような甚大な洪水が起きた際には上手く対応できず、多方面において悪影響を及ぼしたことが伺えた。加えて、国連機関や政府、非営利団体などの外部団体からの支援が十分でなく、住民のニーズや脆弱性をカバーできるものではなかった。また、政府による住宅と整形の被害調査に遅れが生じ、政府からの補償金や物資の調達が遅延したこともわかった。これらの結果はスリランカにおける洪水の減災や復旧プロセスの理解に役立つことが期待される。

キーワード：洪水災害、頻度解析、土地利用変化、復旧復興、スリランカ
Keywords: Flood Disaster, Frequent Analysis, Land Use Change, Recovery and Rehabilitation, Sri Lanka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

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

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[HDS13-07] S-net水圧データを活用した津波遡上即時予測システム

*鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、三好 崇之[1]、青井 真[1] (1.防災科学技術研究所)

9:15 ~ 9:30

[HDS13-08] アウターライズ地震による津波の即時予測手法の再検討

*近貞 直孝[1]、馬場 俊孝[2] (1.防災科研、2.徳島大学)

9:30 ~ 9:45

[HDS13-09] ガウス過程回帰による海底水圧データからの最大津波高予測

*高橋 光太郎[1]、柏原 健之朗[1]、五十嵐 康彦[1,2]、馬場 俊孝[3]、堀 高峰[4]、岡田 真人[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.徳島大学大学院社会産業理工学研究部、4.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

9:45 ~ 10:00

[HDS13-10] 津波減衰過程を正しく表現するための非線形長波方程式の差分式の改良

*南 雅晃[1] (1.気象庁気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[HDS13-11] 中米地域に対して開発された即時津波遡上予測手法

*谷岡 勇市郎[1]、Ulbert Grillo[2]、Greyving Arguello[2]、Amilcar Cabrera[2] (1.北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター、2.ニカラグア国土研究所)

10:15 ~ 10:30

[HDS13-12] 海底断層近傍におけるDONET水圧記録と強震加速度記録の比較

*水谷 歩[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学 理学院 自然史科学専攻 地球惑星ダイナミクス分野)

S-net水圧データを活用した津波遡上即時予測システム
Functions of Real-time Tsunami Inundation Forecast System Using S-net Pressure Data

*鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、三好 崇之[1]、青井 真[1]
*Wataru Suzuki[1], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Takayuki Miyoshi[1], Shin Aoi[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

防災科学技術研究所（防災科研）では、東日本太平洋沖合に設置された日本海溝海底地震津波観測網（S-net）の水圧データを活用して、陸域への津波浸水まで予測する津波遡上即時予測システムの開発を進めてきた（Aoi et al., 2019, JDR）。このシステムの予測手法は、事前に計算した津波シナリオバンク（近貞・他, 2019, 防災科研研究資料）からMulti-index法（Yamamoto et al., 2016, EPS）に基づくシナリオ検索（Multi-index検索）を基本として、実際のS-net水圧観測データの性質に基づく処理、付加情報の活用による予測精度向上や地域ごとに適した予測のための多種の予測情報作成、シナリオ検索によらない津波警戒状態判定など、様々な機能を組み合わせている。本発表ではそれらの機能の概要を中心に、開発した津波遡上即時予測システムの紹介を行う。

S-net水圧観測データについては、陸上局からEarthLANを通じて配信され防災科研の2つの棟で受信したものに対して品質確認と欠損処理を行うことで、予測システムの基本的な冗長性と安定性を確保した。この水圧データをオフセット処理し、津波成分を抽出するための120秒～1,800秒のバンドパスフィルタを適用してMulti-index検索に用いる。台風等により波が高い際には海底水圧データの振幅も大きくなり、津波シナリオが選別されてしまう場合があったため、非津波時の水圧振幅の分析に基づく閾値（5 cm相当、水深が浅い観測点では10 cm相当）をいずれか1観測点以上が越えなければ予測としない設定としている。また作業等の影響により1点のみ大きなノイズが発生した場合でも、他の観測点では津波現象に合致しないことを判定することにより、予測としない機能を有する。

Multi-index検索により選別されたシナリオ群から作成する沿岸波高分布及び陸域浸水深分布等の予測情報として、シナリオ群の最大値、シナリオ群の平均値及び沖合での観測と計算の一致度が最も高いシナリオのデータを出力することができる。予測のばらつきを示すため、選別されたシナリオ群の標準偏差の計算や、沿岸波高分布については選別された全シナリオを重ねて描画することが可能である。また付加的な情報として震源情報を用いてS-net観測網端や観測網外で発生した津波の予測精度向上を図るため、Multi-index検索による選別シナリオ群から震央及び発生時が近いシナリオ群への絞り込みを実施した上で予測情報を生成することもできる。Multi-index検索では S-netデータ全体について観測データを説明するシナリオ群を選別するが、ある地域の予測に強く影響する観測点は地域ごとに異なり、異なる地域に対してはMulti-index検索で選別されたシナリオ群の中で異なるシナリオがそれぞれ最適な予測となる可能性がある。これを踏まえて地域ごとに設定した代表地点における浸水深を、津波シナリオバンクのデータに基づくニューラルネットワーク回帰により予測し、この予測浸水深に最も近い分布を持つMulti-index検索シナリオを予測とするシナリオ二段階選別の機能も構築した。これらの津波シナリオバンクに基づく予測に加えて、S-net観測データが大きく変動していることを検知し津波の警戒を行うべき状態であることを判定する機能や、気象庁による津波警報・注意報の情報が発表されていることを確認できる機能も備えている。予測システムでは千葉県九十九里・外房沿岸地域に対しては10 m格子の地形モデルを用いた詳細な遡上までの予測情報を出力することができ、茨城県～北海道のS-net沿岸地域に対しては概観的な予測情報の出力ができる。

謝辞：本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）による。

キーワード：津波、遡上、即時予測、S-net
Keywords: Tsunami, Inundation, Real-time forecast, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アウターライズ地震による津波の即時予測手法の再検討
Improvement of Real-time Tsunami Forecast System for Outer-rise Earthquake

*近貞 直孝[1]、馬場 俊孝[2]
*Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Toshitaka Baba[2]

1. 防災科研、2. 徳島大学
1. NIED, 2. Tokushima University

The outer-rise earthquakes often induce the behavior of the unusual tsunamis. For example, it induces an abnormally larger tsunami than expected from its seismic ground motion, called tsunami earthquake and/or contains short wavelength components produced by sea floor displacements caused by shallow depth fault slip. Additionally, the depressed wave usually arrives preceding the first elevated wave for the normal fault earthquake tsunamis. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED) has developed real-time tsunami inundation forecasting method using real-time ocean bottom pressure data taken by the dense offshore observation network such as the Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis (S-net) that has been constructed along the Japan Trench (Chikasada et al., 2019, Technical Report of NIED; Yamamoto et al., 2016, EPS). They calculated synthetic tsunami waveforms at the observation locations by solving nonlinear long-wave equations using a staggered leapfrog finite-difference scheme. A run-up boundary condition was applied to the coastal regions and an open boundary condition was applied to the rims of calculation region. But they did not consider about dispersive wave (Baba et al., 2017, Ocean Modeling) neither the attenuation effect of ocean bottom pressure changes (Chikasada et al., 2018, AGU).

Therefore, we reconsidered the effects of the dispersion term and the attenuation for a few thousands tsunami scenarios stored in the Tsunami Scenario Bank (TSB). As a result, we confirmed that these two effects possibly cause underestimation in real-time tsunami forecast. Therefore, we need to update waveforms calculated and registered for outer-rise earthquake into the TSB with a dispersion term. However, it is quite time-consuming task to solve non-linear long-wave equations with Boussinesq terms. In order to reduce calculation time, the linear long-wave equations with Boussinesq terms could be used to generate offshore synthetic waveforms. We considered the attenuation effect as well.

本研究の一部はJSPS科研費JP15H05718とJP18K04674の助成を受けたものです．記して感謝致します．

キーワード：津波、アウターライズ地震、海底水圧観測
Keywords: Tsunami, Outer-rise earthquake, Ocean bottom pressure observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガウス過程回帰による海底水圧データからの最大津波高予測
Maximum tsunami height prediction using Ocean-Bottom Pressure Values based on Gaussian Process Regression

*高橋 光太郎[1]、柏原 健之朗[1]、五十嵐 康彦[1,2]、馬場 俊孝[3]、堀 高峰[4]、岡田 真人[1]
*Kotaro Takahashi[1], Kenjiro Kashiwabara[1], Yasuhiko Igarashi[1,2], Toshitaka Baba[3], Takane Hori[4], Masato Okada[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、2. 科学技術振興機構 さきがけ、3. 徳島大学大学院社会産業理工学研究部、4. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Japan Science and Technology Agency PRESTO, 3. Institute of Technology and Science, The University of Tokushima, 4. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Tsunami early warning systems using water pressure gauges operate around the world to cope with human damage caused by tsunami waves. The systems use a correlation between observed pressure gauges value around coast and tsunami height at prediction points near shore, based on prior insights such that tsunami height highly depends on the topography (bathymetry) during its propagation.

In predicting the tsunami height, it is important both to avoid underestimation for minimizing the damage and to increase accuracy for minimizing the evacuation cost. Takahashi et al. [2018] proposed a method making use of a database of the tsunami height and the observed pressure-gauge-values. While it is good at avoiding underestimation, it puts the prediction accuracy second; its prediction is likely to be highly overestimated. To improve the accuracy, Igarashi et al. [2016] proposed a method based on Gaussian Process regression, but it does not avoid underestimation. In this work, we extend the method by Igarashi et al. [2016], and proposed a prediction method with less underestimation and higher accuracy. We used pressure gauges data from the Dense Ocean-floor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET) in the Nankai trough to investigate the prediction accuracy and the possibility of underestimation by our proposed method. Compared to the method by Takahashi et al. [2018], our method dropped the average prediction error from 4.44m to 1.61m, at the cost of an increase in the average underestimation rate of only 3.5%. Likewise, compared to the method by Igarashi et al. [2016],

our method dropped the average underestimation rate from 43.2% to 4.38%, at the cost of an increase in the average prediction error of only 0.84m. These facts prove the effectiveness of our method, which is good at making predictions with both little underestimation and high accuracy.

キーワード：ガウス過程回帰、機械学習、防災、津波予測
Keywords: Gaussian Process, Machine Learning, Disaster prevention, tsunami height prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波減衰過程を正しく表現するための非線形長波方程式の差分式の改良
Improvement for Finite-Difference Formula of Non-Linear Longwave Equations to Express Tsunami Decay

*南 雅晃[1]
*Masaaki MINAMI[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

現在行われている津波の数値計算では津波の減衰過程を正しく表現できていない。翻って、津波警報の解除時期の判断や、津波の見通し情報などのために、津波の数値計算において、その減衰過程を精度よく表現することの社会的要請が強まっている。そのため、気象研究所では遠地津波の後続波および減衰過程の精度向上に向けた研究を行っており、これまでも観測波形を用いた減衰過程のモデル化（林・他,2010,土木学会論文集B2（海岸工学）等 ）や、既存の津波数値計算方法(非線形長波方程式)でスーパーコンピュータを用いた大規模で高精度の津波計算を実施している（南・他,2018,日本地震学会秋季大会等）が、それらの計算においても、これまでの様々な計算結果と同様に津波の減衰過程が正しく表現されていなかった。

そこで本稿では、減衰における重要なファクターである底面摩擦に注目し、非線形長波方程式の差分式を改良した。まず、式中の摩擦項において、これまでは摩擦項を計算するための全水深(D)の位置差分を隣接する2メッシュの相加平均(中央差分)で求めていたが、摩擦項中の全水深Dは-1/3のオーダーで変わることから、相加平均では連続的解いた場合と無視出来ない誤差が生じるケースがある。そこで位置差分を平均値の定理を用いたものに改良した(fig.1)。さらに、時間差分についても、1計算ステップdt秒の中で、dtをdt/nとし、n回計算を繰り返すとすると、n→∞においてその極限をとることが可能で、その差分式はfig.2のように変形可能である。

これらの改良した差分式と適切な係数を用いて、2010年チリ(Mw8.8)地震津波の事例で計算を行ったところ、既存の式よりもより減衰するようになり（fig.3）の例では観測量に比べて大きかった後続部のエネルギー総量が、約４％減少して観測量に近づいた。なお、津波の計算条件として、太平洋全域を含む（東経100度～西経90度）領域全てを30秒メッシュ(GEBCO30sec_grid)とし、北海道、本州、四国、九州を囲む領域では、10秒メッシュでネスティングを行い、減衰過程を見るために、長時間（72時間分）の計算を行った。計算コードにはJAGRUS（Baba et al., 2015）を用い、非線形長波計算（地殻の弾性と海水の密度効果を考慮）とし、断層パラメータは（Fujii & Satake, 2013）の結果を用いた。

今回の方法を使うことによって、概ね5%程度既存の方法より津波の減衰が大きくなり、特に遡上や露出などの全水深Dが小さい時(概ね1m未満)に正確な摩擦が計算することが可能となり摩擦の表現が向上する(大きいケースでは10数%)。また時間差分を改善したことにより、より長い時間ステップを取ることが可能で計算時間の短縮が可能である。

これまでの津波の数値計算ではその減衰過程を正しく表現できていなかったが、今回の手法により減衰過程をより正しく表現することが可能となった。今後は本手法の検討を重ね、様々な事例にこの方法を適用し、津波減衰過程の精度向上を行う。

キーワード：遠地津波、津波数値計算、スーパーコンピュータ
Keywords: Far-field tsunami, Numerical simulation, Supercomputer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$$gn^2\left(\frac{D^k_{i,j}+D^k_{i+1,j}}{2}\right)^{-7/3}\frac{M^{k+1/2}_{i+1/2,j}+M^{k-1/2}_{i+1/2,j}}{2}\sqrt{(M^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2+(N^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2}$$

$$gn^2\frac{3}{2}\frac{(D^k_{i+1,j})^{\frac{2}{3}}-(D^k_{i,j})^{\frac{2}{3}}}{D^k_{i+1,j}-D^k_{i,j}}\left(\frac{D^k_{i,j}+D^k_{i+1,j}}{2}\right)^{-2}\frac{M^{k+1/2}_{i+1/2,j}+M^{k-1/2}_{i+1/2,j}}{2}\sqrt{(M^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2+(N^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2}$$

fig1. Bottom Friction Term Using Mean Value Theorem

Conventional difference formula is

$$\mathrm{M_new(i,j)} = (\mathrm{M'\ (i,j)}-\frac{1}{2}\mathrm{fric}*\mathrm{M_old(i,j)})\ /\ (1+\frac{1}{2}\mathrm{fric})$$

$$\mathrm{M'\ (i,j)=M_old(i,j)-(gravity\ term)-(advection\ term)}$$

$$\mathrm{fric=\ dt\cdot g\cdot n\hat{}2\cdot D\hat{}-7/3\cdot \bar{M}}$$

solving n times

$$\begin{cases} \mathrm{M_{1/n}(i,j)} = \mathrm{M'(i,j)}-\frac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_old(i,j)} \\ \mathrm{M_{2/n}(i,j)} =\mathrm{M_{1/n}(i,j)}-\frac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_{1/n}(i,j)} \\ \vdots \\ \mathrm{M_{n/n}(i,j)} = \mathrm{M_{n-1/n}(i,j)}-\frac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_{n-1/n}(i,j)} \end{cases}$$

$$\mathrm{M_new(i,j)} =(\mathrm{M'(i,j)}-\tfrac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_old(i,j)})\cdot\ (1-\tfrac{\mathrm{fric}}{n})^{n-1}$$

$$\mathrm{n\to\infty,\ (1\text{-}a/n)\hat{}n=exp(-a)}$$

$$\mathrm{M_new(i,j)} = \mathrm{M'(i,j)}\cdot\exp(-\mathrm{fric})$$

fig2. Bottom Friction Term Using Limit of a function

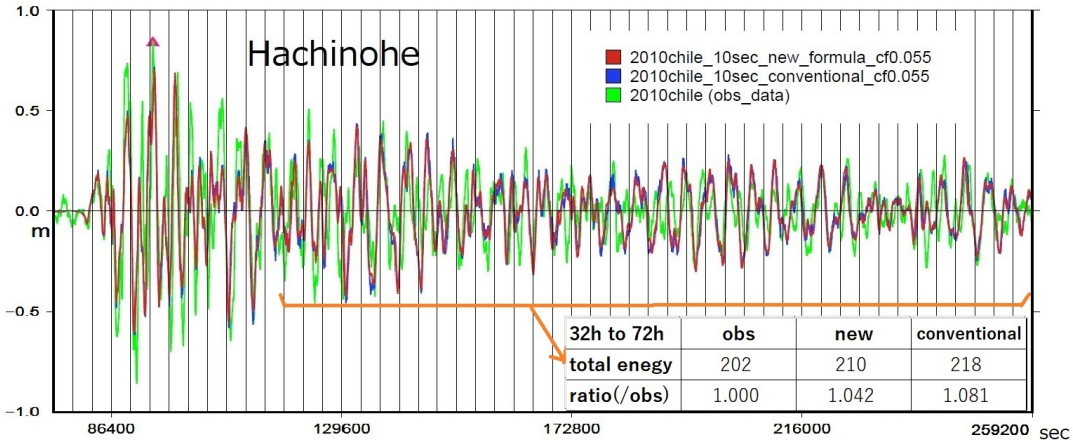


fig3. Time Series of Comparisons between New and Conventional Formula

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中米地域に対して開発された即時津波遡上予測手法
Real time tsunami inundation forecast method developed for Central America Region

*谷岡 勇市郎[1]、Ulbert Grillo[2]、Greyving Arguello[2]、Amilcar Cabrera[2]
*Yuichiro Tanioka[1], Ulbert Gleb Grillo[2], Greyving Jose Argrello[2], Amilcar Cabrera[2]

1. 北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター、2. ニカラグア国土研究所
1. Hokkaido University, Institute of Seismology and Volcanology, 2. Nicaraguan Institute of Territorial Studies, Nicaragua

1992年にニカラグア津波地震が発生し、その地震による津波はニカラグア太平洋沿岸に甚大な被害を及ぼした。その後中米では1992ニカラグア地震のような津波地震にも対応できる津波警報システムの開発が課題であった。最近になって、ユネスコの政府間海洋委員会（IOC/UNESCO）は中米津波警報センターをニカラグアに設立することを決めた。そこで、日本では日本国際協力機構（JICA）が気象庁（JMA）の協力のもと、CATACの設立を支援するための技術支援プロジェクトを実施している。本研究では、JICAの技術支援の一環として、津波地震にも対応できCATACで利用可能な津波遡上予測手法を開発した。

我々は以前、津波地震でも適切に断層モデルを推定できる手法を開発した（Tanioka et al., 2017）。中米の太平洋沖で発生した４つの大地震（1992年ニカラグア津波地震（Mw7.7）、2001年エルサルバドル地震（Mw7.7）、2004年エルアスティレロ地震（Mw7.0）、2012年エルサルバドル・ニカラグア地震（Mw7.3）に対して手法を適用し、非常に有効であることが示された。その手法は、①W-phaseインバージョンを用いて地震メカニズムを推定、②スケーリング則を利用して断層長および断層幅を推定、③Bilek and La y (1999)に沿って、深さに依存する剛性率の関数を構築し、W-phaseインバージョンによって推定されたセントロイドの深さを関数に入れることで剛性率を決定し、矩形断層のすべり量を計算する方法だ。1992年ニカラグア津波地震に対し上記手法で決定された断層モデルから津波遡上を計算し、得られた結果を調査津波高・調査遡上高・遡上域と比較したところ良い一致を得た。他の3地震に対しても、計算結果は調査結果を良く説明できることを示した。

本研究では、上記で適切に推定された断層モデルから線形長波近似で津波を計算し、データベースを利用した近地津波遡上予測手法（Gusman et al., 2014）を高度化して用いることで、CATACでも即時津波予測の可能性を示す。まず、中米太平洋沿岸に位置する６つの地域（Gulf of Fonseca, Corinto, Puerto Sandino, El Transito, Masachapa,El Astillero）に対する津波遡上予測を実施するために、各地域・各断層モデルに対し計算された浸水分布と紐づけされた波形参照点での津波波形のデータベース構築を実施する。データベースのための断層モデルとして、沈み込み帯のプレート境界に沿ってMw7.0、7.2、7.4、7.6、7.8、8.0、8.2の断層を配置し津波遡上計算を実施した。結果として全体で136の断層モデルによるデータベースとなった。本手法では即時的に線形長波近似で計算される参照的での津波波形とデータベースに格納された津波波形を比較し、最も波形を良く説明できるモデルによる計算津波浸水分布を、最適津波予測浸水分布とする。この手法を1992年ニカラグア津波地震に適応した。断層モデルはW-phaseインバージョン結果とスケーリング則により前述の手法で推定されたモデルを用いる。前述のようにすべり量は深さに依存する剛性率から計算されている。本手法による津波浸水予測の結果は調査津波高・遡上高・浸水域ともに比較的良く説明できることが分かった。つまり、本研究により開発された手法はCATACの津波早期警報ススステムに有効であることが示された。

キーワード：即時津波遡上予測、ニカラグア、中米津波警報システム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Real time tsunami inundation forecast, Nicaragua, CATAC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底断層近傍におけるDONET水圧記録と強震加速度記録の比較
Near-fault observations of an offshore earthquake by DONET: Comparison of ocean bottom pressure gauges and strong-motion accelerometers

*水谷 歩[1]、蓬田 清[1]
*Ayumu Mizutani[1], Kiyoshi Yomogida[1]

1. 北海道大学 理学院 自然史科学専攻 地球惑星ダイナミクス分野
1. Natural History Science, Graduate School of Science, Hokkaido University, Earth and Planetary Dynamics

現在、日本列島の太平洋沖にはS-netやDONETといった沖合地震津波観測網が整備されている。これらの観測網は地震計と水圧計が同じ場所に設置されており、津波発生域における詳細なデータを得ることが期待されている。一方、津波発生時に観測される水圧変化は津波によるものの他に、水深変化やそれに伴う加速度変化(海水からの反作用)、地震波(海洋音波など)によるものが指摘されており(例えばSaito and Tsushima, 2016)、断層近傍の水圧記録の解析は慎重におこなう必要がある。

本研究では、2016年4月1日に三重県南東沖で発生したMw 6の地震によるDONET1水圧計と強震加速度計の記録について解析をおこない、水圧記録を、加速度・速度・変位のそれぞれについて周波数領域と時間領域の両方で比較した。速度波形と変位波形は、加速度記録を積分することで計算したが、単純に積分をおこなうと波形が発散するため、Iwan et al.(1985)の方法をもとに加速度記録の補正をおこなった。また、水圧計記録と強震加速度計記録の両方を使用した津波波高の即時把握を試みた。

比較の結果、次のような結果が得られた：(1)フィルタを用いない水圧記録は、特に最初の数秒間において、海底速度に比例して変化する。(2)一方で、0.1Hz付近の周波数帯域では水圧は海底加速度に比例する。(3)地震発生最中には、水圧変化における水深変化の寄与は小さい。(1)(2)の結果は、Saito (2017)の数値計算の結果とも調和的である。

(2)より、0.1Hzのローパスフィルタをかけた水圧記録から0.05-0.1Hzのバンドパスフィルタをかけて得られた加速度成分を取り除くことで、地震発生から10秒間隔で津波と変位の成分のみを含んだ水圧記録の抽出を試みた。具体的には、幅60秒の窓関数を使用して切り出した水圧記録に対して、フィルタ処理をおこなった後に加速度成分を取り除き、その平均値をその時刻の水圧とした。得られた値は0.01Hzのローパスフィルタをかけた水圧記録とよく一致したため、この手法は津波の即時把握に有用であると考えられる。

キーワード：DONET、津波
Keywords: DONET, tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:今井 健太郎、馬場 俊孝(徳島大学大学院理工学研究部)

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[HDS13-13] Investigation of variation in multiple tsunami inundation modelling

*鴫原 良典[1]、今井 健太郎[2]、岩瀬 浩之[3]、川崎 浩司[4]、根本 信[5]、馬場 俊孝[6]、近貞 直孝[7]、千田 優[8]、有川 太郎[9] (1.防衛大学校システム工学群建設環境工学科、2.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、3.株式会社エコー、4.株式会社ハイドロ総合技術研究所、5.応用地質株式会社、6.徳島大学大学院産業理工学研究部、7.防災科学技術研究所、8.港湾空港技術研究所、9.中央大学理工学部都市環境学科)

11:00 ~ 11:15

[HDS13-14] 津波遡上計算のためのSGS建物抗力モデルの開発

*福井 信気[1]、森 信人[2] (1.京都大学工学研究科、2.京都大学防災研究所)

11:15 ~ 11:30

[HDS13-15] 土砂移動モデルを用いた断層パラメータと配置による津波堆積物形成に関する数値実験

*山本 阿子[1]、高橋 智幸[2]、原田 賢治[3] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2.関西大学、3.静岡大学)

11:30 ~ 11:45

[HDS13-16] 高知県広域における南海トラフ巨大地震の津波による土砂移動影響の潜在性評価

*山下 啓[1]、菅原 大助[2]、門廻 充侍[1]、有川 太郎[3]、高橋 智幸[4]、今村 文彦[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.ふじのくに地球環境史ミュージアム、3.中央大学理工学部、4.関西大学社会安全学部)

11:45 ~ 12:00

[HDS13-17] 慶長九年十二月十六日(1605 II 3)地震の東海・四国・九州地方の津波被害

*都司 嘉宣[1]、今井 健太郎[2]、蛯名 裕一[3]、岩瀬 浩之[4]、大林 涼子[2] (1.四万十市、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学災害科学国際研究所、4.株式会社エコー)

12:00 ~ 12:15

[HDS13-18] 1854年安政東海地震の津波高分布に関する再検討

*今井 健太郎[1]、蝦名 裕一[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]、堀 高峰[1]、高橋 成実[1,5]、古村 孝志[6] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東北大学災害科学国際研究所、3.四万十市、4.株式会社エコー、5.国立研究開発法人防災科学技術研究所、6.東京大学地震研究所)

Investigation of variation in multiple tsunami inundation modelling

*鴫原 良典[1]、今井 健太郎[2]、岩瀬 浩之[3]、川崎 浩司[4]、根本 信[5]、馬場 俊孝[6]、近貞 直孝[7]、千田 優[8]、有川 太郎[9]
*Yoshinori Shigihara[1], Kentaro Imai[2], Hiroyuki Iwase[3], Koji Kawasaki[4], Makoto Nemoto[5], Toshitaka Baba[6], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[7], Yu Chida[8], Taro Arikawa[9]

1. 防衛大学校システム工学群建設環境工学科、2. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、3. 株式会社エコー、4. 株式会社ハイドロ総合技術研究所、5. 応用地質株式会社、6. 徳島大学大学院産業理工学研究部、7. 防災科学技術研究所、8. 港湾空港技術研究所、9. 中央大学理工学部都市環境学科
1. Department of Civil and Environmental Engineering, National Dedense Academy, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Ecoh Corporation, 4. Hydro Technology Institute, Co., Ltd., 5. OYO Corporation, 6. Graduate School of Science and Technology, Tokushima University, 7. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 8. Port and Airport Research Institute, 9. Civil and Environmental Engineering, Faculty of Science and Engineering, Chuo University

Many researchers have developed numerical models based on the nonlinear shallow water equations to estimate the propagation and inundation of tsunamis. Several models have been distributed as the software packages including source code, thus tsunami inundation simulation can be performed easily with bathymetric and topographic data available free. However, the tsunami modelling researchers also empirically understand that no tsunami simulation results agree perfectly with that of other research institutes even if the same numerical model is used. The maximum inundation depth, flow velocity and inundated area are different to a certain extent. To clarify the variation in tsunami simulation is very important to establish the standard method that confirm the reliability of tsunami inundation models and it will be useful for the tsunami countermeasure/mitigation planning.

The present study aims to evaluate magnitude of the variation in tsunami inundation simulation quantitatively. We conducted tsunami simulations under the same input data: the initial source model of tsunami, bathymetry, topography and land-use model provided by Cabinet Office, Government of Japan are adopted. A total of eight research institutes participated this project using four kinds of numerical models that are widely employed for the tsunami hazard/risk assessment. Comparison of the time history of water surface elevation and flow velocity at the specific points indicated that a significant difference was confirmed among the model results to the maximum value of physical quantities. The spatial distribution maps of the maximum inundation depth also showed that large variation occurs around the front of tsunami run-up. In order to explain the variation in tsunami inundation model quantitatively, the total flooded volume and the total momentum flux were newly defined. By statistical procedures using these variables, we were able to show the mean value, confidence interval and coefficient of variation of the tsunami inundation models.

キーワード：津波、数値モデル、ばらつき
Keywords: tsunami, numerical model, variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波遡上計算のためのSGS建物抗力モデルの開発

Numerical Modeling of Tsunami Inundation in Urban Area using Sub-Grid Scale Drag Force Model

*福井 信気[1]、森 信人[2]
*Nobuki Fukui[1], Nobuhito Mori[2]

1. 京都大学工学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Numerical simulation of tsunami inundation using high-resolution topography (resolution is less than 1m) needs to consider the effect of structures on wave run-up. However, numerical simulation with medium resolution (resolution over 50m to 100m) is still important for practical use due to computational cost. This study developed Drag Force Model (DFM) and individual Drag Force Model (iDFM) as an urban roughness parameterization to obtain acceptable accuracy in medium resolution tsunami inundation model based on physical modeling. The model treats the effect of structures as grid-averaged drag force and projected area in x and y-direction in Cartesian coordinate and characteristic structure height are used as parameters representing the sub-grid scale structure. Furthermore, iDFM considers the number of structures and structure height in the area of interests individually. The edge detection technology for image processing tool is used to count the number of structures. Moreover, various mesh size 10cm to 40cm (25m to 100m in real scale) are used to check mesh size dependency. The validation DFM and iDFM is conducted using numerical simulation and physical modeling of tsunami inundation targeting available tsunami inundation experiments.

キーワード：津波、底面粗度、抗力
Keywords: tsunami, bottom roughness, drag force

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

土砂移動モデルを用いた断層パラメータと配置による津波堆積物形成に関する数値実験

Numerical experiment of tsunami deposits related to fault parameters by sediment transport model

*山本 阿子[1]、高橋 智幸[2]、原田 賢治[3]
*Ako YAMAMOTO[1], Tomoyuki Takahashi[2], Kenji Harada[3]

1. 国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2. 関西大学、3. 静岡大学
1. Forest of Research and Management Organization Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Kansai University, 3. Shizuoka University

巨大津波の発生は，沿岸域に大きな被害を与える．また、津波の過小評価は被害をより拡大し，被災後の復興においても大幅な遅れにつながる．津波の推定を改善するためには、津波の発生間隔や津波波源に関する多くの情報が必要である．津波堆積物は多くの記録を含むが，津波堆積物と津波の規模との関係は説明できていない．高橋ら（1999）は津波による土砂移動モデルを提案し，このモデルは気仙沼に来襲した1960年のチリ津波に適用されたが，地形条件によって土砂の輸送量が過小評価となることが明らかになった．高橋ら（2011）では，3種類の粒径の砂を用いた水理実験の結果からモデルの改良が行われたが、陸域の堆積物に関する数値解析の検証例は少ない.山本ら（2017，2018）は，高橋ら（2011）とは異なる粒径を用いて水理実験結果から，モデルの検証を行なった．その結果，高橋ら（2011）のモデルを用いた中粒径の砂の再現精度が高いことが確認できた．しかしながら，堆積物と断層のパラメータとの関係については検証されていない．

本研究では、津波堆積物と断層パラメータとの関係を明らかにするため，模擬地形による土砂移動の数値実験を行なった．数値実験は2つから構成されており、1つ目は断層の条件による津波波形への影響について調べた．断層の条件は，断層幅，断層長，すべり量，位置などを変化させた．この実験で観測した波形は2つ目の実験の境界条件として使用した．2つ目は，津波波形による陸域の堆積物への影響について調べた．海域と陸域の勾配を変えることで地形条件を変化させた．さらに，陸域に構造物を設置し，堆積物への影響についても調べた．数値実験の結果，砂の堆積が変化する地点が断層や地形の条件によって変化することが確認できた．

キーワード：津波堆積物、数値実験、断層パラメータ
Keywords: Tsunami deposit, Numerical experiment, Fault parameter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高知県広域における南海トラフ巨大地震の津波による土砂移動影響の潜在性評価

Evaluation of potential impact of tsunami-induced sediment transport in Kochi Prefecture during the Nankai Trough megathrust earthquake and tsunami

*山下 啓[1]、菅原 大助[2]、門廻 充侍[1]、有川 太郎[3]、高橋 智幸[4]、今村 文彦[1]
*Kei Yamashita[1], Daisuke Sugawara[2], Shuji Seto[1], Taro Arikawa[3], Tomoyuki Takahashi[4], Fumihiko Imamura[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. ふじのくに地球環境史ミュージアム、3. 中央大学理工学部、4. 関西大学社会安全学部
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 3. Faculty of Science and Engineering , Chuo University, 4. Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai University

序　論

大津波の強い流れは地盤を削り地形を変化させる．流れ場は地形の影響を受けるため，浸水高や浸水範囲等の津波ハザードも変化し得ることが指摘されている（近藤ら, 2012; Sugawaraら, 2014; Tehraniradら, 2015; Yamashitaら, 2016; Sugawara, 2017; 山下ら, 2018）．また，土砂等を巻き込んだ津波は破壊力を増して人的・物的被害を拡大させるだけではなく（松冨・川島, 2015），津波肺の原因にもなり得る（井上ら, 2013）．大量の土砂が流出した海浜は自然回復が困難な場合もあり（有働・武田, 2016），このように地盤高が低下した沿岸部は災害に対して脆弱になる恐れもある．更に，陸海域の堆積土砂は救出・救援や復旧・復興を遅らせ，更には環境上の問題も併発する（駒井ら, 2012; 土屋ら, 2012）．

内閣府は2012年，東日本大震災の教訓を基に南海トラフ巨大地震による津波被害想定を見直した．しかしながら，新たな被害想定には土砂移動の影響は殆ど考慮されていない．脆弱性の見落としを回避するためにも土砂移動・地形変化を踏まえた津波影響を見積もる必要がある．そこで，南海トラフ巨大地震による津波（内閣府想定のケース4）を対象に，津波リスクが最も高い高知県における潜在的な土砂移動の影響を把握することを目的として，高知県室戸市羽根岬～高知県高岡郡久礼湾を含む東西約85 kmにわたる土佐湾広域の津波土砂移動シミュレーションを行なった．

数値解析手法

使用した数値モデルは，掃流砂層と浮遊砂層が分離された津波土砂移動モデルであり（高橋ら, 1999），粒径依存パラメタを持つ流砂量式（高橋ら, 2011）に基づき土砂移動が解析される．また，本計算コードには可変型の飽和浮遊砂濃度式（菅原ら, 2014; 山下ら, 2018）やMPI並列（山下ら, 2015）が実装されており，高精度・高効率に解析を行なえる．内閣府から提供される地形データを結合した広域データを使用して，土砂移動モデルを 10 m メッシュ地形に適用した．内閣府による標高50m未満のマニング粗度係数 n の10mメッシュデータに基づき， $n = 0.025$（海域や砂浜・荒地）と $n = 0.030$（樹林帯）の領域を侵食面として，それ以外を非侵食面に設定した．堤防は地盤メッシュとして与えて津波土砂移動により流出し得る条件とした．また，土佐湾沿岸部では底質が不明な地域も多く存在し，地形変化にも不確実性が生じることが考えられるため，$d_{50} = 0.127$ mm，$d_{50} = 0.267$ mm および $d_{50} = 0.394$ mm の，計3パターンの中央粒径d_{50}を想定

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

して解析を行なった．

結果と議論

一級河川（仁淀川・物部川）や二級河川（新荘川・安芸川・伊尾木川・奈半利川）の河口部では想定した d_{50} = 0.127, 0.267 および 0.394 mm の砂地盤を 10 m 以上も侵食する程の強い流れが生じ，引き波によって比較的深い水域（水深15m～30m：高知海岸の移動限界水深は17mである．）にまで土砂が流出する可能性が示された．また，一級河川の背後地域には大量の土砂が堆積する可能性もあり，特に，浸水範囲が比較的狭い仁淀川周辺地域では平均 1 m 程度の土砂が浸水域内に堆積する恐れもある．但し，高知県防災マップによると仁淀川周辺において古津波による堆積物が見つかっているものの本計算のような非常に厚い津波堆積物は見つかっていない．歴史記録と本シミュレーション結果との違いの原因を調べることは今後の課題である．なお，東日本大震災による陸上堆積土砂の平均厚さに基づき，内閣府の想定では 4～5 cm の堆積土砂が想定されている．本計算による浸水域内の陸上堆積物の平均厚さは，d_{50} = 0.127，0.267および0.394 mm の場合にそれぞれ，11.3cm，7.5cm及び4.2cmである．

河口部と同様に港湾部でも顕著な地形変化が生じ得る．須崎湾では湾口と湾奥部で大きな侵食が見られ，須崎市内の広範囲に大量の土砂が堆積する恐れがある．しかし，須崎市池の内一帯のシミュレーション結果では，堆積土砂が殆ど認められなかった．須崎市池の内「ただす池」では，歴史津波による津波堆積物が多数見つかっている（岡村・松岡, 2012）．この歴史記録と本計算の不整合は，想定波源の影響よりはむしろ近年の海岸構造物や土地利用の変化に原因があるものと考える．他方，宇佐湾および浦戸湾の湾口部でも大きな侵食が見られ，侵食土砂が湾口周辺の陸上へと打ち上げられるが，侵食土砂の多くは湾口の外洋側および湾奥側の海底へ堆積する傾向にある．

以上の地形変化は地域的な特徴を保持しつつ，底質粒径が細かいほど大きくなる傾向にある．そして，侵食域の後背地では，最小粒径の場合に最大 2 m 程，最大粒径の場合でも最大 1 m 程，浸水高が増加する．一方，例えば土佐湾北東部の芸西村周辺では浸水高が小さくなる可能性が示された．この地域における内閣府想定ケース4の津波による最大波は第二波目以降に現われる．土佐湾沿岸の地形変化が芸西村への反射波やエッジ波に影響を及ぼしたことが要因の一つとして考えられ，広域での土砂移動計算を行なう必要性が示唆された．

結　論

以上のように，高知県における潜在的な土砂移動影響は土佐湾全域に及び無視できない程大きく，底質情報によっても大きくばらつくことがわかった．従って，今後，より詳細な底質情報に基づき確度の高い影響評価を行なうことが求められるとともに，各地域における土砂移動特性に応じた対策を議論することが肝要であると思われる．

キーワード：津波土砂移動、南海トラフ巨大地震による津波、高知県、数値シミュレーション
Keywords: tsunami-induced sediment transport, Nankai Trough earthquake and tsunami, Kochi Prefecture, Numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

慶長九年十二月十六日(1605 II 3)地震の東海・四国・九州地方の津波被害
Tsunami damage of the Keicho Earthquake of February 3rd, 1605 on the coasts of Tokai, Shikoku, and Kyushu Districts

*都司 嘉宣[1]、今井 健太郎[2]、蛯名 裕一[3]、岩瀬 浩之[4]、大林 涼子[2]
*Yoshinobu Tsuji[1], Kentaro Imai[2], Yuuichi Ebina[3], Hiroyuki Iwase[4], Ryoko Oobayashi[2]

1. 四万十市、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東北大学災害科学国際研究所、4. 株式会社エコー
1. Shimanto City, 2. JAMSTEC, 3. IRIDeS, 4. Ecoh co. LTD

慶長九年十二月十六日の夜に、日本列島の南方海域に発生した地震による津波の浸水高さを、古記録に記載された東海、四国、九州地方の15地点について現地を訪れ、GPSによる標高測量によって地盤高を測定し、津波浸水、あるいは遡上高さを推定した。房総半島における調査はすでに筆者らが報告した（都司ら2018）。

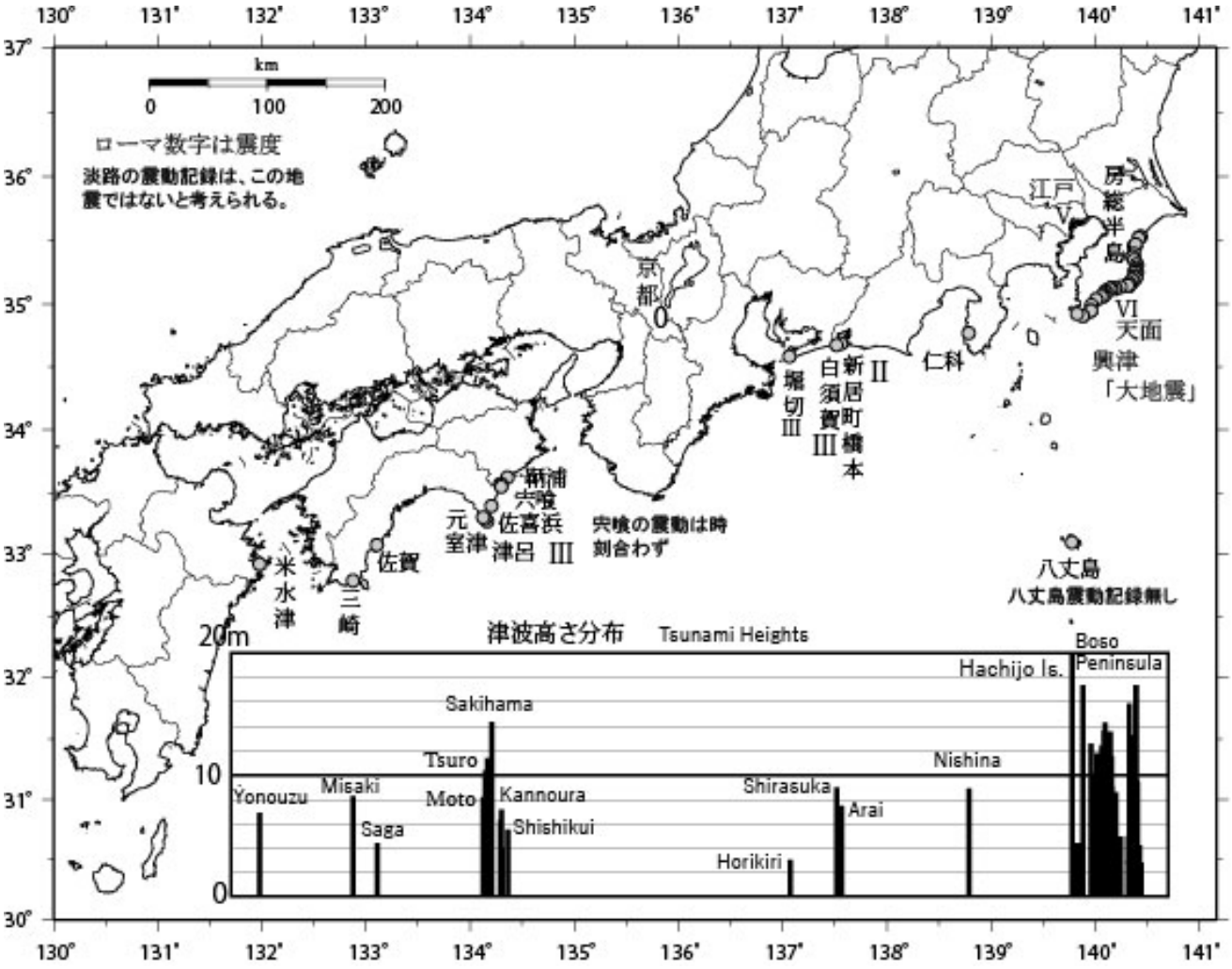
１．静岡県西伊豆町仁科では『佐波神社上梁文』を引用した『増訂豆州志稿』に「仁科郷海溢レテ陸地ヲ浸ス事凡十二三町」の記載から、仁科川の河口から1.4kmの寺川集落付近の畑地の標高を測定してTP8.9mを得た。この数値をここでの遡上高さとする。２．静岡県湖西市新居町橋本では、『当代記』に「橋本ニ家百間程有所ニ八十間計潮引テ行」とあり、橋本での標高4.5mに家屋流失率80%に相当する地上冠水2.7mを加えた（今井ら、2016)8.2mをここでの浸水高さとする。３．静岡県湖西市白須賀では『羅山先生文集』に「去歳地震、水漲湯々、溺人家、殺牛馬」の記載がある。白須賀宿元町市街地の最下点の標高6.9mに、半数程度の家屋流失があったとすれば地上冠水2.5mほどでであったとしてここでの浸水高さは9.4mとなる。４．愛知県田原市堀切では『常光寺年代記』に「ナイシツツ打波浜之船皆打破也アミナカス」と記され、３ｍ程度の津波と推定される。５．高知県室戸市佐喜浜では談義所の僧・阿闍梨暁印の『置文写』に「潮入所ハ談義所之履脱迄，（中略）八幡宮の御権前高欄迄」と記録している．この「談義所」は現在の大日寺の本堂である．GPS測量で本堂前の参道の標高13.9mを得た．「靴脱石」上面はこれより0.6ｍ上方にあると推定して，浸水高14.4mを得た．６．高知県室戸市津呂については、『置文写』に，「隣在所を聞くに，西寺東寺の麓の浦分にも男女四百人余死す」と記されている．この文に言う「東寺」は室戸岬背後の丘陵上の四国24番最御崎寺（ほつみさきじ）を指す．その麓の浦分とは室戸市津呂を指す（『高知県の地名』，平凡社,1983）．GPS測量で津呂の市街地標高8.4mを得たが，地上冠水3.0mとして，浸水高を11.4mとする．７．浮津。「西寺（26番金剛頂寺）の麓の浦分」とは浮津のことである．市街地標高は7.4mと測定され，地上冠水を3.0mとして津波浸水高は10.4mと推定される．８． 室戸市元。　宝永地震津波(1707)の土佐藩の記録『谷陵記』に，「慶長九年潮ヨリ六尺卑（ひく）シト云フ」と記されている．都司ら(2013)によると，宝永津波の元での浸水高は6.4mであるから，慶長津波の元での津波浸水高は8.2mと推定する．9. 高知県黒潮町佐賀では、当時崎浜にあった坂本家では長曾我部元親の文書が流失し、母を背負って城山に避難したと記録されており、地面標高3.2m, 家屋流失が想定していたされることから浸水高は6.2mと推定される。10.　土佐清水市三崎では津波によって153人が死亡した（『蒼屋雑記』）が、中心十字路の標高5.1mから浸水高8.1mと推定された。11．大分県佐伯市米水津では『米水津組浦代浦・成松庄屋文書』に宝永地震津波(1707)について，「浦白は養福寺までも汐差込，（中略）石壇二ツ計残り申候．（中略）浦白ニテ拾八人死ス（中略）」と記した後に，「其往古百年以前もケ様成汐満申候事，年寄たる人皆咄ニ承候間，能々心の用心可有候」と記されて居る．100年前にもこのようなことがあったと，年寄りたちは話している，というのである．これは慶長九年の津波のことに間違いあるまい．浸水高さ6.9mと推定された。以上の「浸水高」の推定値は最小値である。以上の成果を図に示す。

本研究は H25-32年度文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（研究代表者：海洋研究開発機構 金田義行）の一環として行われました．ここに記して謝意を表します。

キーワード：慶長九年地震津波、歴史地震、歴史津波

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the tsunami of the 1605 Keicho earthquake, historical earthquake, historical tsunami



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1854年安政東海地震の津波高分布に関する再検討
Re-examination of tsunami heights distribution during the 1854 Ansei Tokai Earthquake

*今井 健太郎[1]、蝦名 裕一[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]、堀 高峰[1]、高橋 成実[1,5]、古村 孝志[6]
*Kentaro Imai[1], ebina yuichi[2], Yoshinobu Tsuji[3], Hiroyuki Iwase[4], Takane Hori[1], Narumi Takahashi[1,5], Takashi Furumura[6]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 四万十市、4. 株式会社エコー、5. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、6. 東京大学地震研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. International Research Institute of Disaster Science, 3. Shimanto City, 4. ECOH CORPORATION, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 6. Earthquake Research Institute The University of Tokyo

南海トラフ巨大地震の周期性として、従来、一定のプレート運動速度に基づき，固有の地震断層面毎の再来発生間隔が受け入れられてきた．そして、昭和東南海地震が安政東海地震の震源域の一部で発生したと考えられてきた。一方，瀬野（2012）は，安政東海地震と昭和東南海地震の強震動生成領域が相補的であった可能性を指摘し、昭和東南海地震が安政東海地震の一部で起きたという従来の考えに疑問を呈している．津波波源域についても同様の観点から再解釈が必要である．そこで本研究では，安政東海地震の震源域に近い紀伊半島から伊豆半島に至る太平洋沿岸において，安政東海地震の津波に関する史料の再精査を行った．さらに，当該地震による津波高分布の特徴を明らかにするために史料に基づく津波痕跡高さの現地調査を行った．

史料精査の対象とした地震資料集として，『増訂大日本地震史料』，『新収日本地震史料』，『日本の歴史地震史料』などに掲載されている1854年安政東海地震および南海地震に関する史料を抽出した．これらにある801点の史料から，既往研究に未使用な新出史料について確認作業を行った．選別された史料の精査を行い，これらに基づいて津波痕跡調査を行い，その痕跡高をGNSSとレーザー距離計により評価した．津波痕跡分布の全体像を把握するために，既往研究（羽鳥，1977；都司・他，1991，行谷・都司，2005；都司・他，2013；都司・齋藤，2014；今井・他，2017）によるデータも一部利用した．

史料精査から明らかになった安政東海地震津波の津波痕跡高さ分布（図1）には2つのピークがあり，志摩半島東端の国崎で22 mに達していた．もう一つのピークは，伊豆半島南東の入間で，津波痕跡高さが15mを超えていた．これらの情報は安政東海地震の津波源を再検討するための非常に重要な手がかりとなる．そして，２つのピークを説明する安政東海地震の波源モデルとして局所的な大すべり域の存在が示唆される．本発表では，このような津波高分布を説明する波源について議論するとともに，安政東海地震と昭和東南海地震の関係性について再検討する．

謝辞：H25-32年度文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（研究代表者：海洋研究開発機構　金田義行）の成果の一部です．ここに記して感謝の意を表します．

キーワード：南海トラフ巨大地震、1854年安政東海地震、津波痕跡高
Keywords: The great Nankai Trough earthquak, the 1854 Ansei Tokai Earthquake, tsunami trace heights distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院)、荒岡 大輔

鉱床は地球表層において有用元素・有用鉱物が濃集したものであり、マグマ活動、熱水活動、変成作用、風化作用などの地球のダイナミクスにより生み出される。また鉱床の形成は地球史における環境変動や生物の進化とも密接に関わっており、鉱床形成プロセスの解明には地質学、岩石学、地球化学、鉱物学、微生物学など地球科学の幅広い分野を融合した研究が必要である。このような資源地質学の分野は、効率的な資源探査・開発のみならず、資源開発に伴って引き起こされうる有害元素を理解・評価するためにも不可欠である。本セッションでは、このような地球表層における元素の移動や濃集に関わる研究について、野外調査・観測、室内実験、理論計算、分析手法の開発など様々な視点での発表を募集する。

10:45 ~ 11:15

[HRE16-01] クロムの濃集における水の役割

★招待講演

*荒井 章司[1] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系)

11:15 ~ 11:30

[HRE16-02] 伊豆小笠原弧海域に位置する明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘におけるチムニー鉱石の鉱物学的特徴

川口 真治[1]、*米津 幸太郎[1]、Thomas Tindell[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、大友 陽子[4]、渡邊 公一郎[1] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター　、4.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[HRE16-03] Organic matters and acid-sulfate alteration in Itomuka Mine, Hokkaido, Japan: implications for the transportation and deposition mechanisms of mercury

*越後 拓也[1]、木股 三善[2]、清水 雅浩[2] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科、2.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

11:45 ~ 12:00

[HRE16-04] **Significances of 12 Ma manganese ores in the Hokuroku district, Akita: unique Mn accumulation and interaction with organic matter during submarine hydrothermal activities**

*塚本 雄也[1]、掛川 武[1] (1.東北大学理学研究科地学専攻)

12:00 ~ 12:15

[HRE16-05] Microbial communities around ca. 2.7 Ga submarine hydrothermal fields at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada

*大里 武[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学)

クロムの濃集における水の役割
The role of water in the concentration of Cr

*荒井 章司[1]
*Shoji Arai[1]

1. 金沢大学理工研究域自然システム学系
1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University

The role of water in the formation of chromitites, which have been designated as a typical orthomagmatic ores, has been long controversial. Johan et al. (1983, 2017), for example, concluded that chromites are precipitated from water-rich fluids at relatively low temperatures (< 1000 ºC) to form podiform chromitites in the mantle. Those arguments are mainly based on two observations; (1) podiform chromitites and surrounding peridotites have been preferentially hydrated, which may mean the initial water enrichment, and (2) chromite grains contain fluid and hydrous mineral inclusions of apparently primary origin. I criticize the related interpretations based on those observations. The selective hydration in and around chromitite pods is due to the Mg-rich character of olivines, which has been obtained during a subsolidus cooling stage (Arai, 1978), and does not definitely show the involvement of water-rich fluid in chromitite formation. The origin of the chromite-hosted hydrous mineral inclusions has not been left unclear. Many authors a priori interpreted the inclusions as being representative of the trapped melts or fluids that precipitated the host chromites. This is, however, highly questionable. The inclusions are most probably formed during a stage of peridotite-melt reaction within a complicated igneous stage of podiform chromitite generation in the mantle. Hydrothermal fluids can transport Cr and precipitate chromite, but may not form most of the podifrom chromitites.

キーワード：クロム、クロミタイト、水
Keywords: Chromium, Chromitite, Water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊豆小笠原弧海域に位置する明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘におけるチムニー鉱石の鉱物学的特徴
Mineralogical Features of Silver-Bearing Minerals in Chimney Ore from Myojinsho Caldera, Myojin Knoll and Bayonnaise Knoll Seafloor Hydrothermal Area, Izu-Bonin Arc

川口 真治[1]、*米津 幸太郎[1]、Thomas Tindell[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、大友 陽子[4]、渡邊 公一郎[1]
Shinji Kawaguchi[1], *Kotaro Yonezu[1], Thomas Tindell[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Tatsuo Nozaki[3], Yoko Ohtomo[4], Koichiro Watanabe[1]

1. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター　、4. 北海道大学大学院工学研究院
1. Deaprtment of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Research and Development Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Faculty of Engineering, Hokkaido University

海底熱水鉱床は、Cu-Pb-Zn（±Au±Ag）を主要構成金属とする火山性塊状硫化物鉱床の一つである。近年の海底探査によって、日本周辺の排他的経済水域にて海底金属鉱物資源の新たな発見が相次いでいる。例えば、伊豆小笠原弧周辺海域に存在する明神礁カルデラと明神海丘の熱水域海底探査を目的としたNT13-09航海や、ベヨネース海丘の熱水域海底探査を目的としたNT14-06航海などが実施された。ベヨネース海丘を有する白嶺鉱床にて採取されたチムニー鉱石は海底熱水鉱床の中でも高品位を有していることが知られている（Au; 24.1 ppm、Ag; 1275 ppm、Cu; 1.14wt. %、Pb; 5.57wt. %、Zn; 35.03wt. %）（Tanahashi et. al, 2004）。加えて上述の論文にて、チムニー鉱石は多孔質かつ同心円構造で表面から、黒色マンガン酸化物コーティング層、白色の重晶石層、閃亜鉛鉱と方鉛鉱主体の硫化鉱物層からなると示されている。しかし、現在活動中の海底熱水鉱床のチムニー鉱石を成長軸に沿って詳細に議論している論文は限定的である。（e.g. Watanabe & Hayashi, 2014）。そこで本研究の目的は、伊豆小笠原弧海域のチムニー鉱石に含まれる鉱物学的特徴、特に銀鉱物の形成とチムニー鉱石の沈殿環境を明らかにすることとし、明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘から採取されたチムニー鉱石（NT13-09およびNT14-06）を本研究には使用した。

これらのチムニー鉱石は非常に良く似た鉱物学的特徴を有していた。チムニー鉱石試料は円筒状の形状を示し、外側から内側に向かう成長軸に沿って、主に硫酸塩である重晶石で構成されるG1、主に重晶石と海底熱水鉱床の主要硫化鉱物である閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・方鉛鉱で構成されるG2、主に主要硫化鉱物で構成されるG3で構成されていた。G1からG3にかけての鉱物学的特徴は黒鉱鉱床でも確認される(Shimazaki & Horikoshi, 1990)。EPMA分析により、重晶石は主にG1、G2に認められ、特異的にG3の多孔質部の空隙を埋めるようにも見られた。先行研究では、初期沈殿の重晶石の形成温度は190-215℃、二次沈殿の重晶石の形成温度は150-190℃(Iizasa, 1997)とされており、熱水と海水の混合によって形成されるチムニー鉱石の成長過程は次のように説明できる。初期鉱化作用；大量の海水と海底面の熱水噴気孔から噴出される熱水の混合によって重晶石の壁（G1）が形成される。次に、G1によって海水と熱水の混合比が規制され、熱水の割合が比較的高くなることで主要硫化鉱物と重晶石を含む多孔質のG2が形成される。その後、熱水の寄与がより大きくなることによって、主要硫化鉱物からなるG3が形成される。二次鉱化作用；活発な熱水活動が停止した後、多孔質のチムニー鉱石の空隙に重晶石が大量の海水と熱水によって沈殿した（G3）。EPMAと顕微鏡の観察結果から、伊豆小笠原弧周辺海域で採取されたチムニー鉱石の銀鉱物はG2とG3にて、1-20μmの安四面銅鉱-砒四面銅鉱（Ave(wt.%): Ag; 2.90, Cu; 11.06, Zn; 7.03, Pb; 46.58, Sb; 3.97, As; 3.00 and S; 10.91）として閃亜鉛鉱と方鉛鉱と共存して観察された。併せて、伊豆小笠原弧海域と黒鉱鉱床のAg vs. Sb/(Sb+As)プロットによると、伊豆小笠原弧のチムニー鉱石を形成した熱水は黒鉱鉱床の熱水よりも、銀に富む熱水であることがわかった。また、特異的にベヨネース海丘のチムニー鉱石からは、銀を多く含む1-10μmの古遠部鉱（Ave(wt.%): Ag; 52.90, Cu; 9.55 , Pb; 37.54 and S; 13.84）がG1とG2の間の境界のG2側で方鉛鉱と共に観

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

察された。よって、上述の初期鉱化作用と二次鉱化作用に対応する銀の鉱化作用は次のように説明できる。まず、初期鉱化作用として、主要硫化鉱物の鉱化作用により、多孔質なチムニー鉱石が形成される。その後、活発な熱水活動の停止が引き金となり、大量の海水と少量の熱水の混合による温度の低下が引き起こると、初期鉱化作用では方鉛鉱中に存在していた銀が$2Pb^{2+}=Ag^{+}+Sb^{3+}$の化学平衡式に沿って(Karup-Moller, 1971 and Foord, 1989)、平衡が右に移動する。そして、G2とG3に安四面銅鉱一砒四面銅鉱として沈殿する(Zeng and Izawa, 2000)。次に熱水活動が完全に停止すると、さらに冷却が進み、安四面銅鉱一砒四面銅鉱は古遠部鉱として沈殿する。

キーワード：海底熱水鉱床、チムニー鉱石、伊豆小笠原弧
Keywords: Submarine hydrothermal ore deposit, Chimney ore, Izu-Bonin arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Organic matters and acid-sulfate alteration in Itomuka Mine, Hokkaido, Japan: implications for the transportation and deposition mechanisms of mercury

*越後 拓也[1]、木股 三善[2]、清水 雅浩[2]
*Takuya Echigo[1], Mitsuyoshi Kimata[2], Masahiro Shimizu[2]

1. 秋田大学大学院国際資源学研究科、2. 筑波大学大学院生命環境科学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

We investigated the ore and hydrothermal alteration minerals and solid organic matters from Itomuka mercury mine which is located in the eastern part of central Hokkaido to examine the transportation and deposition mechanisms of mercury. In addition to the ore minerals, native mercury and cinnabar, powder X-ray diffraction (XRD) analysis showed that the mercury ore consist of quartz, marcasite, alunite, kaolinite and minor amounts of pyrite and smectite. This mineral assemblage suggests that mercury deposition occurred with the advanced argillic alteration under low temperature and low pH condition. Two types of solid organic matter were recognized in quartz vein by yellow-green fluorescence under the ultraviolet radiation: (1) film-shaped organic matter occurring on the surface of quartz vein and (2) globule-shaped organic matter filling pores of quartz vein. Both of these organic matters occur with mercury minerals, cinnabar, native mercury and calomel (Hg_2Cl_2). These organic matters were analyzed with SEM-EDS, micro-X-ray diffraction and micro-FTIR. SEM-EDS analysis showed that film-shaped organic matter is closely associated with mercury and silica minerals though globule-shaped organic matter is not associated with such minerals. Micro-FTIR spectra of both organic matters are similar and suggested that these contain aromatic rings, carboxyl group (-COOH) and adamantine ($C_{16}H_{10}$). Micro-XRD showed that film-shaped organic matter consists quartz, opal- and adamantine crystals and globule-shaped organic matter consists of quartz and amorphous organic matter, respectively. The occurrence of these organic matters suggests that hydrothermal fluid which transported mercury was highly reduced. Because the solubility of Hg in acidic fluid is low, neutral to alkaline fluid seems to have leached mercury from the basement sedimentary rocks of Hidaka formation. The mercury-bearing fluid ascended along the faults in Itomuka formation and oxidized at near the surface. Reduced sulfur (HS^-) in the fluid oxidized into sulfate (SO_4^{2-}) and reduced pH, which resulted in mercury deposition and advanced argillic alteration. Probably, rapid oxidation of ore-forming fluid promoted the precipitation of marcasite, a metastable phase of iron sulfide. The dominance of native mercury over cinnabar indicates that mercury was transported by biphase (liquid+vapor) hydrothermal fluid.

キーワード：水銀、有機物、酸性熱水変質
Keywords: Mercury, Organic matter, Advanced argillic alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Significances of 12 Ma manganese ores in the Hokuroku district, Akita: unique Mn accumulation and interaction with organic matter during submarine hydrothermal activities

*塚本 雄也[1]、掛川 武[1]
*Yuya Tsukamoto[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学理学研究科地学専攻
1. Tohoku Univ.

Various Mn ores are found in the Hokuroku district in Akita through the course of the present study. Stratified and veined Mn ores, which lengths are up to 10 cm, are formed during volcanic recession periods (less than 1 Ma) with associated with carbonaceous sediments and local hydrothermal systems. Such short-term precipitation of “pure” Mn ores is unusual, compared to normal Fe-Mn nodules or crusts. In order to understand detailed mechanisms, in particular, role of organic matter, of Mn ore formations, we performed standard mineralogical characterization, magnetic field analyses and oxygen isotope analyses on Mn ores. The first type of Mn ores appear on mudstone and veins in hydrothermally altered hyaloclastite of rhyolite lavas. Detailed geological and geochemical studies revealed that local submarine hydrothermal processes mobilized Mn and Fe in host rocks, Fe-oxides were precipitated first and then discharged Mn were precipitated as oxides (rhodonite and todorokite) on mudstone. $\delta^{18}O_{SMOW}$ value of Mn oxide is + 7.7‰ showing the precipitation temperature less than 112 C. Mn carbonate (rhodochlosite and kutnohorite) also appears in the same region. $\delta^{13}C_{PDB}$values of Mn carbonate were -21‰ (PDB), suggesting interaction with organic matters during intrusive activities of later rhyolite. The second type of Mn ores appear as veins in rhyolitic tuff or stratified lenticular forms with mud/tuffs. Ca. 30 μm colloform structures consisted of organic matter and Mn oxides can be observed. Major Mn mineral in these second type is todorokite. $\delta^{18}O_{SMOW}$value of second types of Mn ores is + 8.5‰ indicating low temperature precipitation of Mn oxides less than 101 C. Magnetic field was detected on Mn oxides in colloform structure by magnetic field microscopy (MFM). Such magnetic fields indicate high cation vacancies and abundance of Mn^{4+}, which are common in biogenic Mn oxides. Formational processes of both Mn ores provide new insight of the unique formational process of Mn ores, especially geological separation from $Fe^{2+}$and interaction with organic matter, in hydrothermal systems at the subseafloor on felsic volcanic setting. Further, this study indicates that low temperature (<100 C) hydrothermal activities can form the Mn ores with high precipitation rates.

キーワード：マンガン、北鹿地域、海底熱水系
Keywords: Manganese, Hokuroku district, Hydrothermal system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microbial communities around ca. 2.7 Ga submarine hydrothermal fields at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada

*大里 武[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1]
*Takeru Osato[1], Akizumi Ishida[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

The Archean submarine hydrothermal environment is often considered as a cradle of early life. Large uncertainties still exist as to which microorganisms were active around Archean submarine hydrothermal systems and if hydrothermal communities could be the primary producers for the global biosphere. To approach this problem, we studied ca. 2.7 Ga volcanogenic massive sulfides (VMSs) and associated sedimentary rocks at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada. Purposes of the present study are (1) to evaluate which type of microorganisms were active in 2.7 Ga submarine hydrothermal environments, and (2) to find new biosignature in nanoscale analysis of organic matter (OM).
VMS ores were mainly composed of chalcopyrite, sphalerite, pyrrhotite and pyrite, mostly showing layered and sorting textures. They often contained brecciated shale or actinolite or chlorite. Chert and sandstone appeared in the distal area from the VMSs. Most examined VMSs did not have OM, but some samples had up to 0.5 wt.% of carbon concentration. Those OM were found together with actinolite or chlorite or shale fragments trapped in VMSs. Carbon concentration in sedimentary rocks were moderate in general, ranging from 0.0 to 0.9 wt.%C. The thermal alteration temperature was estimated as below 300 ˚C based on the full widths of half maximum of the D1 band in the Raman spectra of kerogen, indicating that less altered features. Overall carbon isotope compositions of kerogen were ranging from -44.6 to -23.6 ‰ (PDB). These values suggest that the presence of contrast microbial ecosystems at this region, utilizing either hydrothermal CH_4 or atmospheric CO_2. Transmitted electron microscope analysis revealed that examined kerogen were mainly composed of immature OM with minor graphene layers. Novel nanostructures of Mo-sulfides stacked with graphene or Fe-sulfides were newly found in immature kerogen structures.These nano-sulfides associated with kerogen may suggest incorporation of biological sulfides in OM during the early diagenesis, possibly giving new evidence of sulfur metabolisms for the early life.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:野崎 達生(海洋研究開発機構)、高橋 亮平(秋田大学国際資源学部)

鉱床は地球表層において有用元素・有用鉱物が濃集したものであり、マグマ活動、熱水活動、変成作用、風化作用などの地球のダイナミクスにより生み出される。また鉱床の形成は地球史における環境変動や生物の進化とも密接に関わっており、鉱床形成プロセスの解明には地質学、岩石学、地球化学、鉱物学、微生物学など地球科学の幅広い分野を融合した研究が必要である。このような資源地質学の分野は、効率的な資源探査・開発のみならず、資源開発に伴って引き起こされうる有害元素を理解・評価するためにも不可欠である。本セッションでは、このような地球表層における元素の移動や濃集に関わる研究について、野外調査・観測、室内実験、理論計算、分析手法の開発など様々な視点での発表を募集する。

13:45 ~ 14:15

[HRE16-06] 微小加工法および高分解能電顕法の先鋭化と資源地質学への応用可能性

★招待講演

*富岡 尚敬[1]、甕 聡子[1]、兒玉 優[2]、伊藤 元雄[1] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.マリーン・ワーク・ジャパン)

14:15 ~ 14:30

[HRE16-07] 中国イオン吸着型鉱床における希土類元素についての微視的研究

*向井 広樹[1]、昆 慶明[1]、実松 健造[1]、高橋 嘉夫[2]、伊藤 元雄[3] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

14:30 ~ 14:45

[HRE16-08] Geochemical features of “invisible gold” in pyrites from the Akeshi and Kasuga deposits, Kagoshima, Japan

*石田 美月[1]、Rurik Romeo[2,3]、Mathieu Leisen[2,3]、鳥本 淳司[4]、野崎 達生[4,5,6,7]、安川 和孝[1,6]、藤永 公一郎[6,1]、中村 謙太郎[1]、Martin Reich[2,3]、加藤 泰浩[1,6,5] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.チリ大学数物科学研究科地質学専攻卓越アンデス地熱センター、3.チリ大学数物科学研究科沈み込み帯における物質循環解明ミレニアム基点、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構、5.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、6.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、7.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

14:45 ~ 15:00

[HRE16-09] Hydrothermal Mineral Assemblage of the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines

*Avriel Venis Literal Cirineo[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Noel C. Oliveros[3]、Redempta P. Baluda[3]、Victor B. Maglambayan[3]、Roy Ronald C. Luis[3]、Maria Lourdes M. Faustino[3] (1.Graduate School of International Resource Sciences, Akita University、2.Faculty of Engineering, Kyushu University、3.Philex Mining Corporation)

15:00 ~ 15:15

[HRE16-10] 風化型希土類鉱床の特徴と成因

★招待講演

*実松 健造[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　鉱物資源研究グループ)

微小加工法および高分解能電顕法の先鋭化と資源地質学への応用可能性
Development of nano-fabrication and high-resolution electron microscopy techniques: their possible applications to resource geology

*富岡 尚敬[1]、甕 聡子[1]、兒玉 優[2]、伊藤 元雄[1]
*Naotaka Tomioka[1], Satoko Motai[1], Yu Kodama[2], Motoo Ito[1]

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. マリーン・ワーク・ジャパン
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Marine Works Japan

In order to explore accessible and profitable natural resources, scientific elucidation of their origin and evolution are an essential issue. The natural resources often have fine-grained textures and minute mineral/fluid inclusions in the host minerals. Therefore, microanalysis is required to clarify their mineralogical and geochemical characteristics in detail. Focused-ion beam (FIB) microfabrication and transmission electron microscopy (TEM) are potentially effective techniques for this purpose. FIB allows to precisely extract portions of interest in sub-micron scale from various types of samples. Using TEM, microtextural, chemical, and crystallographic information can be obtained in nano-scale spatial resolution from ultrathin-film (100–200 nm) samples. With taking these technical advantages, state-of-the-art FIB and TEM at JAMSTEC KOCHI have been applied to a variety of geosciences including clay mineralogy [1], biomineralization [2], mantle rheology [3], and meteoritics [4].

One of uniqueness of the FIB/TEM laboratory at KOCHI is a combined FIB-FESEM instrument equipped with an energy dispersive spectrometer (EDS) and a cryo-holder system [5]. We are currently developing a FIB-fabrication scheme of fluid inclusions in minerals such as olivine and halite, so that those fluids are exposed in frozen state for their in-situ chemical analysis including X-ray elemental mapping using EDS [6]. 3D tomography by micro X-ray CT is effective to visualize distribution of fluid inclusions especially in nontransparent minerals prior to nanofabrication and analysis by the FIB-FESEM system.

The nanoscale occurrence of fluid (as voids) and mineral inclusions can be further characterized by high-resolution TEM. This technique would be useful for mineralogical analysis of fine-grained resource materials such as deep-sea mud containing abundant rare-earth elements [7] and manganese deposits. As a typical example, we have mineralogically characterized several-micron-sized Mn-rich microparticles recently discovered in seafloor sediments, and found vernadite-like mineral therein based on their electron diffraction patterns and elemental mappings [8]. We are further developing the linkage fabrication/analysis scheme to extend toward more comprehensive sample analysis including trace elemental and isotopic analyses using NanoSIMS [9]. These microanalysis techniques would play a key role for our better understanding of environments for the formation of resource materials.

References: [1] Ijiri et al. (2018) *Front. Earth. Sci.*,doi.org/10.3389/feart.2018.00036. [2] Shiraishi et al. (2017) *Sci. Rep.*, 7, 11805. [3] Yamamoto et al. (2017) *Phys. Chem. Minerals.*, 44, 247. [4] Tomioka & Okuchi (2017)*Sci. Rep.*, 17351. [5] Kodama et al. (2019) (submitted) [6] Kodama et al. (2019) *JpGU* [7] Takaya et al. (2018) *Sci. Rep.*, 8, 5763. [8] Uramoto et al. (2019)*Nature Comm.*(in press)[9] Ito et al. (2017) *LPSC*, XLVIII, #1776.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：微小領域分析、透過電子顕微鏡、集束イオンビーム装置
Keywords: microanalysis, Transmission electron microscopy, Focused ion beam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中国イオン吸着型鉱床における希土類元素についての微視的研究
Microscopic study on rare earth elements in ion-adsorption type ore of China

*向井 広樹[1]、昆 慶明[1]、実松 健造[1]、高橋 嘉夫[2]、伊藤 元雄[3]
*Hiroki Mukai[1], Yoshiaki Kon[1], Kenzo Sanematsu[1], Yoshio Takahashi[2], Motoo Ito[3]

1. 産業技術総合研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 海洋研究開発機構　高知コア研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Graduate School of Science, the University of Tokyo, 3. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC

At present, China constitutes more than 80 % of the rare earth elements (REE) production in the world. Among REE ores, ion-adsorption type ones existing mainly in southern China are a major supply source of heavy REE (HREE) which are especially valuable. The ion-adsorption type ore is formed under weathering of the underlying parent granite rocks. This ore typically contains more than 50 % of ion-exchangeable REE that can be extractable with electrolyte solution such as ammonium sulfate $(NH_4)_2SO_4$ solution. It has been estimated that permanent negative charge on clay minerals, such as kaolinite, leads to surface adsorption of REE in the ore. However, the direct observations or analyses for the individual minerals have been rarely conducted due to the relatively low concentrations of REE (<2000 ppm). In the present study, we analyzed weathered granite collected from an ion-adsorption ore in Dingnan County, Jiangxi Province, China on a submicroscopic scale by using various experimental apparatuses.
XRD measurements indicated that the weathered granite is mainly composed of quartz, K-feldspar and kaolinite. The results of SEM-EDS and LA-ICP-MS measurements showed that “kaolinitic particle” is abundant with REE compared to the other minerals. These results suggest that the kaolinitic particles are major reservoir of REE in the ore. The elemental mapping for a kaolinitic particle by LA-ICP-MS showed that each element is distributed heterogeneously in the particle. The SEM-EDS analyses also suggested that the kaolinitic particle is composed of several minerals. For further micro-analyses, cross sections were processed from the kaolinitic particles by FIB. XAFS study on the cross sections suggested that REE are basically hydrated in the particle. STEM-EDS analyses revealed that the kaolinitic particle contains illite and hematite in addition to kaolinite. Considering general weathering process, it can be assumed that K-feldspar was altered into illite and further into kaolinite during chemical weathering. Elemental mapping with high spatial resolution by NanoSIMS clarified that REE are distributed in kaolinite and illite.

キーワード：イオン吸着型希土類鉱床、レーザアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法、集束イオンビーム／透過型電子顕微鏡法、X線吸収微細構造解析法、超高空間分解能二次イオン質量分析法
Keywords: Ion-adsorption type rare earth ore, LA-ICP-MS, FIB-TEM, XAFS, NanoSIMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical features of “invisible gold” in pyrites from the Akeshi and Kasuga deposits, Kagoshima, Japan

*石田 美月[1]、Rurik Romeo[2,3]、Mathieu Leisen[2,3]、鳥本 淳司[4]、野崎 達生[4,5,6,7]、安川 和孝[1,6]、藤永 公一郎[6,1]、中村 謙太郎[1]、Martin Reich[2,3]、加藤 泰浩[1,6,5]
*Mizuki Ishida[1], Rurik Romeo[2,3], Mathieu Leisen[2,3], Junji Torimoto[4], Tatsuo Nozaki[4,5,6,7], Kazutaka Yasukawa[1,6], Koichiro Fujinaga[6,1], Kentaro Nakamura[1], Martin Reich[2,3], Yasuhiro Kato[1,6,5]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. チリ大学数物科学研究科地質学専攻卓越アンデス地熱センター、3. チリ大学数物科学研究科沈み込み帯における物質循環解明ミレニアム基点、4. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、5. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、6. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、7. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Department of Geology and Andean Geothermal Center of Excellence (CEGA), FCFM, 3. Millennium Nucleus for Metal Tracing Along Subduction, FCFM, Universidad de Chile, FCFM, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 5. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo, 6. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 7. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University

The occurrence of gold in ore is one of the most important information in gold deposit research. This information allows us to optimize beneficiation and smelting processes, as well as providing valuable insights into the mineralization mechanism, which can improve exploration strategies (e.g., [1]).

In hydrothermal gold deposits, gold is not always visible as native gold, electrum, caraverite (AuTe2) or other gold minerals. In many cases, it also exists as submicrometer-size inclusions and solid solution in other minerals, which is so-called “*invisible gold*” [2]. Pyrite is the most ubiquitous and well-known host mineral for this invisible gold, and its trace element geochemistry has been increasingly recognized as a useful tool to understand the mineralization processes (e.g., [3]).

In this study, we report the geochemical features of invisible gold in pyrites collected from the Akeshi and Kasuga deposits. These deposits, located in the southern part of the Kagoshima Prefecture, Japan, are currently under operation, and are classified as high-sulfidation gold deposits. In both Akeshi and Kasuga, gold minerals are only reported from high-grade ores, and other hosts of gold in lower-grade ores remain still uncertain [4]. Pyrite is the most common sulfide mineral in these deposits. Here, we report the results of EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) and LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) trace element analyses of pyrite, in order to determine their mineralization processes.

[1] Morishita et al. (2018) *Ore Geology Reviews*, **95**, 79-93.

[2] Cook and Chryssoulis (1990) *Canadian Mineralogist*, **28**, 1-16.

[3] Román et al. (2019) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **246**, 60-85.

[4] Nakamura et al. (1994) *Resource Geology*, **44**(3), 155-171.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：黄鉄鉱、微量元素、見えない金、高硫化型鉱床、南薩型
Keywords: Pyrite, Trace elements, Invisible gold, High-sulfidation deposit, Nansatsu-type

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydrothermal Mineral Assemblage of the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines

*Avriel Venis Literal Cirineo[1], Akira Imai[2], Ryohei Takahashi[1], Noel C. Oliveros[3], Redempta P. Baluda[3], Victor B. Maglambayan[3], Roy Ronald C. Luis[3], Maria Lourdes M. Faustino[3]

1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 2. Faculty of Engineering, Kyushu University, 3. Philex Mining Corporation

Overprinting relationship between intrusive rocks, diatreme-breccias and mineralized porphyry-type veinlets are documented in the Southwest prospect was recently discovered along the contact of the basement Pugo metavolcanics and conglomerates of the Zigzag formation, overlain by dacitic tuff termed as the Keratophyre (KTP). The prospect is located at the southwestern periphery of the Sto. Tomas II orebody, a 60-year old porphyry Cu-Au mine being operated by Philex Mining Corporation (PMC).
At least four intrusive rocks were recognized. In chronological order, they are the: (1) coarse-grained biotite quartz diorite (ODP –Old Diorite Porphyry), (2) fine-grained quartz diorite porphyry (EMD -Early Mineralization Diorite), (3) medium-grained porphyritic hornblende quartz diorite (LD –Late Diorite) and (4) hornblende andesite porphyry (DP –Diorite Porphyry). Meanwhile, at least five breccia facies were identified: (1) Phreatomagmatic Breccia facies 1 or PMBx1, (2) Phreatomagmatic facies 2a or PMBx2a, (3) Phreatomagmatic Breccia facies 2b or PMBx2b, (4) Early Mineralization Diorite Breccia or EMDBx and (5) Diorite Porphyry Breccia or DPBx. The PMBx facies are polymictic breccias with chaotic mixture of clasts set in a matrix composed of rock flour of earlier formed rocks and juvenile tuffaceous matrix. They are sub-vertical pipes that flare upwards and may represent diatreme breccias (Sillitoe, 1985, Baker et al., 1986, Lawless and White, 1990). On the other hand, EMDBx and DPBx are intrusion breccias that were formed during the emplacement of their intrusive equivalents (Sillitoe, 1985). Porphyry-type veinlets are observed overprinting ODP, EMD and PMBx1, while at the same time, quartz vein fragments are included in the latter. These veinlets are also commonly found along the contacts between LD and the PMBx1. PMBx2a and PMBx2b crosscut all the earlier intrusions and breccias. Spatial and temporal associations suggest syn-mineralization timing of the EMD, PMBx1 during porphyry-type quartz veining, while LD and some of the porphyry-type veinlets associated with the LD suggest a late-mineralization timing.
Intense potassic alteration is characterized by secondary biotite-quartz-magnetite-anhydrite-chalcopyrite-bornite. It is exhibited by EMD and andesitic clasts of Pugo Metavolcanics occurring as clasts in the diatreme breccias. It is also well-developed in the EMD at the deeper central portion of the prospect, in the matrix of the adjacent EMDBx and PMBx1. Secondary biotite is present as fine disseminations in the groundmass and as polygrain aggregates completely altering former ferromagnesian minerals, such as hornblende. It is often accompanied with quartz, anhydrite, magnetite and copper iron sulfides. Occasional K-feldspar, chlorite, illite and epidote are present in the assemblage. Associated sheeted quartz and granular quartz veinlets indicated a wide range of liquid-vapor homogenization temperature (T_h(L-V)) from 436˚C to 578˚C and 461˚C to >720˚C, respectively, and salinities from 41 to 43 wt% $NaCl_{equivalent}$ and 37 to 43 wt% $NaCl_{equiv.}$ This alteration is overprinted by illite-chlorite-carbonate-magnetite±K-feldspar alteration with abundant chalcopyrite and bornite. It pervasively overprinted the quartz stockwork zone hosted in the PMBx1 adjacent to the EMD at the central deeper portion of the prospect. Associated banded quartz veinlets indicated Th(L-V) >720˚C and salinities ranging from 55 to 70 wt% $NaCl_{equiv.}$ The shallower portions dominated by the later breccias were altered by chlorite-illite-pyrite±chalcopryite with associated quartz-gypsum cement. Lastly, propylitic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

alteration is exhibited by LD. It is characterized by chlorite-epidote-calcite±illite. Associated crystalline quartz-chlorite veinlets indicated lower Th(L-V) 246˚C and lower salinity of 40 wt% $NaCl_{equivalent.}$
K-Ar ages determined on the secondary biotite of the EMD sample that exhibited intense hydrothermal biotitization typical at the potassic core in Southwest and on the hornblende grains of LD that showed no hydrothermal alteration are both 3.5Ma. This indicates that the hydrothermal biotitization prevalent in the potassic alteration in EMD and the emplacement of the LD could have happened in a single magmatic-hydrothermal event. This may also indicate that the timing between the potassic alteration and intrusion are close in Southwest, and also constrained an older age than the mineralization at the Sto. Tomas II orebody (Imai, 2001, Waters et al., 2011).

Keywords: Baguio district, Southwest prospect, Sto. Tomas II orebody, potassic alteration, overprinting porphyry-type veinlets, diatreme breccias

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

風化型希土類鉱床の特徴と成因
Characteristics and genesis of weathering REE deposits

*実松 健造[1]
*Kenzo Sanematsu[1]

1. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　鉱物資源研究グループ
1. Mineral Resource Research Group, Institute for Geo-Resources and Environment, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

世界の希土類鉱床はカーボナタイト型、アルカリ岩関連型、漂砂型、イオン吸着型に分けられる。マントルや地殻中では微量元素である希土類が経済的に可採可能な品位にまで地質学的に濃縮するには、アルカリ岩質マグマの形成（カーボナタイトやアルカリ岩関連の鉱床として確認される）、風化の片方または両方の過程が必要である。本発表では後者の風化型である風化カーボナタイト鉱床、漂砂鉱床、イオン吸着型鉱床の特徴と成因をレビューする。

最も希土類品位が高いのは風化カーボナタイト鉱床である。もともと希土類品位が高い（>1%程度）カーボナタイトの炭酸塩鉱物が化学風化で溶解するものの、希土類は残留するために濃縮される。主要な希土類鉱物はモナズ石を含めた、初生および二次リン酸塩鉱物である。原岩がカーボナタイトであるため、軽希土類が多く重希土類に乏しく、Th含有量も比較的高い。未風化のカーボナタイトに比べて希土類鉱物は細粒であり、これが鉱山開発の際に希土類の回収率に影響する。

漂砂鉱床は火成岩や変成岩などが風化・浸食を被ることにより重鉱物が沖積層や海砂中に濃集したものである。有用鉱物はチタン鉱物（チタン鉄鉱、ルチル）、ジルコン、スズ石などであり、希土類に富む鉱床ではモナズ石や少量のゼノタイムが産出する。鉱石の希土類品位は低いが、砂や礫から構成されるために採鉱や選鉱が比較的容易であり、1965年あたりまでは世界の主要な希土類鉱床であった。モナズ石が多いため、軽希土類が多く重希土類に乏しく、Th含有量も比較的高い。ジルコンは少量の重希土類を含むが、希土類資源としての利用はされない。

イオン吸着型鉱床は前述した2種類の風化残留鉱床とは異なり、大部分の希土類が鉱物の結晶構造ではなく、粘土などの表面に静電気的に吸着して存在しており、イオン交換によって鉱石中の希土類が回収される。原岩は花崗岩であることが多く、この風化岩が鉱石（イオン吸着鉱）である。鉱床は一般に低品位であるが、軽希土類に富むものから重希土類に富むものまで様々である。原岩花崗岩には希土類フッ素炭酸塩（バストネス石、シンキス石など）や希土類含有珪酸塩（褐レン石、チタン石）といった比較的風化に弱い鉱物が多く、これらの軽希土類/重希土類比が、鉱石のそれに影響する。原岩花崗岩がリン酸塩鉱物（モナズ石やリン灰石）に富むと、鉱石中では風化耐性のあるリン酸塩鉱物中に希土類が含まれるためにイオン交換性の希土類が少なくなる。希土類を吸着しているであろう粘土鉱物としてカオリナイト、ハロイサイト、イライト、バーミキュライトなどが確認される。鉱石中のTh含有量は低く、粘土表面にもほとんど吸着されないため、他の希土類鉱床と比べてThに少ない特徴がある。

キーワード：希土類、風化、鉱床、資源、吸着
Keywords: rare earths, weathering, deposits, resources, adsorption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

鉱床は地球表層において有用元素・有用鉱物が濃集したものであり、マグマ活動、熱水活動、変成作用、風化作用などの地球のダイナミクスにより生み出される。また鉱床の形成は地球史における環境変動や生物の進化とも密接に関わっており、鉱床形成プロセスの解明には地質学、岩石学、地球化学、鉱物学、微生物学など地球科学の幅広い分野を融合した研究が必要である。このような資源地質学の分野は、効率的な資源探査・開発のみならず、資源開発に伴って引き起こされうる有害元素を理解・評価するためにも不可欠である。本セッションでは、このような地球表層における元素の移動や濃集に関わる研究について、野外調査・観測、室内実験、理論計算、分析手法の開発など様々な視点での発表を募集する。

[HRE16-P01] Mineral Chemistry and Petrogenesis of the Mazua Ultramafic Massif, Northern Mozambique: Constraints on the Associated Fe-Ti Oxides Deposit

*David Augusto Bene Unganai[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Daud Liace Jamal[3]、Takashi Hoshide[1] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P02] **Ni-Cu-PGM Mineralisation in the Bastard Reef and Merensky Reef of the Flatreef section, Turfspruit Farm, Northern Limb, Bushveld Igneous Complex, South Africa.**

*MOKHIRI MALESELA MAKHAFOLA[1]、Tsubasa Otake[1]、Tsutomu Sato[1]、Danie Grobler[2] (1.Hokkaido University、2.Ivanplats Pty. Ltd)

[HRE16-P03] インドネシア・パプア州グラスベルグ斑岩銅－金鉱床における鉱化作用の特徴

*川嵜 兼彦[1]、米津 幸太郎[2]、Reza Furqan[3]、Benny Bensaman[4]、Mega Rosana[4] (1.九州大学大学院工学府、2.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、3.PT Freeport Indonesia、4.Department of Geology, Padjadjaran University)

[HRE16-P04] Formation of Ni-bearing minerals during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar

*室伏 文佳[1]、伊藤 茜[1]、大竹 翼[2]、実松 健造[3]、Kyaw Zay Ya[1,4]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院、3.国立研究開発法人 産業技術総合研究所、4.地質調査鉱物探鉱局)

[HRE16-P05] Geological Characteristics and Mineralogy of the Makorungo and Nalia Gold Prospects, Northeastern Mozambique

*Manuel Augusto Manuel Nopeia[1]、Ryohei Takahashi[1]、Akira Imai[2]、Daud Liace Jamal[3] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P06] Geochemical features of the Hishikari epithermal gold deposit based on simultaneous multi-element analysis

*西田 草太[1]、石田 美月[1]、安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[HRE16-P07] Transformation of ore minerals and their geochemical signatures in submarine hydrothermal ore deposits in Izena Hole, Okinawa Trough

*池島 拓郎[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]、伊藤 茜[1]、小野 修司[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、熊谷 英憲[3]、前田 玲奈[3] (1.北海道大学、2.九州大学、3.海洋研究開発機構)

[HRE16-P08] Geochemical behavior of heavy metals during wastewater treatment in Chingola Stream of the Zambia Copperbelt

*Cryton Phiri[1]、Daiki Shimazui[2]、Tsutomu Sato[2]、Tsubasa Otake[2] (1.University of Zambia、2.Hokkaido University)

Mineral Chemistry and Petrogenesis of the Mazua Ultramafic Massif, Northern Mozambique: Constraints on the Associated Fe-Ti Oxides Deposit

*David Augusto Bene Unganai[1], Akira Imai[2], Ryohei Takahashi[1], Daud Liace Jamal[3], Takashi Hoshide[1]

1. Akita University, 2. Kyushu University, 3. Eduardo Mondlane University

Economic magmatic Fe-Ti-V deposits are commonly hosted by mafic-ultramafic intrusions and massif-type anorthosites. The Mazua Ultramafic Massif (MUM), located in northeast Mozambique, is one of the most promising intrusions that host Fe-Ti oxides ore deposit in the country. The orebody is a 10-km long ilmenite-rich hornblende pyroxenite, which is in sharp contact with a banded biotite gneiss. The ore commonly occurs as layers/lenses, massive and dissemination in host rocks. The average grade of the ore is 27 wt.% TiO_2, 35 wt.% Fe_2O_{3tot} and ~2 ppm V (Norconsult Consortium, 2007). However, detailed studies regarding the petrogenesis of the intrusion and its related Fe-Ti oxides ores are still scarce. Thus, we carried out microprobe and petrographic analyses to elucidate these issues.

The hornblende pyroxenite consists of ilmenite, diopside, and magnesiohornblende as main phases. Petrography reveals that the Fe-Ti oxides and pyroxenes are syngenetic. The composition of diopside ($Wo_{43.5–48.5}En_{36.0–41.4}Fs_{11.1–20.5}$) and occurrence of magnesiohornblende suggest tholeiitic, non-alkaline and hydrous (>3.0 wt.% H_2O) parental ultrabasic melt. In addition, the absence of olivine and orthopyroxene supported by wide range of #Mg in diopside (63.8–78.7) and magnesiohornblende (68.9–85.4) confirms the idea that the magma which formed MUM was differentiated.

Texture and variable mineral composition suggest that Fe-Ti oxides underwent extensive subsolidus re-equilibration during cooling, supported by the following evidences: (1) The Fe-Ti oxides show different types of micro-intergrowths such as (a) lamellae of ilmenite with clothing textures hosted in magnetite, (b) fine pattern exsolution lamellae (trellis) and blebs of aluminous spinel in magnetite, (c) reaction rims of aluminous spinel distributed along the boundary between magnetite and ilmenite and (d) re-equilibration textures involving Fe-Ti oxides and silicate phases. (2) The very low MgO content of primary ilmenite (<2 wt.%) is interpreted as a result of postcumulus oxide-silicate re-equilibration involving clinopyroxene and amphibole. (3) Determination of equilibrium conditions using geothermobarometer by Spencer & Lindsley (1981) indicates that Mazua Fe-Ti oxides last equilibrated at subsolidus temperatures (<600 ˚C) and high oxygen fugacity ($\log fO_2 > -20.0$ bars). The reconstruction of the primary composition of Fe-Ti oxides, by reintegration of exsolved with the host phases, leads to primary titanomagnetite with an ulvospinel component of ~20 mol%.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ni-Cu-PGM Mineralisation in the Bastard Reef and Merensky Reef of the Flatreef section, Turfspruit Farm, Northern Limb, Bushveld Igneous Complex, South Africa.

*MOKHIRI MALESELA MAKHAFOLA[1], Tsubasa Otake[1], Tsutomu Sato[1], Danie Grobler[2]

1. Hokkaido University, 2. Ivanplats Pty. Ltd

The Bushveld Igneous Complex of South Africa is the largest layered igneous complex in the world and it is the current leading producer of platinum group metals globally. The Northern Limb is the northern extension of the complex currently mined (open pit) for a Ni-Cu-PGM rich deposit hosted in a lithologically variable igneous sequence dipping at about 45 degrees and has been intensively affected by contamination and alteration termed the Platreef (Kinnaird et al, 2005). Westwards of the Platreef lies the Flatreef section, which is a recently discovered sub-horizontal down-dip extension of the Platreef. It hosts the Ni-Cu-PGM rich deposit in two successive high-grade reefs termed the Bastard Reef and the Merensky Reef that are amenable for underground mining methods (Grobler et al, 2018). The Flatreef has not been studied in detail and this study reports on the petrographical and semi-quantitative investigations done on the mineralized reefs.
Logging and petrographical investigations revealed the Bastard Reef to comprise a fine to medium-grained equigranular feldspathic orthopyroxenite. Several metres below the Bastard Reef lies the Merensky Reef, which has been subdivided into 3 different units (M2, M1U and M1L) mainly based on mineralogical and textural variations. The M2 is the uppermost layer comprising medium to coarse-grained equigranular orthopyroxenite, denoted by cumulus orthopyroxene and is bound irregularly by a chromite seam at its top contact. The M2 orthopyroxenite is underlain by the M1U denoted by a cumulate textured pegmatoidal orthopyroxenite and is commonly bound by a chromite stringer at its top contact and a less consistent one at its base. The M1L, which is laterally less continuous, comprises a poikilitic textured harzburgite and/or varied-textured olivine-bearing orthopyroxenite. SEM analysis revealed sulphide mineral assemblages in the reefs usually comprising pyrrhotite, pentlandite and chalcopyrite as fine to medium-grained disseminations, blebs and net-textured sulphides. PGM mineralisation comprise a wide range of PGMs, mostly Platinum and Palladium dominated, grouped into bismithotellurides (-Bi-Te), antimonides, arsenides, Fe and Sn alloys, sulphides, as well as laurite (RuS_2) and Ir-Ru-Rh-Pt-Pd sulfoarsenides alongside chromite seams. Semi-quantitative analysis illustrates the Flatreef section to be an undisturbed magmatic sequence that is much less affected by assimilation and contamination. It retains much of its magmatic characteristics and provides a great opportunity to furthermore study magmatic processes that resulted in the formation of such an enigmatic deposit.

References

Grobler, D.F., Brits, J.A.N., Maier, W.D. and Crossingham, A. (2018) Litho- and Chemostratigraphy of the Flatreef PGE deposit, northern Bushveld Complex. Mineralium Deposita, 126, 1-26.

Kinnaird, J.A., Hutchinson, D., Schurman, L., Nex, P. and de Lange, R. (2005) Petrology and Mineralisation of the Southern Platreef: Northern Limb of the Bushveld Complex, South Africa. Mineralium Deposita, 40, 576-597.

Keywords: Ni-Cu-PGM, Bushveld Igneous Complex, Flatreef Section, Northern Limb

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インドネシア・パプア州グラスベルグ斑岩銅ー金鉱床における鉱化作用の特徴

Characteristics of Porphyry Copper-Gold Mineralization in the Grasberg Mine, Papua, Indonesia

*川嵜 兼彦[1]、米津 幸太郎[2]、Reza Furqan[3]、Benny Bensaman[4]、Mega Rosana[4]
*Kanehiko Kawasaki[1], Kotaro Yonezu[2], Reza Al Furqan[3], Benny Bensaman[4], Mega Fatimah Rosana[4]

1. 九州大学大学院工学府、2. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、3. PT Freeport Indonesia、4. Department of Geology, Padjadjaran University
1. Kyushu University Facurity of Engineering, 2. Deaprtment of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, 3. PT Freeport Indonesia, 4. Department of Geology, Padjadjaran University

グラスベルグ-エルツベルグ地区は、インドネシア・パプア州に位置するスディルマン山脈の西側の高地に位置する。この地区は、グラスベルグ鉱山として世界屈指の斑岩銅ー金鉱山が操業しており、鮮新世の貫入岩中に銅・金鉱物が賦存している。これらの貫入岩はグラスベルグ複合岩体（Grasberg Igneous Complex：GIC）と呼ばれており、カリ貫入岩（Kali Intrusion：KI）、メイングラスベルグ貫入岩（Main Grasberg Intrusion：MGI）およびダラム貫入岩（Dalam Intrusion：DI）に分けられる。本研究の目的は、特に主要な鉱化作用を有するグラスベルグ地区のMGIの中でも西側における斑岩銅ー金鉱化作用に関連した鉱化流体と銅ー金鉱化作用の特徴を明らかにすることである。

本研究で用いた、試料は全て試錐コアAM-30-08H-05より採取したものである。このコアはKIより掘進が行われ、MGIを貫きDIまで達している（東から西方向）。顕微鏡観察により、銅鉱化作用は3つの形態に分類できることが明らかになった。石英脈中に存在する含銅（鉄）硫化物脈、含銅（鉄）硫化物の細脈、および鉱染状の存在する含銅（鉄）硫化物である。鉱脈型および細脈型の主要な鉱石鉱物は黄銅鉱であった。これらの形態においては、斑銅鉱が黄銅鉱脈の内部および黄銅鉱の周縁部に多く分布しており、これは中間固溶体および斑銅鉱固溶体からの離溶によって説明できる。鉱染状型においては、黄銅鉱および斑銅鉱が主要な鉱石鉱物であり、産状から一次鉱物であると判明した。黄銅鉱および斑銅鉱はしばしば共存していることから、鉱染状型においても中間固溶体および斑銅鉱固溶体から離溶したものと考えられる。一方で、その他の含銅鉱物（輝銅鉱、銅藍および方輝銅鉱）は、部分的に葉状の組織を形成している。これは明らかに、これら含銅鉱物は斑銅鉱からの交代によって生成されたものとみられる。加えて、輝銅鉱、銅藍および方輝銅鉱が二次鉱物として斑銅鉱の周縁部を交代しており、これは一次鉱物の生成の後に地下水の関与があったことを示唆している。自然金は、石英脈中の黄銅鉱中および鉱染状に存在する黄銅鉱内部に分布していた。石英脈中の黄銅鉱中では、斑銅鉱およびメレンスキー鉱と共生していた。メレンスキー鉱は既にGIC北部および南部において報告されているが、本研究でGIC西部において初めて同定され、SEM-EDXにより組成は$Pd_{1.0}Te_{2.0}$であった。メレンスキー鉱は、ブッシュフェルト複合岩体におけるメレンスキー層のように、白金族元素の鉱化に関連する超苦鉄質岩においては一般的であり、この地区におけるメレンスキー鉱の存在は、初生的な苦鉄質マグマの存在とその鉱化への寄与を示唆している。このメレンスキー鉱の存在がMGIにおいて広く確認されたことで、初生的な苦鉄質マグマの寄与がMGI全体に及ぶことが示唆される。本研究では石英脈に関連する切ったー切られたの関係が明瞭には観察されなかったため、黄銅鉱脈を内部に持つ石英脈の結晶の成長の様子を見るため、カソードルミネッセンス観察を行った。コントラスト異常が石英脈の内部に観察され、石英脈が前期石英脈と黄銅鉱脈の形成に関与している後期石英脈という二種の石英脈により形成されていることが明らかとなった。前期石英脈に対し流体包有物の均質化温度測定および塩濃度の測定を実施したところ、前期石英脈における均質化温度は600℃を超え、また高い塩濃度（61.32 wt%）を持つことが明らかになった。この結果は、前期石英脈は鉱化作用が弱いか全くなく、後期石英脈が強い鉱化を引き起こしたことを示唆する先行研究を支持するものである。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：グラスベルグ鉱山、斑岩銅鉱床、鉱化作用
Keywords: Grasberg Mine, Porphyry Copper Deposit, Mineralization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Formation of Ni-bearing minerals during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar

*室伏 文佳[1]、伊藤 茜[1]、大竹 翼[2]、実松 健造[3]、Kyaw Zay Ya[1,4]、佐藤 努[2]
*Ayaka Murofushi[1], Akane Ito[1], Tsubasa Otake[2], Kenzo Sanematsu[3], Kyaw Zay Ya[1,4], Tsutomu Sato[2]

1. 北海道大学大学院工学院、2. 北海道大学大学院工学研究院、3. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所、4. 地質調査鉱物探鉱局
1. Graduate school of Engineering, Hokkaido University, 2. Facility of Engineering, Hokkaido University, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Department of Geological Survey and Mineral Exploration

Ni laterite deposit, an important resource for Ni, is formed by chemical weathering of ultramafic rocks under tropical climate conditions. Whereas many studies have aimed to understand the formation processes of Ni laterites in Indonesia and Philippines, few studies have investigated those in Myanmar, which also has a high potential of Ni laterite resources. The highest grade of Ni in a weathering profile is usually found in a saprolite zone, a weakly weathered section underlain by intensively-weathered laterite zone. Mobilization of Ni from the bedrock as well as laterite zone together with Fe has been proposed to be an important process for Ni enrichment in saprolite zone (e.g., Golightly, 2010). However, formation of various Ni-bearing minerals in saprolite zone (Tauler et al., 2017) may also govern the Ni enrichment though the common Ni-bearing mineral in saprolite zone is secondary-formed serpentine (Ser-II). It is important to understand the formation processes of Ni laterite deposits for efficient exploration and mine development. Therefore, in this study, we are focused on the formation of secondary minerals at different weathering degrees and its relationship to Ni enrichment during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar by investigating 6 different weathering profiles in the Western and Central Ophiolite Belts.

The results of the bulk chemical analysis by XRF show that Ni is concentrated in saprolite zones up to 1.6 wt% as chemical weathering progresses as indicated by thickness of profiles and depletion of major elements (e.g., Mg). Ni is associated more closely with 0.2-2 μm fraction (e.g., clay minerals) of the samples as Ni concentration in this fraction was determined by acid digestion and ICP-AES. The results of mineralogical analysis by XRD and petrographic microscope show that minerals formed in saprolite zones varies depending on the degree of weathering regardless that all the bedrocks are serpentinite. Whereas smectite dominates in the saprolite zone of the least weathered profile, both smectite and Ser-II were present in the saprolite zone of the most weathered profile. This suggests that smectite is formed at the initial stage of chemical weathering of the ultramafic rocks in Myanmar. However, the results of SEM-EDS analysis show that Mn-oxide (e.g., asbolane) is the main mineral concentrating Ni in the least weathered profile whereas secondary silicate minerals (e.g., Ser-II, smectite, unidentified Fe-Ni silicates) are the main minerals in the most weathered profile. Therefore, Ni is preferentially associated with Mn-oxide possibly because of a strong electrostatic interaction. However, as weathering progresses and Mn-oxide dissolved away, Ni is enriched into secondary silicate minerals (e.g., Ser-II, smectite). No preferential incorporation of Ni was observed between Ser-II and smectite. Further progress in chemical weathering may result in the transformation of other silicate minerals into Ser-II, which would be then the main Ni-bearing mineral in Ni laterite deposit in Myanmar.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geological Characteristics and Mineralogy of the Makorungo and Nalia Gold Prospects, Northeastern Mozambique

*Manuel Augusto Manuel Nopeia[1], Ryohei Takahashi[1], Akira Imai[2], Daud Liace Jamal[3]

1. Akita University, 2. Kyushu University, 3. Eduardo Mondlane University

The northeastern Mozambique is composed of medium-high grade metamorphic complexes of the Mozambique Belt, intruded by Neoproterozoic-Paleozoic granitoids (Norconsult, 2007). Mozambique Belt (MB) is a part of the East African Orogeny and has been associated with a large variety of mineralization, including base metals, gemstones, and gold (Lächelt, 2004). The lack of studies on gold deposits associated with metamorphic terrains in Mozambique weakens the discovery and further exploration of gold. This study focuses on the Makorungo and Nalia gold prospects, northeastern Mozambique, where artisanal and small-scale mining of placer and primary gold is conducted mainly by local people. These prospects belong to Xixano complex, interpreted as a Pan-African nappe, which is composed of supercrustal rocks, enveloping mafic and ganulitic rocks (Viola et al, 2008). This study aims to reveal the geological and mineralogical characteristics of the gold prospects to better understand the ore-forming process. Field observation and laboratory analysis, including petrography of host rocks and ores, and whole-rock and ore chemistry were applied. Quartz veins parallel and at low angle to amphibolite foliation host the gold mineralization in the Nalia and Makorungo prospects. The amphibolites in the Nalia prospect are strongly foliated and composed mainly of hornblende, plagioclase, quartz and clinopyroxene with minor titanite. Secondary minerals include hornblende replacing clinopyroxenes, and biotite replacing hornblende. Whole-rock geochemistry of the amphibolites indicates high silica and total alkali ($K_2O + Na_2O$) contents, 50 to 64 wt. % and 3.3 to 5.2 wt. %, respectively. On the other hand, the amphibolite rocks in the Makorungo prospect are less foliated and mainly comprises amphiboles, plagioclase, and biotite, with minor quartz. Secondary biotite replaces amphiboles. Based on the extinction angles, the plagioclase in the Makorungo prospect is more Na-rich, while the plagioclase from the Nalia prospect is more Ca-rich. The TiO_2 vs. MnO diagram shows that the amphibolites in both prospects are ortho-amphibolites. Total alkali and silica diagram (TAS diagram) indicates protolith of basaltic composition. The mineralized veins in the Nalia prospect show deformation textures including triple-point texture, undulose extinction and variability in cathodoluminescence brightness within individual quartz grain. Evidence of post-deformation is less common in the Makorungo prospect. The ore mineralogy in the Nalia and Makorungo prospects is very similar, despite the absence of sphalerite in the former. Pyrite, pyrrhotite, galena, magnetite and chalcopyrite commonly occur with minor tellurides and electrum (the Makorungo prospect) or native gold (the Nalia prospect). Bismuth, Te, Pb, and W bearing minerals commonly occur as sulfides and tellurides in both prospects. Sphalerite in the Makorungo prospect is characterized by high Fe and Cd contents, ranging 9.2-11.8 wt. %, and 2.9-3.4 wt. %, respectively. Pressure formation estimated from FeS contents in sphalerite coexisting with pyrite and pyrrhotite (sphalerite geobarometry) is within 1.6 and 2.1 Kb, which corresponds to a depth from 5.9 to7.4 Km. The coeval existence of pyrrhotite and sphalerite in the Makorungo prospect suggests a low sulfidation state, along the pyrite-pyrrhotite equilibrium.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical features of the Hishikari epithermal gold deposit based on simultaneous multi-element analysis

*西田 草太[1]、石田 美月[1]、安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、加藤 泰浩[3,1,2]
*Sota Nishida[1], Mizuki Ishida[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Kentaro Nakamura[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Yasuhiro Kato[3,1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

The Hishikari gold deposit, located in the northern part of Kagoshima prefecture, Japan, is known as one of the highest-grade gold deposits in the world. The origin of this low-sulfidation vein-type deposit has been extensively investigated since its discovery in the early 1980s. For example, Ishihara et al. (1986) suggested a magmatic source for gold (Au) and sulfur (S) based on sulfur isotope compositions of pyrites [1]. More recently, Morishita et al. (2018) demonstrated a positive correlation between Au and arsenic (As) in pyrites of the Hishikari veins and discussed their genetic relationship [2].

Understanding the mineralization process of the Hishikari deposit can provide key insights into an exploration strategy for new and high-grade gold deposits. To this end, identifying elements that show behaviors closely associated with Au can be one of the effective approaches. In this study, therefore, major and trace element geochemistry of the Hishikari ore samples have been investigated in order to obtain a new constraint on the Au mineralization processes. We determined multi-elemental composition (including Au) of the host rocks and vein samples by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

Previous studies suggested that adularia content is closely related to the Au content of the ore [3]. In the present study, however, we found no correlation between Au and adularia contents in the vein samples. The results of X-ray diffraction (XRD) analysis indicated that the samples with high Au mostly consist of quartz. The Au mineralization thus seems to have occurred concurrently with the quartz mineralization that followed the adularia mineralization.

Among the 49 elements measured in this study, silver (Ag) content was positively correlated with Au content, which is consistent with the fact that electrum is the main host of Au in the Hishikari deposit. Arsenic (As) content had no correlation with Au, although it is well known for a coupling behavior with Au. Most notably, bismuth (Bi) content had clear correlation with Ag ($r = 0.88$) and Au ($r = 0.91$) contents, whereas it had no clear correlation with cobalt (Co), copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), lead (Pb), or As contents. Bi is known to be enriched in high-sulfidation gold deposits where the common host of Bi is sulfide minerals (e.g. [4]), and closely associated with Au in these deposits. However, elemental behavior of Bi in low-sulfidation gold deposits has so far been poorly understood. Our results imply that Bi in the Hishikari deposit is likely to be involved not in sulfide but in electrum. This in turn suggests that Bi could be an important tracer for Au mineralization in low-sulfidation deposits such as the Hishikari deposit.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] S. Ishihara, Y. Sakamaki, A. Sasaki et al. (1986) *Mining Geology*, **36**(200), 495-509.

[2] Y. Morishita, N. Shimada and K. Shimada (2018) *Ore Geology Reviews*, **95**, 79-93.

[3] K. Ibaraki, R. Suzuki and E. Fukuda (1991) *Mining Geology*, **41**(2), 63-75.

[4] B. Zheng, Y. Zhu, F. An et al. (2015) *Ore Geology Reviews*, **69**, 17-32.

キーワード：金、菱刈鉱床、全岩化学組成分析、ICP-MS、微量元素組成
Keywords: gold, Hishikari deposit, bulk chemical analysis, ICP-MS, trace element composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transformation of ore minerals and their geochemical signatures in submarine hydrothermal ore deposits in Izena Hole, Okinawa Trough

*池島 拓郎[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]、伊藤 茜[1]、小野 修司[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、熊谷 英憲[3]、前田 玲奈[3]
*IKESHIMA TAKURO[1], Tsubasa Otake[1], Tsutomu Sato[1], Akane Ito[1], Shuji Ono[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Tatsuo Nozaki[3], Hidenori Kumagai[3], Lena Maeda[3]

1. 北海道大学、2. 九州大学、3. 海洋研究開発機構
1. Hokkaido University, 2. Kyushu University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

It is important for exploration and development of submarine hydrothermal ore deposits to understand zoning of ore bodies and their mineral assemblages, particularly with depth from the seafloor. Transformation of ore minerals via dissolution and re-precipitation may cause such a zoning corresponding to the evolution of a hydrothermal system because geochemical conditions may then vary with the depth from the seafloor. In this study, we aimed (1) to clarify the mineral assemblage changes with increasing depth of a mound sulfide deposit by microscopic observations and SEM-EDS analyses, (2) to understand geochemical evolution of hydrothermal fluids based on Fe contents in sphalerite determined by EPMA, and (3) to understand the formation processes of Fe sulfides by analyzing Fe isotopic composition of the bulk samples with MC-ICP-MS. The samples used for the analyses were obtained from Site C9027, which drilled up to 72.5 meter below seafloor (mbsf) through a mound sulfide deposit in Hakurei site, Izena Hole, middle Okinawa Trough during the CK16-05 cruise operated from November to December, 2016 under the SIP program.
Results of microscopic observations show that sphalerite and galena are comparatively dominant with minor occurrence of pyrrhotite and anglesite in the samples at shallow depths. In contrast, samples from middle and deep depths are more abundant on pyrite and chalcopyrite, and pyrite, respectively. The texture that pyrrhotite was dissolved and replaced by pyrite or marcasite was observed in the samples in the depth of 0.05 –44.0 mbsf. The Fe content in sphalerite tends to decrease with increasing depth, and also change within single sphalerite grain. These results suggest that hydrothermal fluid geochemistry such as fugacity of S_2 and O_2, and temperature changes for the depth and time. The δ^{56}Fe values (δ^{56}Fe (‰) = 1000 * [(^{56}Fe/^{54}Fe) sample / (^{56}Fe/^{54}Fe) $_{IRMM-014}$ -1]) of the bulk samples range from -0.62 to +0.11‰, which tends to increase toward the deeper part. This indicates that Fe sulfides at shallow depths was formed by non-equilibrium precipitation with a rapid cooling, which caused a kinetic isotope effect. In contrast, those at deeper depths were likely formed near the equilibrium conditions.

キーワード：海底熱水鉱床、伊是名海穴、SIP、交代作用、鉄同位体、ちきゅう
Keywords: Submarine hydrothermal ore deposits, Izena Hole, SIP, Replacement, Fe isotope, D/V Chikyu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical behavior of heavy metals during wastewater treatment in Chingola Stream of the Zambia Copperbelt

*Cryton Phiri[1], Daiki Shimazui[2], Tsutomu Sato[2], Tsubasa Otake[2]

1. University of Zambia, 2. Hokkaido University

The study focuses on an area at a copper mine in Chingola town of the Zambian Copperbelt where wastewater containing heavy metals (Cu-Co-Mn) at variable pH (3.5-6.5) mixes with a nearby municipal wastewater in Chingola Stream. The metal concentration of discharge is below the regulation limit because lime treatment has been conducted in the stream. However, remaining volume of ponds for sludge produced by lime treatment was limited. The objective of the study was therefore to understand the geochemical behavior of the metals for the optimization of wastewater treatment. Representative water and soil samples were obtained along the affected stream and analyzed for their target heavy metal content and geochemical distribution using ICP-AES/MS and sequential extraction (SQE) methods. Analyses of sediment mineralogy were made by XRD, optical microscopy, FE-SEM/EDS and TEM/EDS. Water chemistry results revealed relatively low metal concentrations of Cu-Co-Mn ranging from below detection limit (bdl) to 60mg/l. SQE analyses show high total target metal concentrations ranging from (1-12000mg/kg) in sediments, which obviously supports the possible adsorption and precipitation processes to be taking place. Low concentrations are as a result of the increasing pH and possible metal adsorption and precipitation on sediment. The target metal contents were highest in exchangeable fraction Cu (100-2500mg/kg), Co (1-50mg/kg), Mn (bdl-2g/kg), and in carbonate fraction Cu (2-500mg/kg), Co (0.5-20mg/kg), Mn (bdl-1.2g/kg) and in amorphous Fe mineral fraction Cu (2-1000mg/kg), Co (1-100mg/kg) and Mn (0.5-2.5g/kg) respectively. The other remaining fractions had very low metal concentrations. FE-SEM/EDS and TEM/EDS techniques showed some metal adsorption phases on biotite and kaolinite confirming the earlier results of SQE. The amorphous Fe mineral determined using SQE reveal an average of between 3.5-12 g/kg. From the surface complexation modeling between amorphous Fe mineral and the metals shows that the range of pH condition, 6.5-7.5 is strongly recommended for better sorbed fraction of Cu-Co-Mn on amorphous Fe mineral. From the above results, it was found that the geochemical partitioning of metals to the most labile exchangeable fraction which easily releases metals to the environment depending on the prevailing conditions (i.e pH) can as well be treated by ion exchange, surface complexation by amorphous Fe mineral and carbonation. The advantages of this treatment method is that heavy metal can easily be recovered from sludge through the application of relatively weak acid and at the same time reducing the sludge volumes through utilization of the sediments as sand for engineering purposes.

Keywords: Heavy metals, Geochemical behavior, Treatment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)

鉱床は地球表層において有用元素・有用鉱物が濃集したものであり、マグマ活動、熱水活動、変成作用、風化作用などの地球のダイナミクスにより生み出される。また鉱床の形成は地球史における環境変動や生物の進化とも密接に関わっており、鉱床形成プロセスの解明には地質学、岩石学、地球化学、鉱物学、微生物学など地球科学の幅広い分野を融合した研究が必要である。このような資源地質学の分野は、効率的な資源探査・開発のみならず、資源開発に伴って引き起こされうる有害元素を理解・評価するためにも不可欠である。本セッションでは、このような地球表層における元素の移動や濃集に関わる研究について、野外調査・観測、室内実験、理論計算、分析手法の開発など様々な視点での発表を募集する。

[HRE16-P01] Mineral Chemistry and Petrogenesis of the Mazua Ultramafic Massif, Northern Mozambique: Constraints on the Associated Fe-Ti Oxides Deposit

*David Augusto Bene Unganai[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Daud Liace Jamal[3]、Takashi Hoshide[1] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P02] **Ni-Cu-PGM Mineralisation in the Bastard Reef and Merensky Reef of the Flatreef section, Turfspruit Farm, Northern Limb, Bushveld Igneous Complex, South Africa.**

*MOKHIRI MALESELA MAKHAFOLA[1]、Tsubasa Otake[1]、Tsutomu Sato[1]、Danie Grobler[2] (1.Hokkaido University、2.Ivanplats Pty. Ltd)

[HRE16-P03] インドネシア・パプア州グラスベルグ斑岩銅－金鉱床における鉱化作用の特徴

*川嵜 兼彦[1]、米津 幸太郎[2]、Reza Furqan[3]、Benny Bensaman[4]、Mega Rosana[4] (1.九州大学大学院工学府、2.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、3.PT Freeport Indonesia、4.Department of Geology, Padjadjaran University)

[HRE16-P04] Formation of Ni-bearing minerals during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar

*室伏 文佳[1]、伊藤 茜[1]、大竹 翼[2]、実松 健造[3]、Kyaw Zay Ya[1,4]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院、3.国立研究開発法人 産業技術総合研究所、4.地質調査鉱物探鉱局)

[HRE16-P05] Geological Characteristics and Mineralogy of the Makorungo and Nalia Gold Prospects, Northeastern Mozambique

*Manuel Augusto Manuel Nopeia[1]、Ryohei Takahashi[1]、Akira Imai[2]、Daud Liace Jamal[3] (1.Akita University、2.Kyushu University、3.Eduardo Mondlane University)

[HRE16-P06] Geochemical features of the Hishikari epithermal gold deposit based on simultaneous multi-element analysis

*西田 草太[1]、石田 美月[1]、安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、加藤 泰浩[3,1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[HRE16-P07] Transformation of ore minerals and their geochemical signatures in submarine hydrothermal ore deposits in Izena Hole, Okinawa Trough

*池島 拓郎[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]、伊藤 茜[1]、小野 修司[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、熊谷 英憲[3]、前田 玲奈[3] (1.北海道大学、2.九州大学、3.海洋研究開発機構)

[HRE16-P08] Geochemical behavior of heavy metals during wastewater treatment in Chingola Stream of the Zambia Copperbelt

*Cryton Phiri[1]、Daiki Shimazui[2]、Tsutomu Sato[2]、Tsubasa Otake[2] (1.University of Zambia、2.Hokkaido University)

Mineral Chemistry and Petrogenesis of the Mazua Ultramafic Massif, Northern Mozambique: Constraints on the Associated Fe-Ti Oxides Deposit

*David Augusto Bene Unganai[1], Akira Imai[2], Ryohei Takahashi[1], Daud Liace Jamal[3], Takashi Hoshide[1]

1. Akita University, 2. Kyushu University, 3. Eduardo Mondlane University

Economic magmatic Fe-Ti-V deposits are commonly hosted by mafic-ultramafic intrusions and massif-type anorthosites. The Mazua Ultramafic Massif (MUM), located in northeast Mozambique, is one of the most promising intrusions that host Fe-Ti oxides ore deposit in the country. The orebody is a 10-km long ilmenite-rich hornblende pyroxenite, which is in sharp contact with a banded biotite gneiss. The ore commonly occurs as layers/lenses, massive and dissemination in host rocks. The average grade of the ore is 27 wt.% TiO_2, 35 wt.% Fe_2O_{3tot} and ~2 ppm V (Norconsult Consortium, 2007). However, detailed studies regarding the petrogenesis of the intrusion and its related Fe-Ti oxides ores are still scarce. Thus, we carried out microprobe and petrographic analyses to elucidate these issues.

The hornblende pyroxenite consists of ilmenite, diopside, and magnesiohornblende as main phases. Petrography reveals that the Fe-Ti oxides and pyroxenes are syngenetic. The composition of diopside ($Wo_{43.5–48.5}En_{36.0–41.4}Fs_{11.1–20.5}$) and occurrence of magnesiohornblende suggest tholeiitic, non-alkaline and hydrous (>3.0 wt.% H_2O) parental ultrabasic melt. In addition, the absence of olivine and orthopyroxene supported by wide range of #Mg in diopside (63.8–78.7) and magnesiohornblende (68.9–85.4) confirms the idea that the magma which formed MUM was differentiated.

Texture and variable mineral composition suggest that Fe-Ti oxides underwent extensive subsolidus re-equilibration during cooling, supported by the following evidences: (1) The Fe-Ti oxides show different types of micro-intergrowths such as (a) lamellae of ilmenite with clothing textures hosted in magnetite, (b) fine pattern exsolution lamellae (trellis) and blebs of aluminous spinel in magnetite, (c) reaction rims of aluminous spinel distributed along the boundary between magnetite and ilmenite and (d) re-equilibration textures involving Fe-Ti oxides and silicate phases. (2) The very low MgO content of primary ilmenite (<2 wt.%) is interpreted as a result of postcumulus oxide-silicate re-equilibration involving clinopyroxene and amphibole. (3) Determination of equilibrium conditions using geothermobarometer by Spencer & Lindsley (1981) indicates that Mazua Fe-Ti oxides last equilibrated at subsolidus temperatures (<600 ˚C) and high oxygen fugacity ($\log fO_2 > -20.0$ bars). The reconstruction of the primary composition of Fe-Ti oxides, by reintegration of exsolved with the host phases, leads to primary titanomagnetite with an ulvospinel component of ~20 mol%.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ni-Cu-PGM Mineralisation in the Bastard Reef and Merensky Reef of the Flatreef section, Turfspruit Farm, Northern Limb, Bushveld Igneous Complex, South Africa.

*MOKHIRI MALESELA MAKHAFOLA[1], Tsubasa Otake[1], Tsutomu Sato[1], Danie Grobler[2]

1. Hokkaido University, 2. Ivanplats Pty. Ltd

The Bushveld Igneous Complex of South Africa is the largest layered igneous complex in the world and it is the current leading producer of platinum group metals globally. The Northern Limb is the northern extension of the complex currently mined (open pit) for a Ni-Cu-PGM rich deposit hosted in a lithologically variable igneous sequence dipping at about 45 degrees and has been intensively affected by contamination and alteration termed the Platreef (Kinnaird et al, 2005). Westwards of the Platreef lies the Flatreef section, which is a recently discovered sub-horizontal down-dip extension of the Platreef. It hosts the Ni-Cu-PGM rich deposit in two successive high-grade reefs termed the Bastard Reef and the Merensky Reef that are amenable for underground mining methods (Grobler et al, 2018). The Flatreef has not been studied in detail and this study reports on the petrographical and semi-quantitative investigations done on the mineralized reefs.
Logging and petrographical investigations revealed the Bastard Reef to comprise a fine to medium-grained equigranular feldspathic orthopyroxenite. Several metres below the Bastard Reef lies the Merensky Reef, which has been subdivided into 3 different units (M2, M1U and M1L) mainly based on mineralogical and textural variations. The M2 is the uppermost layer comprising medium to coarse-grained equigranular orthopyroxenite, denoted by cumulus orthopyroxene and is bound irregularly by a chromite seam at its top contact. The M2 orthopyroxenite is underlain by the M1U denoted by a cumulate textured pegmatoidal orthopyroxenite and is commonly bound by a chromite stringer at its top contact and a less consistent one at its base. The M1L, which is laterally less continuous, comprises a poikilitic textured harzburgite and/or varied-textured olivine-bearing orthopyroxenite. SEM analysis revealed sulphide mineral assemblages in the reefs usually comprising pyrrhotite, pentlandite and chalcopyrite as fine to medium-grained disseminations, blebs and net-textured sulphides. PGM mineralisation comprise a wide range of PGMs, mostly Platinum and Palladium dominated, grouped into bismithotellurides (-Bi-Te), antimonides, arsenides, Fe and Sn alloys, sulphides, as well as laurite (RuS_2) and Ir-Ru-Rh-Pt-Pd sulfoarsenides alongside chromite seams. Semi-quantitative analysis illustrates the Flatreef section to be an undisturbed magmatic sequence that is much less affected by assimilation and contamination. It retains much of its magmatic characteristics and provides a great opportunity to furthermore study magmatic processes that resulted in the formation of such an enigmatic deposit.

References

Grobler, D.F., Brits, J.A.N., Maier, W.D. and Crossingham, A. (2018) Litho- and Chemostratigraphy of the Flatreef PGE deposit, northern Bushveld Complex. Mineralium Deposita, 126, 1-26.

Kinnaird, J.A., Hutchinson, D., Schurman, L., Nex, P. and de Lange, R. (2005) Petrology and Mineralisation of the Southern Platreef: Northern Limb of the Bushveld Complex, South Africa. Mineralium Deposita, 40, 576-597.

Keywords: Ni-Cu-PGM, Bushveld Igneous Complex, Flatreef Section, Northern Limb

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インドネシア・パプア州グラスベルグ斑岩銅ー金鉱床における鉱化作用の特徴

Characteristics of Porphyry Copper-Gold Mineralization in the Grasberg Mine, Papua, Indonesia

*川嵜 兼彦[1]、米津 幸太郎[2]、Reza Furqan[3]、Benny Bensaman[4]、Mega Rosana[4]
*Kanehiko Kawasaki[1], Kotaro Yonezu[2], Reza Al Furqan[3], Benny Bensaman[4], Mega Fatimah Rosana[4]

1. 九州大学大学院工学府、2. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、3. PT Freeport Indonesia、4. Department of Geology, Padjadjaran University
1. Kyushu University Facurity of Engineering, 2. Deaprtment of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, 3. PT Freeport Indonesia, 4. Department of Geology, Padjadjaran University

グラスベルグ-エルツベルグ地区は、インドネシア・パプア州に位置するスディルマン山脈の西側の高地に位置する。この地区は、グラスベルグ鉱山として世界屈指の斑岩銅ー金鉱山が操業しており、鮮新世の貫入岩中に銅・金鉱物が賦存している。これらの貫入岩はグラスベルグ複合岩体（Grasberg Igneous Complex：GIC）と呼ばれており、カリ貫入岩（Kali Intrusion：KI）、メイングラスベルグ貫入岩（Main Grasberg Intrusion：MGI）およびダラム貫入岩（Dalam Intrusion：DI）に分けられる。本研究の目的は、特に主要な鉱化作用を有するグラスベルグ地区のMGIの中でも西側における斑岩銅ー金鉱化作用に関連した鉱化流体と銅ー金鉱化作用の特徴を明らかにすることである。

本研究で用いた、試料は全て試錐コアAM-30-08H-05より採取したものである。このコアはKIより掘進が行われ、MGIを貫きDIまで達している（東から西方向）。顕微鏡観察により、銅鉱化作用は3つの形態に分類できることが明らかになった。石英脈中に存在する含銅（鉄）硫化物脈、含銅（鉄）硫化物の細脈、および鉱染状の存在する含銅（鉄）硫化物である。鉱脈型および細脈型の主要な鉱石鉱物は黄銅鉱であった。これらの形態においては、斑銅鉱が黄銅鉱脈の内部および黄銅鉱の周縁部に多く分布しており、これは中間固溶体および斑銅鉱固溶体からの離溶によって説明できる。鉱染状型においては、黄銅鉱および斑銅鉱が主要な鉱石鉱物であり、産状から一次鉱物であると判明した。黄銅鉱および斑銅鉱はしばしば共存していることから、鉱染状型においても中間固溶体および斑銅鉱固溶体から離溶したものと考えられる。一方で、その他の含銅鉱物（輝銅鉱、銅藍および方輝銅鉱）は、部分的に葉状の組織を形成している。これは明らかに、これら含銅鉱物は斑銅鉱からの交代によって生成されたものとみられる。加えて、輝銅鉱、銅藍および方輝銅鉱が二次鉱物として斑銅鉱の周縁部を交代しており、これは一次鉱物の生成の後に地下水の関与があったことを示唆している。自然金は、石英脈中の黄銅鉱中および鉱染状に存在する黄銅鉱内部に分布していた。石英脈中の黄銅鉱中では、斑銅鉱およびメレンスキー鉱と共生していた。メレンスキー鉱は既にGIC北部および南部において報告されているが、本研究でGIC西部において初めて同定され、SEM-EDXにより組成は$Pd_{1.0}Te_{2.0}$であった。メレンスキー鉱は、ブッシュフェルト複合岩体におけるメレンスキー層のように、白金族元素の鉱化に関連する超苦鉄質岩においては一般的であり、この地区におけるメレンスキー鉱の存在は、初生的な苦鉄質マグマの存在とその鉱化への寄与を示唆している。このメレンスキー鉱の存在がMGIにおいて広く確認されたことで、初生的な苦鉄質マグマの寄与がMGI全体に及ぶことが示唆される。本研究では石英脈に関連する切ったー切られたの関係が明瞭には観察されなかったため、黄銅鉱脈を内部に持つ石英脈の結晶の成長の様子を見るため、カソードルミネッセンス観察を行った。コントラスト異常が石英脈の内部に観察され、石英脈が前期石英脈と黄銅鉱脈の形成に関与している後期石英脈という二種の石英脈により形成されていることが明らかとなった。前期石英脈に対し流体包有物の均質化温度測定および塩濃度の測定を実施したところ、前期石英脈における均質化温度は600℃を超え、また高い塩濃度（61.32 wt%）を持つことが明らかになった。この結果は、前期石英脈は鉱化作用が弱いか全くなく、後期石英脈が強い鉱化を引き起こしたことを示唆する先行研究を支持するものである。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：グラスベルグ鉱山、斑岩銅鉱床、鉱化作用
Keywords: Grasberg Mine, Porphyry Copper Deposit, Mineralization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Formation of Ni-bearing minerals during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar

*室伏 文佳[1]、伊藤 茜[1]、大竹 翼[2]、実松 健造[3]、Kyaw Zay Ya[1,4]、佐藤 努[2]
*Ayaka Murofushi[1], Akane Ito[1], Tsubasa Otake[2], Kenzo Sanematsu[3], Kyaw Zay Ya[1,4], Tsutomu Sato[2]

1. 北海道大学大学院工学院、2. 北海道大学大学院工学研究院、3. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所、4. 地質調査鉱物探鉱局
1. Graduate school of Engineering, Hokkaido University, 2. Facility of Engineering, Hokkaido University, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Department of Geological Survey and Mineral Exploration

Ni laterite deposit, an important resource for Ni, is formed by chemical weathering of ultramafic rocks under tropical climate conditions. Whereas many studies have aimed to understand the formation processes of Ni laterites in Indonesia and Philippines, few studies have investigated those in Myanmar, which also has a high potential of Ni laterite resources. The highest grade of Ni in a weathering profile is usually found in a saprolite zone, a weakly weathered section underlain by intensively-weathered laterite zone. Mobilization of Ni from the bedrock as well as laterite zone together with Fe has been proposed to be an important process for Ni enrichment in saprolite zone (e.g., Golightly, 2010). However, formation of various Ni-bearing minerals in saprolite zone (Tauler et al., 2017) may also govern the Ni enrichment though the common Ni-bearing mineral in saprolite zone is secondary-formed serpentine (Ser-II). It is important to understand the formation processes of Ni laterite deposits for efficient exploration and mine development. Therefore, in this study, we are focused on the formation of secondary minerals at different weathering degrees and its relationship to Ni enrichment during chemical weathering of ultramafic rocks in Myanmar by investigating 6 different weathering profiles in the Western and Central Ophiolite Belts.

The results of the bulk chemical analysis by XRF show that Ni is concentrated in saprolite zones up to 1.6 wt% as chemical weathering progresses as indicated by thickness of profiles and depletion of major elements (e.g., Mg). Ni is associated more closely with 0.2-2 μm fraction (e.g., clay minerals) of the samples as Ni concentration in this fraction was determined by acid digestion and ICP-AES. The results of mineralogical analysis by XRD and petrographic microscope show that minerals formed in saprolite zones varies depending on the degree of weathering regardless that all the bedrocks are serpentinite. Whereas smectite dominates in the saprolite zone of the least weathered profile, both smectite and Ser-II were present in the saprolite zone of the most weathered profile. This suggests that smectite is formed at the initial stage of chemical weathering of the ultramafic rocks in Myanmar. However, the results of SEM-EDS analysis show that Mn-oxide (e.g., asbolane) is the main mineral concentrating Ni in the least weathered profile whereas secondary silicate minerals (e.g., Ser-II, smectite, unidentified Fe-Ni silicates) are the main minerals in the most weathered profile. Therefore, Ni is preferentially associated with Mn-oxide possibly because of a strong electrostatic interaction. However, as weathering progresses and Mn-oxide dissolved away, Ni is enriched into secondary silicate minerals (e.g., Ser-II, smectite). No preferential incorporation of Ni was observed between Ser-II and smectite. Further progress in chemical weathering may result in the transformation of other silicate minerals into Ser-II, which would be then the main Ni-bearing mineral in Ni laterite deposit in Myanmar.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geological Characteristics and Mineralogy of the Makorungo and Nalia Gold Prospects, Northeastern Mozambique

*Manuel Augusto Manuel Nopeia[1], Ryohei Takahashi[1], Akira Imai[2], Daud Liace Jamal[3]

1. Akita University, 2. Kyushu University, 3. Eduardo Mondlane University

The northeastern Mozambique is composed of medium-high grade metamorphic complexes of the Mozambique Belt, intruded by Neoproterozoic-Paleozoic granitoids (Norconsult, 2007). Mozambique Belt (MB) is a part of the East African Orogeny and has been associated with a large variety of mineralization, including base metals, gemstones, and gold (Lächelt, 2004). The lack of studies on gold deposits associated with metamorphic terrains in Mozambique weakens the discovery and further exploration of gold. This study focuses on the Makorungo and Nalia gold prospects, northeastern Mozambique, where artisanal and small-scale mining of placer and primary gold is conducted mainly by local people. These prospects belong to Xixano complex, interpreted as a Pan-African nappe, which is composed of supercrustal rocks, enveloping mafic and ganulitic rocks (Viola et al, 2008). This study aims to reveal the geological and mineralogical characteristics of the gold prospects to better understand the ore-forming process. Field observation and laboratory analysis, including petrography of host rocks and ores, and whole-rock and ore chemistry were applied. Quartz veins parallel and at low angle to amphibolite foliation host the gold mineralization in the Nalia and Makorungo prospects. The amphibolites in the Nalia prospect are strongly foliated and composed mainly of hornblende, plagioclase, quartz and clinopyroxene with minor titanite. Secondary minerals include hornblende replacing clinopyroxenes, and biotite replacing hornblende. Whole-rock geochemistry of the amphibolites indicates high silica and total alkali ($K_2O + Na_2O$) contents, 50 to 64 wt. % and 3.3 to 5.2 wt. %, respectively. On the other hand, the amphibolite rocks in the Makorungo prospect are less foliated and mainly comprises amphiboles, plagioclase, and biotite, with minor quartz. Secondary biotite replaces amphiboles. Based on the extinction angles, the plagioclase in the Makorungo prospect is more Na-rich, while the plagioclase from the Nalia prospect is more Ca-rich. The TiO_2 vs. MnO diagram shows that the amphibolites in both prospects are ortho-amphibolites. Total alkali and silica diagram (TAS diagram) indicates protolith of basaltic composition. The mineralized veins in the Nalia prospect show deformation textures including triple-point texture, undulose extinction and variability in cathodoluminescence brightness within individual quartz grain. Evidence of post-deformation is less common in the Makorungo prospect. The ore mineralogy in the Nalia and Makorungo prospects is very similar, despite the absence of sphalerite in the former. Pyrite, pyrrhotite, galena, magnetite and chalcopyrite commonly occur with minor tellurides and electrum (the Makorungo prospect) or native gold (the Nalia prospect). Bismuth, Te, Pb, and W bearing minerals commonly occur as sulfides and tellurides in both prospects. Sphalerite in the Makorungo prospect is characterized by high Fe and Cd contents, ranging 9.2-11.8 wt. %, and 2.9-3.4 wt. %, respectively. Pressure formation estimated from FeS contents in sphalerite coexisting with pyrite and pyrrhotite (sphalerite geobarometry) is within 1.6 and 2.1 Kb, which corresponds to a depth from 5.9 to7.4 Km. The coeval existence of pyrrhotite and sphalerite in the Makorungo prospect suggests a low sulfidation state, along the pyrite-pyrrhotite equilibrium.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical features of the Hishikari epithermal gold deposit based on simultaneous multi-element analysis

*西田 草太[1]、石田 美月[1]、安川 和孝[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、加藤 泰浩[3,1,2]
*Sota Nishida[1], Mizuki Ishida[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Kentaro Nakamura[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Yasuhiro Kato[3,1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

The Hishikari gold deposit, located in the northern part of Kagoshima prefecture, Japan, is known as one of the highest-grade gold deposits in the world. The origin of this low-sulfidation vein-type deposit has been extensively investigated since its discovery in the early 1980s. For example, Ishihara et al. (1986) suggested a magmatic source for gold (Au) and sulfur (S) based on sulfur isotope compositions of pyrites [1]. More recently, Morishita et al. (2018) demonstrated a positive correlation between Au and arsenic (As) in pyrites of the Hishikari veins and discussed their genetic relationship [2].

Understanding the mineralization process of the Hishikari deposit can provide key insights into an exploration strategy for new and high-grade gold deposits. To this end, identifying elements that show behaviors closely associated with Au can be one of the effective approaches. In this study, therefore, major and trace element geochemistry of the Hishikari ore samples have been investigated in order to obtain a new constraint on the Au mineralization processes. We determined multi-elemental composition (including Au) of the host rocks and vein samples by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

Previous studies suggested that adularia content is closely related to the Au content of the ore [3]. In the present study, however, we found no correlation between Au and adularia contents in the vein samples. The results of X-ray diffraction (XRD) analysis indicated that the samples with high Au mostly consist of quartz. The Au mineralization thus seems to have occurred concurrently with the quartz mineralization that followed the adularia mineralization.

Among the 49 elements measured in this study, silver (Ag) content was positively correlated with Au content, which is consistent with the fact that electrum is the main host of Au in the Hishikari deposit. Arsenic (As) content had no correlation with Au, although it is well known for a coupling behavior with Au. Most notably, bismuth (Bi) content had clear correlation with Ag ($r = 0.88$) and Au ($r = 0.91$) contents, whereas it had no clear correlation with cobalt (Co), copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), lead (Pb), or As contents. Bi is known to be enriched in high-sulfidation gold deposits where the common host of Bi is sulfide minerals (e.g. [4]), and closely associated with Au in these deposits. However, elemental behavior of Bi in low-sulfidation gold deposits has so far been poorly understood. Our results imply that Bi in the Hishikari deposit is likely to be involved not in sulfide but in electrum. This in turn suggests that Bi could be an important tracer for Au mineralization in low-sulfidation deposits such as the Hishikari deposit.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] S. Ishihara, Y. Sakamaki, A. Sasaki et al. (1986) *Mining Geology*, **36**(200), 495-509.

[2] Y. Morishita, N. Shimada and K. Shimada (2018) *Ore Geology Reviews*, **95**, 79-93.

[3] K. Ibaraki, R. Suzuki and E. Fukuda (1991) *Mining Geology*, **41**(2), 63-75.

[4] B. Zheng, Y. Zhu, F. An et al. (2015) *Ore Geology Reviews*, **69**, 17-32.

キーワード：金、菱刈鉱床、全岩化学組成分析、ICP-MS、微量元素組成
Keywords: gold, Hishikari deposit, bulk chemical analysis, ICP-MS, trace element composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transformation of ore minerals and their geochemical signatures in submarine hydrothermal ore deposits in Izena Hole, Okinawa Trough

*池島 拓郎[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]、伊藤 茜[1]、小野 修司[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、熊谷 英憲[3]、前田 玲奈[3]
*IKESHIMA TAKURO[1], Tsubasa Otake[1], Tsutomu Sato[1], Akane Ito[1], Shuji Ono[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Tatsuo Nozaki[3], Hidenori Kumagai[3], Lena Maeda[3]

1. 北海道大学、2. 九州大学、3. 海洋研究開発機構
1. Hokkaido University, 2. Kyushu University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

It is important for exploration and development of submarine hydrothermal ore deposits to understand zoning of ore bodies and their mineral assemblages, particularly with depth from the seafloor. Transformation of ore minerals via dissolution and re-precipitation may cause such a zoning corresponding to the evolution of a hydrothermal system because geochemical conditions may then vary with the depth from the seafloor. In this study, we aimed (1) to clarify the mineral assemblage changes with increasing depth of a mound sulfide deposit by microscopic observations and SEM-EDS analyses, (2) to understand geochemical evolution of hydrothermal fluids based on Fe contents in sphalerite determined by EPMA, and (3) to understand the formation processes of Fe sulfides by analyzing Fe isotopic composition of the bulk samples with MC-ICP-MS. The samples used for the analyses were obtained from Site C9027, which drilled up to 72.5 meter below seafloor (mbsf) through a mound sulfide deposit in Hakurei site, Izena Hole, middle Okinawa Trough during the CK16-05 cruise operated from November to December, 2016 under the SIP program.
Results of microscopic observations show that sphalerite and galena are comparatively dominant with minor occurrence of pyrrhotite and anglesite in the samples at shallow depths. In contrast, samples from middle and deep depths are more abundant on pyrite and chalcopyrite, and pyrite, respectively. The texture that pyrrhotite was dissolved and replaced by pyrite or marcasite was observed in the samples in the depth of 0.05 –44.0 mbsf. The Fe content in sphalerite tends to decrease with increasing depth, and also change within single sphalerite grain. These results suggest that hydrothermal fluid geochemistry such as fugacity of S_2 and O_2, and temperature changes for the depth and time. The δ^{56}Fe values (δ^{56}Fe (‰) = 1000 * [(^{56}Fe/^{54}Fe) sample / (^{56}Fe/^{54}Fe) $_{IRMM-014}$ -1]) of the bulk samples range from -0.62 to +0.11‰, which tends to increase toward the deeper part. This indicates that Fe sulfides at shallow depths was formed by non-equilibrium precipitation with a rapid cooling, which caused a kinetic isotope effect. In contrast, those at deeper depths were likely formed near the equilibrium conditions.

キーワード：海底熱水鉱床、伊是名海穴、SIP、交代作用、鉄同位体、ちきゅう
Keywords: Submarine hydrothermal ore deposits, Izena Hole, SIP, Replacement, Fe isotope, D/V Chikyu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical behavior of heavy metals during wastewater treatment in Chingola Stream of the Zambia Copperbelt

*Cryton Phiri[1], Daiki Shimazui[2], Tsutomu Sato[2], Tsubasa Otake[2]

1. University of Zambia, 2. Hokkaido University

The study focuses on an area at a copper mine in Chingola town of the Zambian Copperbelt where wastewater containing heavy metals (Cu-Co-Mn) at variable pH (3.5-6.5) mixes with a nearby municipal wastewater in Chingola Stream. The metal concentration of discharge is below the regulation limit because lime treatment has been conducted in the stream. However, remaining volume of ponds for sludge produced by lime treatment was limited. The objective of the study was therefore to understand the geochemical behavior of the metals for the optimization of wastewater treatment. Representative water and soil samples were obtained along the affected stream and analyzed for their target heavy metal content and geochemical distribution using ICP-AES/MS and sequential extraction (SQE) methods. Analyses of sediment mineralogy were made by XRD, optical microscopy, FE-SEM/EDS and TEM/EDS. Water chemistry results revealed relatively low metal concentrations of Cu-Co-Mn ranging from below detection limit (bdl) to 60mg/l. SQE analyses show high total target metal concentrations ranging from (1-12000mg/kg) in sediments, which obviously supports the possible adsorption and precipitation processes to be taking place. Low concentrations are as a result of the increasing pH and possible metal adsorption and precipitation on sediment. The target metal contents were highest in exchangeable fraction Cu (100-2500mg/kg), Co (1-50mg/kg), Mn (bdl-2g/kg), and in carbonate fraction Cu (2-500mg/kg), Co (0.5-20mg/kg), Mn (bdl-1.2g/kg) and in amorphous Fe mineral fraction Cu (2-1000mg/kg), Co (1-100mg/kg) and Mn (0.5-2.5g/kg) respectively. The other remaining fractions had very low metal concentrations. FE-SEM/EDS and TEM/EDS techniques showed some metal adsorption phases on biotite and kaolinite confirming the earlier results of SQE. The amorphous Fe mineral determined using SQE reveal an average of between 3.5-12 g/kg. From the surface complexation modeling between amorphous Fe mineral and the metals shows that the range of pH condition, 6.5-7.5 is strongly recommended for better sorbed fraction of Cu-Co-Mn on amorphous Fe mineral. From the above results, it was found that the geochemical partitioning of metals to the most labile exchangeable fraction which easily releases metals to the environment depending on the prevailing conditions (i.e pH) can as well be treated by ion exchange, surface complexation by amorphous Fe mineral and carbonation. The advantages of this treatment method is that heavy metal can easily be recovered from sludge through the application of relatively weak acid and at the same time reducing the sludge volumes through utilization of the sediments as sand for engineering purposes.

Keywords: Heavy metals, Geochemical behavior, Treatment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[H-TT21] 石造文化財に応用可能な非破壊分析

コンビーナ:小口 千明(埼玉大学大学院理工学研究科)、Celine Elise Thomachot-Schneider(Groupe d'etude des environnements naturels, anthropiques et archeologiques - Universite de Reims-Champagne-Ardenne (France))、宋 苑瑞(早稲田大学)、Miguel Gomez-Heras(Universidad Autonoma de Madrid)

非破壊的の分析・測定技術は、近年著しく発展してきており、これらの技術への関心はますます高まっている。本セッションでは、石や土材料で作られた文化遺産に適用されるこれらの新しい技術に関する研究発表を募集する。たとえば、1）文化遺産を調査対象とした新技術、装置の開発、非破壊測定技術、 2）屋内外の事例研究と室内実験に関する技術や手法、 3）風化機構、風化速度、および風化程度に関する調査方法と評価、4）風化・劣化・削剥など現象のモデリングとシミュレーション、保存修復方法などの提案など、多方面の分野からの研究発表を期待します。

[HTT21-P01] **Comparison and Analysis of GNSS-RTK Combined with 3D LiDAR Technology on Monument Maintenance Project**

*Lih-Shinn Hwang[1]、Chien-Hua Chiu[1]、Chien-Wen Wang[1]、Hsiao-Hung Chen[1] (1.National Defense Univ.)

[HTT21-P02] Non-destructive field measurement for investigation of deteriorated parts of an artificial cave

坂根 海征[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2] (1.埼玉大学大学院理工学研究科、2.田谷の洞窟保存実行委員会)

[HTT21-P03] Ultra-portable thermal cameras for moisture detection

*Miguel Gomez-Heras[1]、Laura Lopez-Gonzalez[2]、Maria Teresa Gil-Muñoz[3] (1.Universidad Autonoma de Madrid、2.Artfabrik、3.Universidad Complutense de Madrid)

[HTT21-P04] A laboratory experiment on stone decay by combination of salt and ice crystallization

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HTT21-P05] Study of the micro-climatic monitoring on the Saint-Remi Basilica (Rheims, France)

*Huby Emilie[1]、Celine Thomachot-Schneider[1]、Patricia Vazquez[1]、Gilles Fronteau[1] (1.Universite de Reims-Champagne-Ardenne)

Comparison and Analysis of GNSS-RTK Combined with 3D LiDAR Technology on Monument Maintenance Project

*Lih-Shinn Hwang[1], Chien-Hua Chiu[1], Chien-Wen Wang[1], Hsiao-Hung Chen[1]

1. National Defense Univ.

The Precision is the first face problem in the restoration and preservation of Monument Maintenance Project. It may be that the initial coordinates of the position cannot be effectively determined by each object of historical antiquities or buildings, which seriously affects the proportional position when the combination is later reconstructed; or because the relative relationship with the natural environment is neglected, the restoration project is time consuming and even there may be errors that cannot be recovered.
Therefore, external reference control points play an important role in the 3D laser scanning operation of historical antiquities or buildings. Especially for long-term monitoring, it almost determines the accuracy of the following article scanning.
However, due to the unexpected situation on the spot, there are often control points lost, and there is a need for a rebuild-point project, which affects the 3D scanning operation of the later cultural relics. Rebuild-point project requires not only consistent precision, but also convenience and speed. This team takes the ancient house of Li-Tengfang, a national monument, as an example. When this term is studying on the restoration and preservation of Monument Maintenance Project, it is, and proposes newly method of rebuild-point project by comparison. A new method based on the viewpoint of engineering measurement is proposed to improve the lack of traditional operations.
The experimental results show that the GNSS-RTK rapidly-precise-positioning technology can replace the traditional static-measurement to practice rebuild-point project, and the 3D LiDAR ground control measurement which accuracy is enough can also be used as a reference for the other control points. Under the premise of high efficiency and constant accuracy, our team not only successfully introduced the concept of engineering measurement into the restoration and preservation of Monument Maintenance Project, but also completed the all 3D laser scanning operation on Li-Tengfang ancient house. All research processes can be provided to relevant units for reference.

Keywords: Monument Maintenance Project, Rebuild-point project, GNSS-RTK rapidly-precise-positioning positioning, 3D LiDAR Ground control measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Non-destructive field measurement for investigation of deteriorated parts of an artificial cave

坂根 海征[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2]
Kaisei Sakane[1], *Chiaki T. Oguchi[1], Yasuhiko TAMURA[2]

1. 埼玉大学大学院理工学研究科、2. 田谷の洞窟保存実行委員会
1. Institute for Environmental Science and Technology, Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, 2. The Exective Committee for the Preservation of Taya Cavern

Non-destructive measurements are useful methods for evaluating weathering degree without any damage on geoarchaeological sites. The present study aims to extract the deteriorated parts by using Silver Schmidt hammer and ultrasonic measurement on the Taya cave in Yokohama city. It is a manmade cave excavated from Kamakura to late Edo periods. Many sculptures and reliefs were carved on the surface of the cave wall made of soft rock. The cave has a complex three-layer structure with a total length of 570 m. Firstly, distribution maps showing cracks and exfoliation parts were created. Then, the points showing low rebound values and slow ultrasonic rates were plotted on the same map. After these on-site measurements, many dangerous parts were turned out within the worship route.

キーワード：Taya Cave、Silver Schmidt Test、Ultrasonic Rate
Keywords: Taya Cave, Silver Schmidt Test, Ultrasonic Rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ultra-portable thermal cameras for moisture detection

*Miguel Gomez-Heras[1], Laura Lopez-Gonzalez[2], Maria Teresa Gil-Muñoz[3]

1. Universidad Autonoma de Madrid, 2. Artfabrik, 3. Universidad Complutense de Madrid

Thermal imaging technology has grown and costs have decreased exponentially from 1987, when the first portable commercially available radiometric system appeared. Several firms produce nowadays ultra-portable thermal cameras that can be fitted in smartphones and tablets, giving resolutions of thermal images up to 320x240 p at a low cost. This facilitates the use of this tool for practitioners as a part of assessment of the state of conservation of heritage buildings and control and monitoring of conservation measurements. Moisture detection is a particular case in which thermal imaging is useful. This communication presents a case study of ultra-portable thermal camera usage for moisture detection and monitoring in two north-facing chapels in the ambulatory of the 14th to 16th Century Cathedral of Palencia (Spain). [Supported by Top Heritage (P2018/NMT-4372) programe from the Regional Government of Madrid (Spain)]

Keywords: Infrared Termography, Non-Destructive Testing, Moisture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A laboratory experiment on stone decay by combination of salt and ice crystallization

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2]
*Masato Sato[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学大学院生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系
1. Graduate School of Life and environmental Sciences, 2. Faculty of Life and EnvironmentalSciences, University of Tsukuba

A laboratory weathering experiment simulating combination of salt and ice crystallization was carried out using four types of rocks (porous tuff, dense tuff, dense sandstone, and porous andesite) with three types of salts (sodium chloride, sodium sulfate, or magnesium sulfate). The rock specimens were subjected to freeze-thaw cycles in a climatic cabinet where air temperature ranged from -30℃ to 10℃ within 24 hours. Prior to the freeze-thaw experiment, the specimens were immersed in saturated salt solutions at 10˚C or distilled water for 72 hours, and covered with foil for preventing the specimens from drying.
The specimens immersed in saturated salt solutions showed greater weight losses, reductions in Equotip rebound value and longitudinal wave velocity and surface expansion than those immersed in distilled water. Saturated solution of magnesium sulfate induced the greatest damage on rock specimens, although magnesium sulfate has been regarded as an inactive salt in the previous freeze-thaw experiments in which rock specimen were partly immersed in salt solution with dilute or mild concentration. Sodium sulfate induced rock damages comparable with sodium chloride. Sodium and magnesium sulfate crystallized from saturated solution and induced rock expansion prior to freezing. These salt crystals may fill micro-pores in rock and facilitates rock expansion and breakdown due to freezing.

キーワード：alt weathering、frost weathering、freeze-thaw、surface hardness、longitudinal wave velocity、surface expansion
Keywords: alt weathering, frost weathering, freeze-thaw, surface hardness, longitudinal wave velocity, surface expansion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of the micro-climatic monitoring on the Saint-Remi Basilica (Rheims, France)

*Huby Emilie[1]、Celine Thomachot-Schneider[1]、Patricia Vazquez[1]、Gilles Fronteau[1]
*Emilie Huby[1], Celine Elise Thomachot-Schneider[1], Patricia Vazquez[1], Gilles Fronteau[1]

1. Universite de Reims-Champagne-Ardenne
1. Universite de Reims-Champagne-Ardenne

Historical buildings are subjected to weathering through different factors such as temperature and humidity variations, that have a direct influence on different weathering processes. Insolation produces thermal expansion differences within the stone creating stresses at grain boundaries that can lead to disaggregation. If water is involved, a low temperature can cause the freezing of water inducing ice expansion and cryosuction. These repetitive stresses can damage the stone through fatigue failure. The measurement of environmental parameters on site is essential in order to study the weathering of the stone in its particular environment and anticipate risk areas.
To identify the micro-climatic conditions on a monument, an in situ monitoring was achieved on the Saint-Remi Basilica of Rheims, listed as a UNESCO World Heritage site. A sensor network was set up on the two towers of the monument in December 2017: fourteen temperature-humidity i-Buttons facing different directions, at different heights and recording with a time step of 1 hour, or a time step of 2 minutes for short measurement campaigns.
The data obtained by the sensor network highlighted the microclimates on the building. The height of the measured points had no significant impact on the results, whereas the orientation of the façade had an influence on the surface temperature. This was directly related to the longer solar exposure of the stone throughout the day and allowed to identify micro-climates. The façades exposed to the sun (South, East in the morning, West in the afternoon) present higher temperatures and lower relative humidity compared to the shadowed areas (North, East in the afternoon, West in the morning, other shadowed zones). The relative humidity measured was linked to the temperature: a temperature increase induces a humidity decrease. A mean difference of temperature between South and North of 2,7˚C with a maximum of 18˚C and a mean difference of relative humidity of 4,3% with a maximum of 48% were observed.
Climatic cycles on different time ranges were identified: an annual cycle alternating between winter and summer, a daily cycle due to sun exposure and short cycles identified during short term monitoring. These short abrupt variations of temperature (1-2˚C) on façades lasted between 5 and 40 minutes and were due to cloud cover and/or wind-speed. Four typical days inducing strains were identified: sunny days with a temperature increase superior to 10˚C, rainy days inducing wet/dry cycles, frost days presenting frost/thaw cycles and stormy days where a sudden rain on heated stones caused abrupt temperature and humidity variations. A year can thus be fragmented in those 4 categorized days. This repartition of typical days over a year depended on the micro-climatic variations previously identified: the shadowed zones experienced less sunny days and more rainy days.
This study of climatic monitoring will help anticipate the stone weathering on the Saint-Remi Basilica. The monitoring will continue for the next two years in order to obtain reproducible data and will be coupled with an infrared thermography monitoring. The strains corresponding to the four identified types of day are reproduced through accelerated ageing experiments using the parameters recorded on site. From the repartition of these typical days in one year, this will allow to estimate the behavior of a stone during a year on a sun-exposed façade and on a shadowed zone of the Basilica. The final goal is to be able to anticipate the stone weathering on the monument and identify risk areas.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：weathering processes、micro-climate、in situ monitoring、Saint-Remi Basilica
Keywords: weathering processes, micro-climate, Saint-Remi Basilica, in situ monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[H-TT21] 石造文化財に応用可能な非破壊分析

コンビーナ:小口 千明(埼玉大学大学院理工学研究科)、Celine Elise Thomachot-Schneider(Groupe d'etude des environnements naturels, anthropiques et archeologiques - Universite de Reims-Champagne-Ardenne (France))、宋 苑瑞(早稲田大学)、Miguel Gomez-Heras(Universidad Autonoma de Madrid)

非破壊的の分析・測定技術は、近年著しく発展してきており、これらの技術への関心はますます高まっている。本セッションでは、石や土材料で作られた文化遺産に適用されるこれらの新しい技術に関する研究発表を募集する。たとえば、1）文化遺産を調査対象とした新技術、装置の開発、非破壊測定技術、 2）屋内外の事例研究と室内実験に関する技術や手法、 3）風化機構、風化速度、および風化程度に関する調査方法と評価、4）風化・劣化・削剥など現象のモデリングとシミュレーション、保存修復方法などの提案など、多方面の分野からの研究発表を期待します。

[HTT21-P01] **Comparison and Analysis of GNSS-RTK Combined with 3D LiDAR Technology on Monument Maintenance Project**

*Lih-Shinn Hwang[1]、Chien-Hua Chiu[1]、Chien-Wen Wang[1]、Hsiao-Hung Chen[1] (1.National Defense Univ.)

[HTT21-P02] Non-destructive field measurement for investigation of deteriorated parts of an artificial cave

坂根 海征[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2] (1.埼玉大学大学院理工学研究科、2.田谷の洞窟保存実行委員会)

[HTT21-P03] Ultra-portable thermal cameras for moisture detection

*Miguel Gomez-Heras[1]、Laura Lopez-Gonzalez[2]、Maria Teresa Gil-Muñoz[3] (1.Universidad Autonoma de Madrid、2.Artfabrik、3.Universidad Complutense de Madrid)

[HTT21-P04] A laboratory experiment on stone decay by combination of salt and ice crystallization

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

[HTT21-P05] Study of the micro-climatic monitoring on the Saint-Remi Basilica (Rheims, France)

*Huby Emilie[1]、Celine Thomachot-Schneider[1]、Patricia Vazquez[1]、Gilles Fronteau[1] (1.Universite de Reims-Champagne-Ardenne)

Comparison and Analysis of GNSS-RTK Combined with 3D LiDAR Technology on Monument Maintenance Project

*Lih-Shinn Hwang[1], Chien-Hua Chiu[1], Chien-Wen Wang[1], Hsiao-Hung Chen[1]

1. National Defense Univ.

The Precision is the first face problem in the restoration and preservation of Monument Maintenance Project. It may be that the initial coordinates of the position cannot be effectively determined by each object of historical antiquities or buildings, which seriously affects the proportional position when the combination is later reconstructed; or because the relative relationship with the natural environment is neglected, the restoration project is time consuming and even there may be errors that cannot be recovered.
Therefore, external reference control points play an important role in the 3D laser scanning operation of historical antiquities or buildings. Especially for long-term monitoring, it almost determines the accuracy of the following article scanning.
However, due to the unexpected situation on the spot, there are often control points lost, and there is a need for a rebuild-point project, which affects the 3D scanning operation of the later cultural relics. Rebuild-point project requires not only consistent precision, but also convenience and speed. This team takes the ancient house of Li-Tengfang, a national monument, as an example. When this term is studying on the restoration and preservation of Monument Maintenance Project, it is, and proposes newly method of rebuild-point project by comparison. A new method based on the viewpoint of engineering measurement is proposed to improve the lack of traditional operations.
The experimental results show that the GNSS-RTK rapidly-precise-positioning technology can replace the traditional static-measurement to practice rebuild-point project, and the 3D LiDAR ground control measurement which accuracy is enough can also be used as a reference for the other control points. Under the premise of high efficiency and constant accuracy, our team not only successfully introduced the concept of engineering measurement into the restoration and preservation of Monument Maintenance Project, but also completed the all 3D laser scanning operation on Li-Tengfang ancient house. All research processes can be provided to relevant units for reference.

Keywords: Monument Maintenance Project, Rebuild-point project, GNSS-RTK rapidly-precise-positioning positioning, 3D LiDAR Ground control measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Non-destructive field measurement for investigation of deteriorated parts of an artificial cave

坂根 海征[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2]
Kaisei Sakane[1], *Chiaki T. Oguchi[1], Yasuhiko TAMURA[2]

1. 埼玉大学大学院理工学研究科、2. 田谷の洞窟保存実行委員会
1. Institute for Environmental Science and Technology, Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, 2. The Exective Committee for the Preservation of Taya Cavern

Non-destructive measurements are useful methods for evaluating weathering degree without any damage on geoarchaeological sites. The present study aims to extract the deteriorated parts by using Silver Schmidt hammer and ultrasonic measurement on the Taya cave in Yokohama city. It is a manmade cave excavated from Kamakura to late Edo periods. Many sculptures and reliefs were carved on the surface of the cave wall made of soft rock. The cave has a complex three-layer structure with a total length of 570 m. Firstly, distribution maps showing cracks and exfoliation parts were created. Then, the points showing low rebound values and slow ultrasonic rates were plotted on the same map. After these on-site measurements, many dangerous parts were turned out within the worship route.

キーワード：Taya Cave、Silver Schmidt Test、Ultrasonic Rate
Keywords: Taya Cave, Silver Schmidt Test, Ultrasonic Rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ultra-portable thermal cameras for moisture detection

*Miguel Gomez-Heras[1], Laura Lopez-Gonzalez[2], Maria Teresa Gil-Muñoz[3]

1. Universidad Autonoma de Madrid, 2. Artfabrik, 3. Universidad Complutense de Madrid

Thermal imaging technology has grown and costs have decreased exponentially from 1987, when the first portable commercially available radiometric system appeared. Several firms produce nowadays ultra-portable thermal cameras that can be fitted in smartphones and tablets, giving resolutions of thermal images up to 320x240 p at a low cost. This facilitates the use of this tool for practitioners as a part of assessment of the state of conservation of heritage buildings and control and monitoring of conservation measurements. Moisture detection is a particular case in which thermal imaging is useful. This communication presents a case study of ultra-portable thermal camera usage for moisture detection and monitoring in two north-facing chapels in the ambulatory of the 14th to 16th Century Cathedral of Palencia (Spain). [Supported by Top Heritage (P2018/NMT-4372) programe from the Regional Government of Madrid (Spain)]

Keywords: Infrared Termography, Non-Destructive Testing, Moisture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A laboratory experiment on stone decay by combination of salt and ice crystallization

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2]
*Masato Sato[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学大学院生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系
1. Graduate School of Life and environmental Sciences, 2. Faculty of Life and EnvironmentalSciences, University of Tsukuba

A laboratory weathering experiment simulating combination of salt and ice crystallization was carried out using four types of rocks (porous tuff, dense tuff, dense sandstone, and porous andesite) with three types of salts (sodium chloride, sodium sulfate, or magnesium sulfate). The rock specimens were subjected to freeze-thaw cycles in a climatic cabinet where air temperature ranged from -30℃ to 10℃ within 24 hours. Prior to the freeze-thaw experiment, the specimens were immersed in saturated salt solutions at 10˚C or distilled water for 72 hours, and covered with foil for preventing the specimens from drying.
The specimens immersed in saturated salt solutions showed greater weight losses, reductions in Equotip rebound value and longitudinal wave velocity and surface expansion than those immersed in distilled water. Saturated solution of magnesium sulfate induced the greatest damage on rock specimens, although magnesium sulfate has been regarded as an inactive salt in the previous freeze-thaw experiments in which rock specimen were partly immersed in salt solution with dilute or mild concentration. Sodium sulfate induced rock damages comparable with sodium chloride. Sodium and magnesium sulfate crystallized from saturated solution and induced rock expansion prior to freezing. These salt crystals may fill micro-pores in rock and facilitates rock expansion and breakdown due to freezing.

キーワード：alt weathering、frost weathering、freeze-thaw、surface hardness、longitudinal wave velocity、surface expansion
Keywords: alt weathering, frost weathering, freeze-thaw, surface hardness, longitudinal wave velocity, surface expansion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of the micro-climatic monitoring on the Saint-Remi Basilica (Rheims, France)

*Huby Emilie[1]、Celine Thomachot-Schneider[1]、Patricia Vazquez[1]、Gilles Fronteau[1]
*Emilie Huby[1], Celine Elise Thomachot-Schneider[1], Patricia Vazquez[1], Gilles Fronteau[1]

1. Universite de Reims-Champagne-Ardenne
1. Universite de Reims-Champagne-Ardenne

Historical buildings are subjected to weathering through different factors such as temperature and humidity variations, that have a direct influence on different weathering processes. Insolation produces thermal expansion differences within the stone creating stresses at grain boundaries that can lead to disaggregation. If water is involved, a low temperature can cause the freezing of water inducing ice expansion and cryosuction. These repetitive stresses can damage the stone through fatigue failure. The measurement of environmental parameters on site is essential in order to study the weathering of the stone in its particular environment and anticipate risk areas.
To identify the micro-climatic conditions on a monument, an in situ monitoring was achieved on the Saint-Remi Basilica of Rheims, listed as a UNESCO World Heritage site. A sensor network was set up on the two towers of the monument in December 2017: fourteen temperature-humidity i-Buttons facing different directions, at different heights and recording with a time step of 1 hour, or a time step of 2 minutes for short measurement campaigns.
The data obtained by the sensor network highlighted the microclimates on the building. The height of the measured points had no significant impact on the results, whereas the orientation of the façade had an influence on the surface temperature. This was directly related to the longer solar exposure of the stone throughout the day and allowed to identify micro-climates. The façades exposed to the sun (South, East in the morning, West in the afternoon) present higher temperatures and lower relative humidity compared to the shadowed areas (North, East in the afternoon, West in the morning, other shadowed zones). The relative humidity measured was linked to the temperature: a temperature increase induces a humidity decrease. A mean difference of temperature between South and North of 2,7˚C with a maximum of 18˚C and a mean difference of relative humidity of 4,3% with a maximum of 48% were observed.
Climatic cycles on different time ranges were identified: an annual cycle alternating between winter and summer, a daily cycle due to sun exposure and short cycles identified during short term monitoring. These short abrupt variations of temperature (1-2˚C) on façades lasted between 5 and 40 minutes and were due to cloud cover and/or wind-speed. Four typical days inducing strains were identified: sunny days with a temperature increase superior to 10˚C, rainy days inducing wet/dry cycles, frost days presenting frost/thaw cycles and stormy days where a sudden rain on heated stones caused abrupt temperature and humidity variations. A year can thus be fragmented in those 4 categorized days. This repartition of typical days over a year depended on the micro-climatic variations previously identified: the shadowed zones experienced less sunny days and more rainy days.
This study of climatic monitoring will help anticipate the stone weathering on the Saint-Remi Basilica. The monitoring will continue for the next two years in order to obtain reproducible data and will be coupled with an infrared thermography monitoring. The strains corresponding to the four identified types of day are reproduced through accelerated ageing experiments using the parameters recorded on site. From the repartition of these typical days in one year, this will allow to estimate the behavior of a stone during a year on a sun-exposed façade and on a shadowed zone of the Basilica. The final goal is to be able to anticipate the stone weathering on the monument and identify risk areas.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：weathering processes、micro-climate、in situ monitoring、Saint-Remi Basilica
Keywords: weathering processes, micro-climate, Saint-Remi Basilica, in situ monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[H-TT21] 石造文化財に応用可能な非破壊分析

コンビーナ:小口 千明(埼玉大学大学院理工学研究科)、Celine Elise Thomachot-Schneider(Groupe d'etude des environnements naturels, anthropiques et archeologiques - Universite de Reims-Champagne-Ardenne (France))、宋 苑瑞(早稲田大学)、Miguel Gomez-Heras(Universidad Autonoma de Madrid)、座長:宋 苑瑞、小口 千明

非破壊的の分析・測定技術は、近年著しく発展してきており、これらの技術への関心はますます高まっている。本セッションでは、石や土材料で作られた文化遺産に適用されるこれらの新しい技術に関する研究発表を募集する。たとえば、1）文化遺産を調査対象とした新技術、装置の開発、非破壊測定技術、 2）屋内外の事例研究と室内実験に関する技術や手法、 3）風化機構、風化速度、および風化程度に関する調査方法と評価、4）風化・劣化・削剥など現象のモデリングとシミュレーション、保存修復方法などの提案など、多方面の分野からの研究発表を期待します。

15:30 ~ 15:45

[HTT21-01] Study on creation of 3D model by SfM photogrammetry: An example of Taya Cave

清水 きさら[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2]、早川 裕弌[3]、小倉 拓郎[4]、緒方 啓介[5] (1.埼玉大学大学院理工学研究科、2.田谷の洞窟保存実行委員会、3.北海道大学地球環境科学院、4.東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻、5.鶴見大学)

15:45 ~ 16:00

[HTT21-02] **人工洞窟における地上レーザ測量データと3Dプリントの地盤工学的および教育的活用**

*早川 裕弌[1,2]、小倉 拓郎[4,5]、田村 裕彦[2]、小口 千明[3]、清水 きさら[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.東京大学空間情報科学研究センター、3.埼玉大学、4.東京大学新領域創成科学研究科、5.北海道大学大学院環境科学院)

16:00 ~ 16:15

[HTT21-03] 沖縄県の世界遺産，園比屋武御嶽石門の保存修復ー モルタルによる穴埋めとシリコーン樹脂塗布から30年経過後の現状

*宋 苑瑞[1]、西浦 忠輝[2]、小口 千明[3] (1.早稲田大学、2.国士舘大学、3.埼玉大学)

16:15 ~ 16:30

[HTT21-04] 高知県沿岸部の海底石造物の起源推定のためのポータブルXRFの活用

★招待講演

*谷川 亘[1]、浦本 豪一郎[2]、村山 雅史[2]、濱田 洋平[1]、山本 裕二[2]、多田井 修[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　海洋コア総合研究センター、3.マリン・ワーク・ジャパン)

16:30 ~ 16:45

[HTT21-05] pXRF analyses on Assyrain sculptures

★Invited Papers

*安間 了[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、渡辺 千香子[3]、辻 彰洋[4] (1.徳島大学大学院社会産業理工学研究部、2.総合地球環境学研究所、3.大阪学院大学国際学部、4.国立科学博物館植物研究部)

16:45 ~ 17:00

[HTT21-06] Discussion

*小口 千明[1] (1.埼玉大学大学院理工学研究科)

Study on creation of 3D model by SfM photogrammetry: An example of Taya Cave

清水 きさら[1]、*小口 千明[1]、田村 裕彦[2]、早川 裕弌[3]、小倉 拓郎[4]、緒方 啓介[5]
Kisara Shimizu[1], *Chiaki T. Oguchi[1], Yasuhiko TAMURA[2], Yuichi S. Hayakawa[3], Takuro Ogura[4], OGATA KEISUKE[5]

1. 埼玉大学大学院理工学研究科、2. 田谷の洞窟保存実行委員会、3. 北海道大学地球環境科学院、4. 東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻、5. 鶴見大学
1. Institute for Environmental Science and Technology, Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, 2. The Exective Committee for the Preservation of Taya Cavern, 3. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 4. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5. Tsurumi University

SfM (Structure-from-Motion) photogrammetry is one of the methods for creating 3D models of objects by extracting feature points in the images. Taya Cave, the investigation site of the present study, is a historical site of Yokohama City. It has about 200 base-reliefs on the surface of the cave tunnel walls, however, they are suffering from weathering and difficult to preserve from it in the future. The cave was excavated in Kamakura Era originally, and has a total length of 570 m with a three-layer structure. The present study tried to make a 3D model of this complicated, dark and narrow cave by SfM photogrammetry. The accuracy of the created 3D model were evaluated by comparing the values of distances between from the 3D model and from 2016 actual survey data.

キーワード：SfM、Taya Cave
Keywords: SfM, Taya Cave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

人工洞窟における地上レーザ測量データと3Dプリントの地盤工学的および教育的活用

TLS measurement data and 3D printing of an artificial cave for geotechnical and educational applications

*早川 裕弌[1,2]、小倉 拓郎[4,5]、田村 裕彦[2]、小口 千明[3]、清水 きさら[3]
*Yuichi S. Hayakawa[1,2], Takuro Ogura[4,5], Yasuhiko Tamura[2], Chiaki T. Oguchi[3], Kisara Shimizu[3]

1. 北海道大学地球環境科学研究院、2. 東京大学空間情報科学研究センター、3. 埼玉大学、4. 東京大学新領域創成科学研究科、5. 北海道大学大学院環境科学院
1. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, 3. Saitama University, 4. Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, 5. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

Conservation of an underground cultural heritage is often a controversial issue due partly to its invisibility and insufficient awareness in the local society. Also, the safety assessment is necessary to promote sustainable protection of an underground cultural heritage. The developments in high-definition topographic measurements enable to acquire detailed three-dimensional morphological data of a cave, which can be further utilized for the visualization and structural analyses. Regarding the measurements and visualization, we present a case study at the Taya Cave, a registered cultural heritage in Yokohama City, Kanagawa Prefecture in central Japan. The terrestrial laser scanning was performed from multiple scan positions throughout the cave, and the point clouds were registered using the feature-based iterated closest point algorithm. The registered point clouds were then converted into a mesh model, to which face error corrections and a solid filling were applied. After these processes, the mesh model can be printed out in three dimensions. The 3D print model of the cave is used for the class teaching in an elementary school in the local area, and such the visualization of the cave successfully enhanced the recognition by students regarding the underground cultural heritage. The 3D data can also be utilized for the structural assessment of the cave. Effective and sustainable protection of the cave will further be possible by integrating such geotechnical assessments and outreach activities in the local society.

キーワード：地上レーザ測量、点群、3Dプリント、アウトリーチ、地下文化財
Keywords: terrestrial laser scanning, point cloud, 3D printing, outreach, underground cultural heritage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄県の世界遺産，園比屋武御嶽石門の保存修復ー モルタルによる穴埋めとシリコーン樹脂塗布から30年経過後の現状

Conservation restoration of the world heritage of Okinawa Prefecture, Sonohyan-utaki Ishimon - Situation after 30 years since filling with mortar and applying silicone resin.

*宋 苑瑞[1]、西浦 忠輝[2]、小口 千明[3]
*Wonsuh Song[1], Tadateru Nishiura[2], Chiaki T. Oguchi[3]

1. 早稲田大学、2. 国士舘大学、3. 埼玉大学
1. Waseda University, 2. Kokushika Univeristy, 3. Saitama University

沖縄の首里城公園内にある園比屋武御嶽石門は「琉球王国のグスクおよび関連遺産群」の一カ所として2000年に世界遺産に登録された．石門とその奥の森を園比屋武御嶽といい，琉球王国の国王が外出するときに安全を祈願する礼拝所として使われてきた．1519年に琉球石灰岩で建てられ，1933年には旧国宝に指定されたが沖縄戦で大破され，1957年に復元された後に解体修理し1986年に完成し，1972年国指定建造物になった．解体修理時には古い屋根石を使用したが，この際にクリーニングや撥水性シリコーン樹脂の含浸や表面の穴埋めを行った．現在は図1でも確認できるように，石門全体の色は黒っぽくなり，屋根（右側が古屋根材を使用したところ）の部分の穴埋め箇所とオリジナル石材とは色の差も目立つようになっている．穴埋めとシリコーン樹脂塗布から30年後の状況を色彩計を用いて定量的に把握し，今後の修理処置に役立てられることを本研究の目的とする．

修復された屋根の表面の色や石門の全体的な色の把握するために，石門の表面の51か所で分光測色計（コニカミノルタ社製，CM-700d，測定径Φ8mm）を用いて定量的測定を行った．この測定器は，測定時間はわずか1秒程度で，簡便に携帯できる特徴があり，多様な分野で使用されている．石門の正面から見た際に黒色化した部分の割合をPhotoshopを用いて求めた．石門の表面温度を測定擦るため，FLIR社製の熱カメラを用いて，表面の温度分布を把握した．一年中の気温と湿度の変化を把握するために，那覇市市民文化部文化財課の許可を得て，ボタン型温湿度測定器（ハイグロクロン）を石門の南側の左上の方に設置し，観測を行った．

分光測色計による測定の結果，修復当時は石灰岩の色が明るく，屋根部分に修復材とほぼ同じ色だったが，30年後は変色速度や状況が異なり，修復材の方は灰色に，本来の石材はより黒色になっている箇所が多かったことが分かった．園比屋武御嶽石門の屋根の下で観測された年間平均気温は24℃，平均湿度は81.5%で，高温多湿な亜熱帯気候の特徴が見られた．冬季の平均気温も22.1℃で，湿度も80%に至り，最低気温も8.5℃だった．そのため，植生の成長がとても速く，建物の表面の色に影響を与えた可能性がある．

キーワード：石造文化財、保存修復、沖縄、石灰岩、測色計
Keywords: Stone cultural heritage, Restoration, Okinawa , Limestone, Colorimeter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Fig. 1. After completing conservation restoration work of Sonohyan-utaki Ishimon (left) and situation of thirty years later (right).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高知県沿岸部の海底石造物の起源推定のためのポータブルXRFの活用
Application of portable XRF analysis for provenance of seabed worked stone in coastal are of Kochi Prefecture

*谷川 亘[1]、浦本 豪一郎[2]、村山 雅史[2]、濱田 洋平[1]、山本 裕二[2]、多田井 修[3]
*Wataru Tanikawa[1], Go-Ichiro Uramoto[2], Masafumi MURAYAMA[2], Yohei Hamada[1], Yuhji Yamamoto[2], Osamu Tadai[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 高知大学　海洋コア総合研究センター、3. マリン・ワーク・ジャパン
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Instutute for Core Sample Research, 2. Kochi University, Center for Advanced Marine Core Research, 3. Marine Works Japan LTD.

高知県土佐清水市爪白海岸海底には人為的に加工されたと考えられる長さ1mにもわたる巨大な石柱が存在する（2016年に28体確認）。この地域ではこれまでに南海地震による津波災害と台風による風水害が多発しているため、海底の石柱群は津波や土石流等による陸上からの運搬、もしくは海底沈降による可能性がある。そこで本研究では、爪白海底石柱群の起源を明らかにするために、石柱群および近隣に露出している岩石（堆積岩：三崎層群、来栖野層）、採石場の岩石、石造物を対象に化学分析と岩石物性測定を行った。化学分析はポータブルXRF（pXRF）を用いた全岩化学組成分析と粉末X線による鉱物構成比分析を行い、岩石物性測定は間隙率と密度の測定を実施した。

ポータブルXRFの結果、12種類の元素濃度（Mg、Si、S、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Rb、Sr、Zr、Pd）に対して明確に判読できた。そこで12種類の元素濃度を用いて主成分分析を実施した。すべての種類の堆積岩（砂岩、シルト岩、頁岩）について主成分分析を実施した結果、第一主成分により砂岩と頁岩が明瞭に区分でき、Mg、Fe、Tiの分散が強く反映されていることがわかった。さらに、砂岩のみを抽出して主成分分析を実施した結果、個々の試料の特徴がより明確になった。海底の石柱は三崎層群竜串層（海岸に露出した試料・採石場の試料）、および爪白集落の建屋の基礎と同じ特徴を示した（Zrの寄与率が高い）。一方、間隙率、固体密度、および構成鉱物比についてもこの3種類の試料は類似性が認められた。
以上の結果から、海底の石柱群は三崎層群竜串層により制作された岩石で過去に爪白地区で基礎や石段として利用されたものと結論づけられる。

キーワード：主成分分析、起源、ポータブルXRF、堆積岩、南海地震
Keywords: Principle Component Analysis (PCA), Provenance, pXRF, sedimentary rock, Nankai earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

pXRF analyses on Assyrain sculptures

*安間 了[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、渡辺 千香子[3]、辻 彰洋[4]
*Ryo Anma[1], Ki-Cheol Shin[2], Chikako Watanabe[3], Akihiro Tuji[4]

1. 徳島大学大学院社会産業理工学研究部、2. 総合地球環境学研究所、3. 大阪学院大学国際学部、4. 国立科学博物館植物研究部
1. Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University, 2. Research Institute for Humanity and Nature, 3. Faculty of International Studies, Osaka Gakuin University, 4. National Museum of Nature and Science

To evaluate a possibility of reconstruction and understanding the provenance of stone materials used in the ancient cities of Western Asia, some of which have been destroyed and/or dismantled, and are moved to different places of the world, we characterized the bulk geochemical composition of gypsum-carbonate rocks, on which the Assyrians carved sculptures to decollate their palaces, using an Olympus VANTA portable X-ray fluorescence spectroscopy (pXRF). To establish the methodology, we started with the Assyrian sculptures with known provenance: i.e. the collections of the British Museum, the Ashmolean Museum, Magdalen College (Oxford), the Okayama Orient Museum and the MIHO museum.
The pXRF analysis was performed using a Rh target at 40 kV and 100 μA. Beam time was 20 seconds for Beam 1 and 15 and 30 seconds, in later sessions, for Beam 2. The accuracy and precision of the analyses were assessed by analyzing several powdered reference samples of igneous rocks (JB-2 basalt, JA-1, JA-2 andesites, JR-2 rhyolite JG1, JG2 granites and JGb-1 gabbro) and sedimentary rocks (JLk-1 lake sediment, JSd-1 and JSd-2 river sediments, JLs-1 limestone and JDo-1 dolomite) distributed by the Geological Survey of Japan, and gypsum samples (alabaster, selenite and satin spar) distributed by Nichika Inc. We performed the measurement three-times for each spot to assess repeatability of the measurement and/or inhomogeneity of the samples.
Our results showed that ~ 99% of the measured Assyrian sculptures were made of gypsum-anhydrate rocks. Although their distribution fields largely overlap, the gypsum sculptures from Nineveh tend to have more impurities when compared with those from Nimrud and Khorsabad. Visually, the stone materials used in the sculptures in Nimrud often have homogeneously distributed large gypsum crystals, whereas those from Nineveh are rather inhomogeneous and finer in grain size, and often exhibit developed bedding planes. Together with the textural changes, we provisionally conclude that degraded stone materials became used over time.
The Til-Tuba sculpture from Room 33 of the Southwest Palace of Nineveh has higher Ca and lower S contents compared with others. Visually, it contains numerous foraminifera shells of *Alveolinidae Sp*. The different chemical composition could be attributed to the amount of the included foraminifera shells. Stones from Room 36 of Nineveh Southwest Palace have slightly higher Al and Fe contents than others. Although, few such examples have somewhat different compositions, the exact provenance would not be able to identify from a single chemical data. More information obtained through destructive analyses would be necessary for the reconstruction and understanding the provenance of stone materials, such as textural and mineralogical information through thin-section observation, crystallographic information through XRD analysis and analyses of micro-fossils.
Nevertheless, our observation from a material science point of view can provide evidence to what Sennacherib (705-681 BCE) described in his text. The king states that he used “Na_4.^{d}Še.tir” stone from Nipur (Judi Dagh in SE Turkey) that looks like cucumber seeds to construct the statues of Aladlammû and *Apsātu*. Based on this, Mitchel and Middleton (2002) speculated that this same stone was used for the reliefs in Room 33 of the Southwest Palace, Nineveh. If their speculation is correct, evaporites of the middle to late Miocene Fars formation should have comprised the quarry.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：pXRF、アッシリア浮彫彫刻
Keywords: pXRF, Assyrian sculpture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discussion

*小口 千明[1]
*Chiaki T. Oguchi[1]

1. 埼玉大学大学院理工学研究科
1. Institute for Environmental Science and Technology, Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

Discussion on non-destructive techniques for geoheritage.

キーワード：非破壊分析
Keywords: non-destructive techniques

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[H-CG25] International Comparison of Landscape Appreciation

コンビーナ:Petrova Anastasia(Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences)、青木 陽二(放送大学)

Evaluation of landscape has been developed in a variety of fields, such as geography, landscape architecture, nature protection, and some others. Landscape appreciation is a complex and sophisticated psychological phenomenon. There is no consensus among researchers on what the phenomenon of "landscape" truly is, how people physiologically and mentally experience it, which human attributes affect the perception of it, and why it is apprehended the way it is. The concept of landscape appreciation has yet to be clearly defined and there is a lack of agreement on evaluation methods, the factors that determine landscape preferences, the steps in appreciation, and so forth. This session aims to discuss the research findings of landscape evaluation in various fields, including geography, geomorphology, landscape planning, architecture, engineering, social sciences, environmental psychology, meteorology, phenology, and so on.

[HCG25-P01] **The Globally Important Agricultural Heritage of Aso from the perspective of landscape and its supporting systems**

*町田 怜子[1] (1.東京農業大学)

[HCG25-P02] **Hazardous natural phenomena and weather conditions appreciation in Russian landscape painting**

*ELENA PETROVA[1] (1.Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)

[HCG25-P03] Trends of evaluation items to landscape appreciation until 2017 in the English journals

*yoji aoki[1]、keisuke mukagai[2]、Anastasia Petrova[3] (1.Open University of Japan、2.Nagano University、3.Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences)

The Globally Important Agricultural Heritage of Aso from the perspective of landscape and its supporting systems

*町田 怜子[1]
*REIKO MACHIDA[1]

1. 東京農業大学
1. TOKYO UNIVERSITY OF AGRICULTURE

Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) is a partnership initiative of the Food and Agriculture Organization of the United Nations which began in 2002 with the aim to identify, support and safeguard remarkable land use systems and landscapes that are rich in globally significant biological diversity evolving from the co-adaptation of a community with its environment and its needs and aspirations for sustainable development. There are 19 countries and 45 areas around the world, and among them 9 areas in Japan that are listed as GIAHS at present.The Aso area located in Northern Kyusyu features the world's largest caldera, which is 25 km wide from north to south and 18 km from east to west and grassland landscapes. The vast grasslands of the Aso area have been managed throughout history by local agricultural activities such as controlled burning, mowing and pasturage since the Heian period. The historical land use in Aso has been a balanced combination of rice fields at the caldera floor, forestry and fungiculture at the foot of the caldera, and grazing pasture at the top of caldera, which is carried out in harmony with the environment. The management of the Aso grasslands for sustainable agriculture have been recognized and certified as Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) in 2013.In terms of landscape, the values of Aso as Globally Important Agricultural Heritage System are the dynamic grassland landscapes of the large caldera, the historical paddies and rice terraces, which vary in size from small to large as a result of the local human activities. There are beautiful rural landscapes on various scales.However, the productivity oriented rural development and the division of land has been having a negative impact on the landscape value of the GIAHS. There are cases of rice paddies and buildings that contribute to the landscape value being lost. From such cases, it is evident that the landscape structures that should be protected since they are GIHS are not recognized widely enough.This study investigated the landscape value and landscape structure as GIAHS and its value supports landscape policy. As a result, it became clear that the landscape structure of Minamiaso village consist of the traditional combination of grasslands and paddy fields retains significant wildlife habitat and picturesque agricultural landscapes. It has become clear that development activities do not influence to landscape in large-scale, however development activities as land readjustment project influenced to landscape in small and medium-scale. "Landscape planning" "Landscape agricultural development plan" can support the landscape structure in small and medium -scale. It is important to plan the land use for the landscape value of GIAHS.

キーワード：世界農業遺産、景観、景観計画
Keywords: Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS), Landscape, Landscape Planning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hazardous natural phenomena and weather conditions appreciation in Russian landscape painting

*ELENA PETROVA[1]

1. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

The fixation of various natural phenomena by landscape artists of different historical periods in different regions and countries has not only purely aesthetic interest, but also particular interest to science. During the period of Romanticism that has spread in the European and Russian art in the 19th century, Russian art turned to real living nature. Landscapes of the native country began to play a dominant role in the formation of landscape image. Romanticism aroused interest not only in the picturesque and exotic landscapes, but also in the majestic forces of nature. Volcanic eruptions, earthquakes, storms, thunderstorms, floods, and other natural hazards were new motifs for artists of that time. Romantic artists were inclined to exaggerate the power and destructive forces of natural phenomena they portrayed, elevating any event of this kind to the rank of a natural disaster. Often, they portrayed the rather ordinary storm, thunderstorm, flood as a universal natural catastrophe, comparable, perhaps, only to the biblical flood. What to say about really extraordinary events. Most vividly, the theme of the turbulent, dramatic landscape was developed in the works by Aivazovsky who quite realistically showed the sea element in various stages of its manifestation - from complete calm to the strongest storm. Being in Italy, Russian artists could not disregard such an extraordinary event as the violent eruption of the volcano Vesuvius, which occurred in 1822; many have captured it in their landscape images.

Thanks to the rapid development of scientific knowledge and discoveries in the field of geosciences, including meteorology, artists were encouraged to observe various atmospheric phenomena and weather conditions. Gradually, the sky ceased to be depicted simply as a smooth blue background, as was customary in the tradition of classicism; carefully traced clouds of various types, shapes and shades began to appear in pictures. In addition, various evaporations, fogs, haze, etc. became objects of the landscape image. Romantic artists were little interested in depicting winter and snow, despite the fact that the cold season with a steady snow cover continues in Russia for almost half a year from November to early April. The painting “Russian Winter” (1827) by Nikifore Krylov became perhaps the first winter landscape image in Russian painting. Krylov depicted a somewhat naive, but quite real, winter landscape on the bank of the Tosna River in the vicinity of St. Petersburg, which he painted from life. He was able to reliably convey the atmosphere of the Russian winter: a valley covered with snow, a frozen river, a dark strip of forest in the distance and the peasants with their daily affairs on the road down to the river in the foreground. The first bright and joyful snow-covered landscape image was created, apparently, by Alexey Savrasov in his famous painting “The Rooks Have Come Back” (1871). The spring snow melting and sparkling in the sun became later the favorite motif of the Russian painting. Comparative analysis of landscape pictures can be an important tool, in addition to scientific methods, in studying the nature and dynamics of various hazardous natural processes and phenomena, including hydrological and meteorological ones in conditions of changing climate.

Keywords: hazardous natural phenomena , weather conditions , landscape painting, landscape images

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Trends of evaluation items to landscape appreciation until 2017 in the English journals

*yoji aoki[1], keisuke mukagai[2], Anastasia Petrova[3]

1. Open University of Japan, 2. Nagano University, 3. Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences

Introduction
We have considered trends of landscape appreciation since JpGU2013-2018. According to the definition of landscape phenomena proposed by Prof. O. Shinohara (Fig. 1), we reported the trends of studies in each part of the phenomena.

Aoki, Y. (1999) described the first landscape evaluation using psychometrical methods to be pioneered by Peterson, G.L. (1967). Before this development, they tried to find the landscape appreciation using various descriptors. They were mostly belonging to the literature or the paintings. As for the literature, the first description of mountain was found in Francesco Petrarca in 1336 of France (Kondo, T. 2002). But his description has no reliable evidence to ensure the landscape. In the field of art, Albrecht Altdorfer drew the first natural landscape in the beginning of 15th century of Germany (Cavaliere, B. 1989). But we could not measure the physical data from his picture. The literature and the art found the beauty of natural landscape by these examples. They recorded the aesthetic beauty in landscape (Thiel, P. 1968).

Jay Appleton (1980) explained the scientific reason of the landscape phenomena with physical data, e.g. geomorphysical data and meteorological data. He explained the landscape phenomena of two pictures, Constable's Weymouth Bay and Constable's sunset study of Hampstead Heath. His approach must be the scientific based explanation to find psychological phenomena of landscape using the geology and meteorology. But the psychological phenomena could deviate by the person observed and the results must be happened statistically. So the process of the landscape phenomena should be explained by stochastic process of psychology. Then scientists developed psychological approach to it.

Here, we summarize the appreciation item (the third component of the landscape phenomena).

1. The developments to establish the psychological scale of appraisal

In the trial of psychometrical method, Ekman & Kuennapas (1962) tested the difference of Nominal scale and Interval scale, and the development of SD method promoted to use many adjectives in the visual complexities (Berlyne & Peckham 1966). Hart & Graham (1967) considered “How to rate & rank landscape”.

In the development of the psychological scale, Heise (1969) tested the scale -3 to 3, and Zube, Anderson & Pitt (1973) used the numerical scale 3 to 14.

2. The psychological evaluation item of preference

Kaplan, Kaplan, & Wendt (1972) proposed to use preference for the landscape appreciation. Compared to the results obtained by SD method, “preference” is easy to understand among different cultural back ground and was popularized in many countries.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3. The developments and the use of SD method

As for the SD method proposed by Osgood & Suci (1955), it employed many pairs of adjectives to evaluate landscape and provided detailed impressions of landscape. The largest number of 240 adjectives was tested by Craik (1975). The results were too complicated and scientists would like to summarize the results. SBE (Terry & Boster 1976), AVQ (Arriaza etc. 2004) and others were statistical aggregation examples of this trial and the example of meaningful aggregation was “Coherence, Complexity, Legibility and Mystery” proposed by Kaplan (1987). These indicators were tested with the relation to the preference and other appreciations by many scientists (Stamps III 2004, and so on.).

4. Method of monetary term evaluation

Monetary term is another evaluation of landscapes and sometimes used in the physical planning (Fukahori & Kubota 2003).

5. Items based on the human behavior of landscape evaluation

The origin of the landscape appreciation was explained from the animal behavior of predation (Appleton 1975). This theory had discussed for a long time. And this behavior might propose a base appreciation of landscape (Aoki & Kitamura 2001). Consideration on the human activities, the reason of visit (Andereck et al. 1989) and the visitability (Abdulkarim & Nasar 2014) were examined and the photographing (Oku & Fukamachi 2006, Sugimoto 2013) were reported.

6. Other appraisals

There are many appreciation descriptors and even now the scientists are finding new descriptors (Collier & Scott 2008). Until now, we could find examples of this trial in absorption (Berlyne 1958), quietness (Womble & Studebaker 1981), beauty (Hull IV, Buhyoff & Daniel 1984), size (Coeterier 1994), fear and stress (Nasar & Jones 1997), positive and negative (Ryan 1998), aggression and violence (Kuo 2001), satisfaction (Kaplan & Austin 2004), overcrowding (Manning & Freimund 2004), openness (Dramstad et al. 2006), ugly (Ruell, Halleux & Teller 2013), and other descriptions.

Keywords: landscape appreciation, appreciation items, until 2017

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Table Historical review of landscape appreciation items

Interesting subject	Name of authors	Year
Development of the SD method	Osgood, C.E. and Suci, G.J.	1955
absorption	Berlyne, D.E.,	1958
descriptive appreciation as aesthetic beauty	Thiel, P.,	1961
difference of Nominal scale and Interval scale	Ekman, G. and Kuennapas, T.	1962
SD method	Wright, B. and Rainwater, L.	1962
description	Halprin, L.,	1965
absorption	Berlyne, D.E. and Peckham, S.	1966
description	Noe, S. and Abernathy, B.L.	1966
landscape type	Hart W. J. and William W. Graham,	1967
absorption	Wohlwill, J.F.	1968
numerical scale from -3 to +3	Heise, D.R.,	1969
aesthetic and emotional	Shafer, E.L. and Mietz, J.	1969
objectivity	Craik, K.H.	1972
preference	Kaplan, S., Kaplan, R. and Wendt, J.S.	1972
scaling	Acking, C.A and Sorte, G.J.	1973
numerical scale from 3 to 14	Zube, E.H., Anderson, T. and Pitt, D.	1973
prospect-refuge theory	Appleton, J.	1975
SD method with 240 pairs of adjectives	Craik, K.H.	1975
SBE method; normalization of the results	Daniel, T.C. and Boster, R.S.	1976
monetary	McConnell, K.E.,	1977
SD method	Pedersen, D.M.	1978
SD method	Shuttleworth, S.	1980
preference	Nasar, J.L.,	1981
meaning	Russell, J.A. and Ward, L.M.	1981
quiet	Womble, P. and Studebaker, S.	1981
quiet	Hammitt, W.E.,	1982
preference	Mudrak, L.Y.,	1983
preference	Nasar, J.L.,	1983
SD method	Ruiz, J.P. and Gonzalez-Bernaldez, F.	1983
scenic beauty	Hull IV, R.B., Buhyoff, G.J. and Daniel, T.C.	1984
needs and fears	Talbot, J.F. and Kaplan, R.	1984
preference	Herzog, T.R.	1985
SD method	Abello, R.P., Bernaldez, F.G. and Galiano, E.F.	1986
preference	Talbot, J.F. and Kaplan, R.	1986
survey paper: Coherence, Complexity, Legibility, Mystery	Kaplan, S.	1987
SD method	Kobayashi, M., Higashiyama, J. and Kawasaki, K.	1987
preference	Talbot, J.F., Bardwell, L.V. and Kaplan, R.	1987
monetary	Anderson, L.M. and Cordell, H.K.	1988
preference	Herzog, T. and Smith, G.A.	1988
motivation to visit	Andereck, K. et al.	1989
evaluation by monetary term	Daniel, T.C., et al.	1989
SD method	Kaplan, R., Kaplan, S. and Brown, T.	1989
SD method	Ruiz, M. and Ruiz, J.P.	1989
preference	Gimblett, H.R.	1990
monetary	Green, C.H., et al.	1990
motivation to visit	Uysal, M., McDonald, C.D. and Reid, L.J.	1990
quiet	Ulrich, R.S. et al.	1991
preference	Chokor, B.A	1992
preference	Herzog, T.	1992
refuge provides shelter	Hudson, B.J.	1992
effect to land price	Orland, B., Vinning, J. and Ebreo, A.	1992
familiarity	Purcell, A.T.	1992
description: literature works	Ikeda, T. and Konno, A.	1993
size of space	Coeterier, J.F.,	1994
identity	Hull IV, R.B., Lam, M. and Vigo, G.	1994
preference	Stamps III, A.E.	1994
preference	Strumse, E.	1994
preference	Sullivan III, W.C.,	1994
prospect-refuge theory reviewed	Appleton, J.,	1995
motivation to visit	Cha, S., McCleary, K.W. and Uysal, M.	1995
preference	Mealey, L.	1995
preference on tree form	Sommer, R. and Summit, J.	1995
preference	Herzog, T.R. and Gale, T.A.	1996
scenic preference in Finland	Karjalainen, E.	1996
scaling	Tahvanainen, L., Tyrvainen, L. and Nousiainen, I.	1996
Notation for a Participatory Envirotecture	Thiel, P.,	1996
fear and stress	Nasar, J.L. and Jones, K.M.	1997
landscape preferences of USA, Ireland, Senegal	Newell, P.B.	1997
quiet	Caffyn, A. and Prosser, B.	1998
preference	Herzog, T.R.,	1998
consistency of evaluation by rank order and graphical scale	Karjalainen, E. and Komulainen, M.	1998
preference	Kuo, F.E., Bacaicoa, M. and Sullivan, W.C.	1998
preference and naturalness using Scrub-forest, wide-close view, nature-altered	Purcell, A.T. and Lamb, R.J.	1998
positive and negative scenery of river frontland	Ryan, R.L.	1998
monetary	Tyrvainen, L. and Vaananen, H.	1998
preference	Brown, T.J., Kaplan R. and Quaderer, G.	1999
tranquility and preference	Herzog, T.R. and Barnes, G.J.	1999
preference	Summit, J. and Sommer, R.	1999
landscape preference in Australia	Herzog, T.R. et al	2000
landscape preference in Israel	Misgav, A.	2000
Phylogenic and Ontogenic evolution of landscape appreciation	Aoki, Y. and Kitamura, S.	2001
correlation between preference and likeliness	Hagerhall, C.M.	2001
motivation of ecological behavior	Hartig, T.	2001
aggression and violence	Kuo, F.E.,	2001
preference and danger	Herzog, T.R. and Kutzli, G.E.	2002
landscape preference in Norway	Kaltenborn, B.P. and Bjerke, T.	2002
positive and negative scenery of rural living	Ryan, R.L.,	2002
comparison of VOC and SBE	Franco, D. et al.	2003
cost and amenity level of road scenery	Fukahori, K. and Kubota, Y.	2003
preference	Herzog, T.R. and Leverich, O.L.	2003
AVQ index for visual quality	Arriaza, M. et al.	2004
preference	Herzog, T.R. and Kropscott, L.S.	2004
satisfaction of nature	Kaplan, R. and Austin, M.E.	2004
over crowding by photo montage method	Manning, R.E. and Freimund, W.A	2004
SBE difference 1976-1996	Palmer, J.F.	2004
preference did not correlate to mystery, complexity, legibility, coherence	Stamps, III, A.E.	2004
preference and danger by visibility	Herzog, T.R., & Kirk, K.M.	2005
preference by pair comparison	Rodiek, S.D. and Fried, J.T.	2005
proper openness, student and locals	Dramstad, W.E., et al.	2006
essential features for scenic beauty	Ergin, A., Williams, A.T. and Micallef, A.	2006
landscape preferred in Turkey	Kaplan, A., Taskin, T. and Onenc, A.,	2006
photographing by activity	Oku, H., & Fukamachi, K.	2006
disturbance, naturalness, visual scale, place identity in the photographs	Tveit, M., Ode, A. and Fry, G.	2006
mystery did not affect preference	Herzog, T.R. and Bryce, A.G.,	2007
words interested in the interview	Collier, M.J. and Scott, M.J.	2008
preference of transportation system; vegetation, distance, side fascia affected	Bernasconi, C. et al.	2009
beautiful high mountain, Sherpa appreciate flora, ugly garbage site no vegetation at Everest	Beza, B.B.	2010
species-rich of middle ground affect like of alpine landscape	Lindemann-Matthies, P. et al.	2010
naturalness, unity affect preference of Spruce forest landscape in Turkey	Eroglu, E. and Acar, C.	2011
surprise and Mystery affect preference, Turkey find Mystery at curved street	Nasar, J.L. and Cubukcu, E.	2011
ugly impression of brown fields and montage support improvement in Belgium	Ruelle, C., Halleux, J.-M. & Teller, J.	2013
Visitability	Abdulkarim, D. and Nasar, J. L.	2014
oppressiveness	Asgarzadeh, M. et al.	2014
threat	Chiang, Y-C., Nasal, J. and Ko, C-C.	2014
variance affected by evaluation value	Kalivoda, O. et al.	2014
forest and park affected stress relief	Tyrvainen, L., Ojala, A., Korpela, K. Lanki, T., Tsunetsugu, Y., Kagawa, T.	2014
proper understorey affect preference	van der Wal, R., Miller, D., Irvine, J., Fiorini, S., Amar, A., Yearley, S. Gill, R. & Dandy, N.	2014
openness	Weitkamp, G., Lammeren, R. and Bregt, A.	2014
risk of bushfire	Gill, N. et al.	2015
water use affect landscaping preference	Hayden, L., et al	2015
panorama tree cover density affect to preference	Jiang, B., et al.	2015
green roof affect restorativeness	Lee, K.E., Williams,K.J.H., Sargent, L.D., Williams, N.S.G., Johnson, K.A	2015
aesthetic, morphological condition and ecological integrity	McCormick, A, Fisher, K. and Brierley, G.	2015
water, reed, litter, dead wood affected preference	Eder, R., & Arnberger, A.	2016
tree coverage affect stress recovery	Jiang, B., Li, D., Larsen, L. & Sullivan, W.C.	2016
visual realism and sound affect preference	Lindquist, M., Lange, E. & Kang J.	2016
change of motivation	Shalev, I.	2016
cultural values in visual object	Sowinska-Swierkosz, B.N., Chmielewski, T.J.	2016
visual green reduces noise annoyance	Van Renterghem, T. & Botteldooren, D.	2016
public litter and fishing litter affect preference	Wyles, K.J., Pahl, S. Thomas, K. & Thompson, R.	2016
disorder affect fear of crime	Biasi, Alaina De	2017
nature contact reduce depression, anxiety, stress in outside experience	Brooks, A.M. et al.	2017
biodiversity affected preference	Cracknell, D. et. al.	2017
dead wood affected preference	Gundersen, V., Stange, E.E., Kaltenborn, B.P. Vistad	2017
EAB infestation affect crime, theft, breaking entering, property crime	Kondo, M.C., Han, S., Donovan, G.H., MacDonald, J.M.	2017
preference increase 4bit designed complexinformation entropy values	Kuper, R.	2017
wind generator affect to EEG (electroencephalographic)	Murcia, G. et al.	2017
natural scenery affect change of heart rate by CT scan	Zijlstra, E. et. Al.	2017
attributes affected to landscape aesthetic value of CVM	Dupras, J. et al.	2018
point elements affect preference	Haefner, K. et al.	2018
dense vegetation preferred in city	Harris, V. et al.	2018
motivation of park visit	Hecke, Linde, et al.	2018
firing affect emotional wellbeing	Knez, I. et al.	2018
mature oak with anemone preferred	Nielsen, A.B., Gundersen, V.S. & Jensen, F.S.	2018
traditional landscape preferred by residents in central Alps	Pecher, C., et al.	2018
photo points located by GIS	Sugimoto, K.	2018
setting and arrangement affect restrativeness	Tabrizian, P., et al.	2018
forest preference of 4 seasons	Bravo-Vargas, V. et al.	2019

behavioral consideration
developments in scaling
monetary approaches
use of preference
developments in SD method
other appreciation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[H-CG25] International Comparison of Landscape Appreciation

コンビーナ:Petrova Anastasia(Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences)、青木 陽二(放送大学)

Evaluation of landscape has been developed in a variety of fields, such as geography, landscape architecture, nature protection, and some others. Landscape appreciation is a complex and sophisticated psychological phenomenon. There is no consensus among researchers on what the phenomenon of "landscape" truly is, how people physiologically and mentally experience it, which human attributes affect the perception of it, and why it is apprehended the way it is. The concept of landscape appreciation has yet to be clearly defined and there is a lack of agreement on evaluation methods, the factors that determine landscape preferences, the steps in appreciation, and so forth. This session aims to discuss the research findings of landscape evaluation in various fields, including geography, geomorphology, landscape planning, architecture, engineering, social sciences, environmental psychology, meteorology, phenology, and so on.

[HCG25-P01] **The Globally Important Agricultural Heritage of Aso from the perspective of landscape and its supporting systems**

*町田 怜子[1] (1.東京農業大学)

[HCG25-P02] **Hazardous natural phenomena and weather conditions appreciation in Russian landscape painting**

*ELENA PETROVA[1] (1.Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography)

[HCG25-P03] Trends of evaluation items to landscape appreciation until 2017 in the English journals

*yoji aoki[1]、keisuke mukagai[2]、Anastasia Petrova[3] (1.Open University of Japan、2.Nagano University、3.Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences)

The Globally Important Agricultural Heritage of Aso from the perspective of landscape and its supporting systems

*町田 怜子[1]
*REIKO MACHIDA[1]

1. 東京農業大学
1. TOKYO UNIVERSITY OF AGRICULTURE

Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) is a partnership initiative of the Food and Agriculture Organization of the United Nations which began in 2002 with the aim to identify, support and safeguard remarkable land use systems and landscapes that are rich in globally significant biological diversity evolving from the co-adaptation of a community with its environment and its needs and aspirations for sustainable development. There are 19 countries and 45 areas around the world, and among them 9 areas in Japan that are listed as GIAHS at present.The Aso area located in Northern Kyusyu features the world's largest caldera, which is 25 km wide from north to south and 18 km from east to west and grassland landscapes. The vast grasslands of the Aso area have been managed throughout history by local agricultural activities such as controlled burning, mowing and pasturage since the Heian period. The historical land use in Aso has been a balanced combination of rice fields at the caldera floor, forestry and fungiculture at the foot of the caldera, and grazing pasture at the top of caldera, which is carried out in harmony with the environment. The management of the Aso grasslands for sustainable agriculture have been recognized and certified as Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) in 2013.In terms of landscape, the values of Aso as Globally Important Agricultural Heritage System are the dynamic grassland landscapes of the large caldera, the historical paddies and rice terraces, which vary in size from small to large as a result of the local human activities. There are beautiful rural landscapes on various scales.However, the productivity oriented rural development and the division of land has been having a negative impact on the landscape value of the GIAHS. There are cases of rice paddies and buildings that contribute to the landscape value being lost. From such cases, it is evident that the landscape structures that should be protected since they are GIHS are not recognized widely enough.This study investigated the landscape value and landscape structure as GIAHS and its value supports landscape policy. As a result, it became clear that the landscape structure of Minamiaso village consist of the traditional combination of grasslands and paddy fields retains significant wildlife habitat and picturesque agricultural landscapes. It has become clear that development activities do not influence to landscape in large-scale, however development activities as land readjustment project influenced to landscape in small and medium-scale. "Landscape planning" "Landscape agricultural development plan" can support the landscape structure in small and medium -scale. It is important to plan the land use for the landscape value of GIAHS.

キーワード：世界農業遺産、景観、景観計画
Keywords: Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS), Landscape, Landscape Planning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hazardous natural phenomena and weather conditions appreciation in Russian landscape painting

*ELENA PETROVA[1]

1. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

The fixation of various natural phenomena by landscape artists of different historical periods in different regions and countries has not only purely aesthetic interest, but also particular interest to science. During the period of Romanticism that has spread in the European and Russian art in the 19th century, Russian art turned to real living nature. Landscapes of the native country began to play a dominant role in the formation of landscape image. Romanticism aroused interest not only in the picturesque and exotic landscapes, but also in the majestic forces of nature. Volcanic eruptions, earthquakes, storms, thunderstorms, floods, and other natural hazards were new motifs for artists of that time. Romantic artists were inclined to exaggerate the power and destructive forces of natural phenomena they portrayed, elevating any event of this kind to the rank of a natural disaster. Often, they portrayed the rather ordinary storm, thunderstorm, flood as a universal natural catastrophe, comparable, perhaps, only to the biblical flood. What to say about really extraordinary events. Most vividly, the theme of the turbulent, dramatic landscape was developed in the works by Aivazovsky who quite realistically showed the sea element in various stages of its manifestation - from complete calm to the strongest storm. Being in Italy, Russian artists could not disregard such an extraordinary event as the violent eruption of the volcano Vesuvius, which occurred in 1822; many have captured it in their landscape images.

Thanks to the rapid development of scientific knowledge and discoveries in the field of geosciences, including meteorology, artists were encouraged to observe various atmospheric phenomena and weather conditions. Gradually, the sky ceased to be depicted simply as a smooth blue background, as was customary in the tradition of classicism; carefully traced clouds of various types, shapes and shades began to appear in pictures. In addition, various evaporations, fogs, haze, etc. became objects of the landscape image. Romantic artists were little interested in depicting winter and snow, despite the fact that the cold season with a steady snow cover continues in Russia for almost half a year from November to early April. The painting “Russian Winter” (1827) by Nikifore Krylov became perhaps the first winter landscape image in Russian painting. Krylov depicted a somewhat naive, but quite real, winter landscape on the bank of the Tosna River in the vicinity of St. Petersburg, which he painted from life. He was able to reliably convey the atmosphere of the Russian winter: a valley covered with snow, a frozen river, a dark strip of forest in the distance and the peasants with their daily affairs on the road down to the river in the foreground. The first bright and joyful snow-covered landscape image was created, apparently, by Alexey Savrasov in his famous painting “The Rooks Have Come Back” (1871). The spring snow melting and sparkling in the sun became later the favorite motif of the Russian painting. Comparative analysis of landscape pictures can be an important tool, in addition to scientific methods, in studying the nature and dynamics of various hazardous natural processes and phenomena, including hydrological and meteorological ones in conditions of changing climate.

Keywords: hazardous natural phenomena , weather conditions , landscape painting, landscape images

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Trends of evaluation items to landscape appreciation until 2017 in the English journals

*yoji aoki[1], keisuke mukagai[2], Anastasia Petrova[3]

1. Open University of Japan, 2. Nagano University, 3. Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences

Introduction
We have considered trends of landscape appreciation since JpGU2013-2018. According to the definition of landscape phenomena proposed by Prof. O. Shinohara (Fig. 1), we reported the trends of studies in each part of the phenomena.

Aoki, Y. (1999) described the first landscape evaluation using psychometrical methods to be pioneered by Peterson, G.L. (1967). Before this development, they tried to find the landscape appreciation using various descriptors. They were mostly belonging to the literature or the paintings. As for the literature, the first description of mountain was found in Francesco Petrarca in 1336 of France (Kondo, T. 2002). But his description has no reliable evidence to ensure the landscape. In the field of art, Albrecht Altdorfer drew the first natural landscape in the beginning of 15th century of Germany (Cavaliere, B. 1989). But we could not measure the physical data from his picture. The literature and the art found the beauty of natural landscape by these examples. They recorded the aesthetic beauty in landscape (Thiel, P. 1968).

Jay Appleton (1980) explained the scientific reason of the landscape phenomena with physical data, e.g. geomorphysical data and meteorological data. He explained the landscape phenomena of two pictures, Constable's Weymouth Bay and Constable's sunset study of Hampstead Heath. His approach must be the scientific based explanation to find psychological phenomena of landscape using the geology and meteorology. But the psychological phenomena could deviate by the person observed and the results must be happened statistically. So the process of the landscape phenomena should be explained by stochastic process of psychology. Then scientists developed psychological approach to it.

Here, we summarize the appreciation item (the third component of the landscape phenomena).

1. The developments to establish the psychological scale of appraisal

In the trial of psychometrical method, Ekman & Kuennapas (1962) tested the difference of Nominal scale and Interval scale, and the development of SD method promoted to use many adjectives in the visual complexities (Berlyne & Peckham 1966). Hart & Graham (1967) considered “How to rate & rank landscape”.

In the development of the psychological scale, Heise (1969) tested the scale -3 to 3, and Zube, Anderson & Pitt (1973) used the numerical scale 3 to 14.

2. The psychological evaluation item of preference

Kaplan, Kaplan, & Wendt (1972) proposed to use preference for the landscape appreciation. Compared to the results obtained by SD method, “preference” is easy to understand among different cultural back ground and was popularized in many countries.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3. The developments and the use of SD method

As for the SD method proposed by Osgood & Suci (1955), it employed many pairs of adjectives to evaluate landscape and provided detailed impressions of landscape. The largest number of 240 adjectives was tested by Craik (1975). The results were too complicated and scientists would like to summarize the results. SBE (Terry & Boster 1976), AVQ (Arriaza etc. 2004) and others were statistical aggregation examples of this trial and the example of meaningful aggregation was “Coherence, Complexity, Legibility and Mystery” proposed by Kaplan (1987). These indicators were tested with the relation to the preference and other appreciations by many scientists (Stamps III 2004, and so on.).

4. Method of monetary term evaluation

Monetary term is another evaluation of landscapes and sometimes used in the physical planning (Fukahori & Kubota 2003).

5. Items based on the human behavior of landscape evaluation

The origin of the landscape appreciation was explained from the animal behavior of predation (Appleton 1975). This theory had discussed for a long time. And this behavior might propose a base appreciation of landscape (Aoki & Kitamura 2001). Consideration on the human activities, the reason of visit (Andereck et al. 1989) and the visitability (Abdulkarim & Nasar 2014) were examined and the photographing (Oku & Fukamachi 2006, Sugimoto 2013) were reported.

6. Other appraisals

There are many appreciation descriptors and even now the scientists are finding new descriptors (Collier & Scott 2008). Until now, we could find examples of this trial in absorption (Berlyne 1958), quietness (Womble & Studebaker 1981), beauty (Hull IV, Buhyoff & Daniel 1984), size (Coeterier 1994), fear and stress (Nasar & Jones 1997), positive and negative (Ryan 1998), aggression and violence (Kuo 2001), satisfaction (Kaplan & Austin 2004), overcrowding (Manning & Freimund 2004), openness (Dramstad et al. 2006), ugly (Ruell, Halleux & Teller 2013), and other descriptions.

Keywords: landscape appreciation, appreciation items, until 2017

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Table Historical review of landscape appreciation items

Interesting subject	Name of authors	Year
Development of the SD method	Osgood, C.E. and Suci, G.J.	1955
absorption	Berlyne, D.E.,	1958
descriptive appreciation as aesthetic beauty	Thiel, P.,	1961
difference of Nominal scale and Interval scale	Ekman, G. and Kuennapas, T.	1962
SD method	Wright, B. and Rainwater, L.	1962
description	Halprin, L.,	1965
absorption	Berlyne, D.E. and Peckham, S.	1966
description	Noe, S. and Abernathy, B.L.	1966
landscape type	Hart W. J. and William W. Graham,	1967
absorption	Wohlwill, J.F.	1968
numerical scale from -3 to +3	Heise, D.R.,	1969
aesthetic and emotional	Shafer, E.L. and Mietz, J.	1969
objectivity	Craik, K.H.	1972
preference	Kaplan, S., Kaplan, R. and Wendt, J.S.	1972
scaling	Acking, C.A and Sorte, G.J.	1973
numerical scale from 3 to 14	Zube, E.H., Anderson, T. and Pitt, D.	1973
prospect-refuge theory	Appleton, J.	1975
SD method with 240 pairs of adjectives	Craik, K.H.	1975
SBE method; normalization of the results	Daniel, T.C. and Boster, R.S.	1976
monetary	McConnell, K.E.,	1977
SD method	Pedersen, D.M.	1978
SD method	Shuttleworth, S.	1980
preference	Nasar, J.L.,	1981
meaning	Russell, J.A. and Ward, L.M.	1981
quiet	Womble, P. and Studebaker, S.	1981
quiet	Hammitt, W.E.,	1982
preference	Mudrak, L.Y.,	1983
preference	Nasar, J.L.,	1983
SD method	Ruiz, J.P. and Gonzalez-Bernaldez, F.	1983
scenic beauty	Hull IV, R.B., Buhyoff, G.J. and Daniel, T.C.	1984
needs and fears	Talbot, J.F. and Kaplan, R.	1984
preference	Herzog, T.R.	1985
SD method	Abello, R.P., Bernaldez, F.G. and Galiano, E.F.	1986
preference	Talbot, J.F. and Kaplan, R.	1986
survey paper: Coherence, Complexity, Legibility, Mystery	Kaplan, S.	1987
SD method	Kobayashi, M., Higashiyama, J. and Kawasaki, K.	1987
preference	Talbot, J.F., Bardwell, L.V. and Kaplan, R.	1987
monetary	Anderson, L.M. and Cordell, H.K.	1988
preference	Herzog, T. and Smith, G.A.	1988
motivation to visit	Andereck, K. et al.	1989
evaluation by monetary term	Daniel, T.C., et al.	1989
SD method	Kaplan, R., Kaplan, S. and Brown, T.	1989
SD method	Ruiz, M. and Ruiz, J.P.	1989
preference	Gimblett, H.R.	1990
monetary	Green, C.H., et al.	1990
motivation to visit	Uysal, M., McDonald, C.D. and Reid, L.J.	1990
quiet	Ulrich, R.S. et al.	1991
preference	Chokor, B.A	1992
preference	Herzog, T.	1992
refuge provides shelter	Hudson, B.J.	1992
effect to land price	Orland, B., Vinning, J. and Ebreo, A.	1992
familiarity	Purcell, A.T.	1992
description: literature works	Ikeda, T. and Konno, A.	1993
size of space	Coeterier, J.F.,	1994
identity	Hull IV, R.B., Lam, M. and Vigo, G.	1994
preference	Stamps III, A.E.	1994
preference	Strumse, E.	1994
preference	Sullivan III, W.C.,	1994
prospect-refuge theory reviewed	Appleton, J.,	1995
motivation to visit	Cha, S., McCleary, K.W. and Uysal, M.	1995
preference	Mealey, L.	1995
preference on tree form	Sommer, R. and Summit, J.	1995
preference	Herzog, T.R. and Gale, T.A.	1996
scenic preference in Finland	Karjalainen, E.	1996
scaling	Tahvanainen, L., Tyrvainen, L. and Nousiainen, I.	1996
Notation for a Participatory Envirotecture	Thiel, P.,	1996
fear and stress	Nasar, J.L. and Jones, K.M.	1997
landscape preferences of USA, Ireland, Senegal	Newell, P.B.	1997
quiet	Caffyn, A. and Prosser, B.	1998
preference	Herzog, T.R.,	1998
consistency of evaluation by rank order and graphical scale	Karjalainen, E. and Komulainen, M.	1998
preference	Kuo, F.E., Bacaicoa, M. and Sullivan, W.C.	1998
preference and naturalness using Scrub-forest, wide-close view, nature-altered	Purcell, A.T. and Lamb, R.J.	1998
positive and negative scenery of river frontland	Ryan, R.L.	1998
monetary	Tyrvainen, L. and Vaananen, H.	1998
preference	Brown, T.J., Kaplan R. and Quaderer, G.	1999
tranquility and preference	Herzog, T.R. and Barnes, G.J.	1999
preference	Summit, J. and Sommer, R.	1999
landscape preference in Australia	Herzog, T.R. et al	2000
landscape preference in Israel	Misgav, A.	2000
Phylogenic and Ontogenic evolution of landscape appreciation	Aoki, Y. and Kitamura, S.	2001
correlation between preference and likeliness	Hagerhall, C.M.	2001
motivation of ecological behavior	Hartig, T.	2001
aggression and violence	Kuo, F.E.,	2001
preference and danger	Herzog, T.R. and Kutzli, G.E.	2002
landscape preference in Norway	Kaltenborn, B.P. and Bjerke, T.	2002
positive and negative scenery of rural living	Ryan, R.L.,	2002
comparison of VOC and SBE	Franco, D. et al.	2003
cost and amenity level of road scenery	Fukahori, K. and Kubota, Y.	2003
preference	Herzog, T.R. and Leverich, O.L.	2003
AVQ index for visual quality	Arriaza, M. et al.	2004
preference	Herzog, T.R. and Kropscott, L.S.	2004
satisfaction of nature	Kaplan, R. and Austin, M.E.	2004
over crowding by photo montage method	Manning, R.E. and Freimund, W.A	2004
SBE difference 1976-1996	Palmer, J.F.	2004
preference did not correlate to mystery, complexity, legibility, coherence	Stamps, III, A.E.	2004
preference and danger by visibility	Herzog, T.R., & Kirk, K.M.	2005
preference by pair comparison	Rodiek, S.D. and Fried, J.T.	2005
proper openness, student and locals	Dramstad, W.E., et al.	2006
essential features for scenic beauty	Ergin, A., Williams, A.T. and Micallef, A.	2006
landscape preferred in Turkey	Kaplan, A., Taskin, T. and Onenc, A.,	2006
photographing by activity	Oku, H., & Fukamachi, K.	2006
disturbance, naturalness, visual scale, place identity in the photographs	Tveit, M., Ode, A. and Fry, G.	2006
mystery did not affect preference	Herzog, T.R. and Bryce, A.G.,	2007
words interested in the interview	Collier, M.J. and Scott, M.J.	2008
preference of transportation system; vegetation, distance, side fascia affected	Bernasconi, C. et al.	2009
beautiful high mountain, Sherpa appreciate flora, ugly garbage site no vegetation at Everest	Beza, B.B.	2010
species-rich of middle ground affect like of alpine landscape	Lindemann-Matthies, P. et al.	2010
naturalness, unity affect preference of Spruce forest landscape in Turkey	Eroglu, E. and Acar, C.	2011
surprise and Mystery affect preference, Turkey find Mystery at curved street	Nasar, J.L. and Cubukcu, E.	2011
ugly impression of brown fields and montage support improvement in Belgium	Ruelle, C., Halleux, J.-M. & Teller, J.	2013
Visitability	Abdulkarim, D. and Nasar, J. L.	2014
oppressiveness	Asgarzadeh, M. et al.	2014
threat	Chiang, Y-C., Nasal, J. and Ko, C-C.	2014
variance affected by evaluation value	Kalivoda, O. et al.	2014
forest and park affected stress relief	Tyrvainen, L., Ojala, A., Korpela, K. Lanki, T., Tsunetsugu, Y., Kagawa, T.	2014
proper understorey affect preference	van der Wal, R., Miller, D., Irvine, J., Fiorini, S., Amar, A., Yearley, S. Gill, R. & Dandy, N.	2014
openness	Weitkamp, G., Lammeren, R. and Bregt, A.	2014
risk of bushfire	Gill, N. et al.	2015
water use affect landscaping preference	Hayden, L., et al	2015
panorama tree cover density affect to preference	Jiang, B., et al.	2015
green roof affect restorativeness	Lee, K.E., Williams,K.J.H., Sargent, L.D., Williams, N.S.G., Johnson, K.A	2015
aesthetic, morphological condition and ecological integrity	McCormick, A, Fisher, K. and Brierley, G.	2015
water, reed, litter, dead wood affected preference	Eder, R., & Arnberger, A.	2016
tree coverage affect stress recovery	Jiang, B., Li, D., Larsen, L. & Sullivan, W.C.	2016
visual realism and sound affect preference	Lindquist, M., Lange, E. & Kang J.	2016
change of motivation	Shalev, I.	2016
cultural values in visual object	Sowinska-Swierkosz, B.N., Chmielewski, T.J.	2016
visual green reduces noise annoyance	Van Renterghem, T. & Botteldooren, D.	2016
public litter and fishing litter affect preference	Wyles, K.J., Pahl, S. Thomas, K. & Thompson, R.	2016
disorder affect fear of crime	Biasi, Alaina De	2017
nature contact reduce depression, anxiety, stress in outside experience	Brooks, A.M. et al.	2017
biodiversity affected preference	Cracknell, D. et. al.	2017
dead wood affected preference	Gundersen, V., Stange, E.E., Kaltenborn, B.P. Vistad	2017
EAB infestation affect crime, theft, breaking entering, property crime	Kondo, M.C., Han, S., Donovan, G.H., MacDonald, J.M.	2017
preference increase 4bit designed complexinformation entropy values	Kuper, R.	2017
wind generator affect to EEG (electroencephalographic)	Murcia, G. et al.	2017
natural scenery affect change of heart rate by CT scan	Zijlstra, E. et. Al.	2017
attributes affected to landscape aesthetic value of CVM	Dupras, J. et al.	2018
point elements affect preference	Haefner, K. et al.	2018
dense vegetation preferred in city	Harris, V. et al.	2018
motivation of park visit	Hecke, Linde, et al.	2018
firing affect emotional wellbeing	Knez, I. et al.	2018
mature oak with anemone preferred	Nielsen, A.B., Gundersen, V.S. & Jensen, F.S.	2018
traditional landscape preferred by residents in central Alps	Pecher, C., et al.	2018
photo points located by GIS	Sugimoto, K.	2018
setting and arrangement affect restrativeness	Tabrizian, P., et al.	2018
forest preference of 4 seasons	Bravo-Vargas, V. et al.	2019

behavioral consideration
developments in scaling
monetary approaches
use of preference
developments in SD method
other appreciation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)

将来の地震発生を予知・予測することをめざす，直接的な研究について討論する．長期・短期，あるいは，決定論的・確率的といった時定数や手法を問わず，理論・観測・シミュレーションなどに基づく，検証可能性を備えた科学的な研究発表を広く募集する．

[SSS09-P01] 地震前兆の検出法

*高橋 耕三

[SSS09-P02] 自然地震カタログとETASカタログに内在する前震活動の特徴の違い：前震予測モデルを用いた検証

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

[SSS09-P03] 2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加（２）

*末 芳樹[1] (1.なし)

[SSS09-P04] 駿河湾石花海周辺におけるOBS地震観測の*b*値について

*曽谷 太洋[1]、馬塲 久紀[4]、西宮 隆仁[2]、中尾 凪佐[1]、長尾 年恭[3] (1.東海大学大学院、2.気象庁気象研究所、3.東海大学海洋研究所、4.東海大学海洋学部海洋地球科学)

[SSS09-P05] 更新過程のベイズ統計対数正規分布モデルを用いた中規模繰り返し相似地震の発生確率の成績

*田中 昌之[1] (1.気象研究所)

[SSS09-P06] **Structural heterogeneity under the 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake in Hokkaido, Japan and its implications for rupture initiations**

*WANG ZHI[1] (1.中国科学院南海海洋研究所)

地震前兆の検出法
A method to ditect seismic precursors

*高橋 耕三
*Kozo Takahashi

はじめに：地震の前には、種々の地震前兆が観測されている。それらの殆どは、地震前の震源域での微少亀裂の発生に起因するものと推定できる。それ故、震源域での微少亀裂の発生を検出できれば、直接・間接に地震の予知につなげることが可能になる。 ３．微小亀裂の検出

震源域を中心として電極を4個所以上に設置して、電位・抵抗を測定すれば（海底では困難）微小亀裂の発生を検知できるであろう。しかし、高名な地震学者が予言しているように、地震予知は「地震の、場所・規模・日時が分かっているときしかできない」から、電位・抵抗の測定場所を決めることができない。我が国の噴火の場合は、その場所を推定し、Magma の場所・規模・動きを集中的に観測して噴火を予知することが、費用の額を無視できる場合は可能であろうが、地震の場合は費用の額が無視できても、場所の推定が困難なため、そのようには行かないであろう。

若し、震源域から、重力波（Gravitational Wave：GI）が出ていれば、検出の可能性は出てくるが、その可能性は全く無いことを以下定量的に示す。

最初に、検出できるGIの大きさを知るため、Black Hole（BHP)の合体の際、観測されたGIの強度を計算する。

本節で使用する記号、常数の近似値・推定値は下記のとおりである。

以下　＊：乗

光速ｃ＝3×(10＊5) km/sec

１光年＝9.46×(10＊12) km

太陽の質量：２×(10＊30) kg

GW150914の合体の際の数値

BHPの小さい方の質量 M：29太陽質量

BHP迄の距離　ｒ：13億光年

BHP 間の衝突とは、相手の Event Horizon 内に入ることだから合体のことになる。合体によりそれらの運動エネルギーはGIのエネルギーに変換される。

BHP間の相対速度はｃを超えることは出来ないから、一方の速度は約ｃ / ２以下となる。

GIは重力場の急変により発生するから、運動量（MV)の急変によっても発生する。

GIは、波であるから、観測点までの距離ｒの二乗に反比例する。よって

GW150914のGIの地表で観測される値GWbhは、次式の値に比例する。 GWbh＝ 29 ×2×(10＊30)×1.5×(10＊5)÷{(13×9.46×(10＊12)}　＊2 ＝ 5.75 ×10＊8) (kg／sec・km) Mag ７の地震の際のGIを計算する。

この際、下記の値を用いる。

地震のエネルギーEは次式による。

log E＝4.8 + 1.5 M

＝ 4.8 + 10.5 ＝ 15.3

E ＝ 10＊15.3 J＝2×10＊15 J

＝2×10＊9 kg (km／sec)＊2

地震で動く質量mは次式から求める。

E＝0.5×m ×v＊2

ここにｖは地震波の速度で、地表近くの値5.45 km/sec を用いると

ｍv ＝2 E／ｖ

＝ 4×10＊9／5.45 kg・㎞／sec

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

＝0.734×10＊9 kg・㎞／sec

BHP 間の衝突では、相対速度がｃ／2に近い値になったから、地震の際もｃ／2に近い値になった部分だけがGIの発生に寄与すると考えられる。ところで、物理現象では、多くの場合Gauss 分布するため、S波の速度分布からσと平均値を求め、地震動のうちのｃ／２以上となる割合を求めると、限りなく零に近づくため、地震動に伴うGIは発生しないと推定される。そこで、どのような場合にGIが発生するかを知るために、月と同じ質量の隕石がｃ／２以上の速さで地表を直撃する場合のGIを計算する。なお大きな隕石などで月の軌道が乱されても月が地球に衝突することはない。月が地球に近づけば潮汐力のため月は砕け、地球に落下する破片は大気中で燃え尽きてしまう。また、ｃ／２以上の速さで到来する物体は、検知する前に到達してしまうため、Radarでは検知できない。

月と同じ質量のMeteoriteの衝突の際のGIをGWmeと書くことにする。観測点から震源域までの距離をｒとすると

GWmeは次式に比例することになる。

GWme＝m v／ｒ＊2 kg／km・sec m＝7.343×10＊22㎏ ｒ＝10000 km の場合 GWme＝1.10 ×10＊21 kg／㎞・sec よって GWme／GWbh＝1.10×10＊21／5.75×10＊8

＝1.91×10＊11

上記の値は、月の質量の1.91×10＊11分の一の質量：3.84×10＊8 tonのMeteorが地球に衝突した場合GIが発生することを示している。これまでに知らている最大のMeteorは、１万ton程度であるから、１億ton以上のMeteorが衝突した時には、地球に生物は存在していない。 終わりに

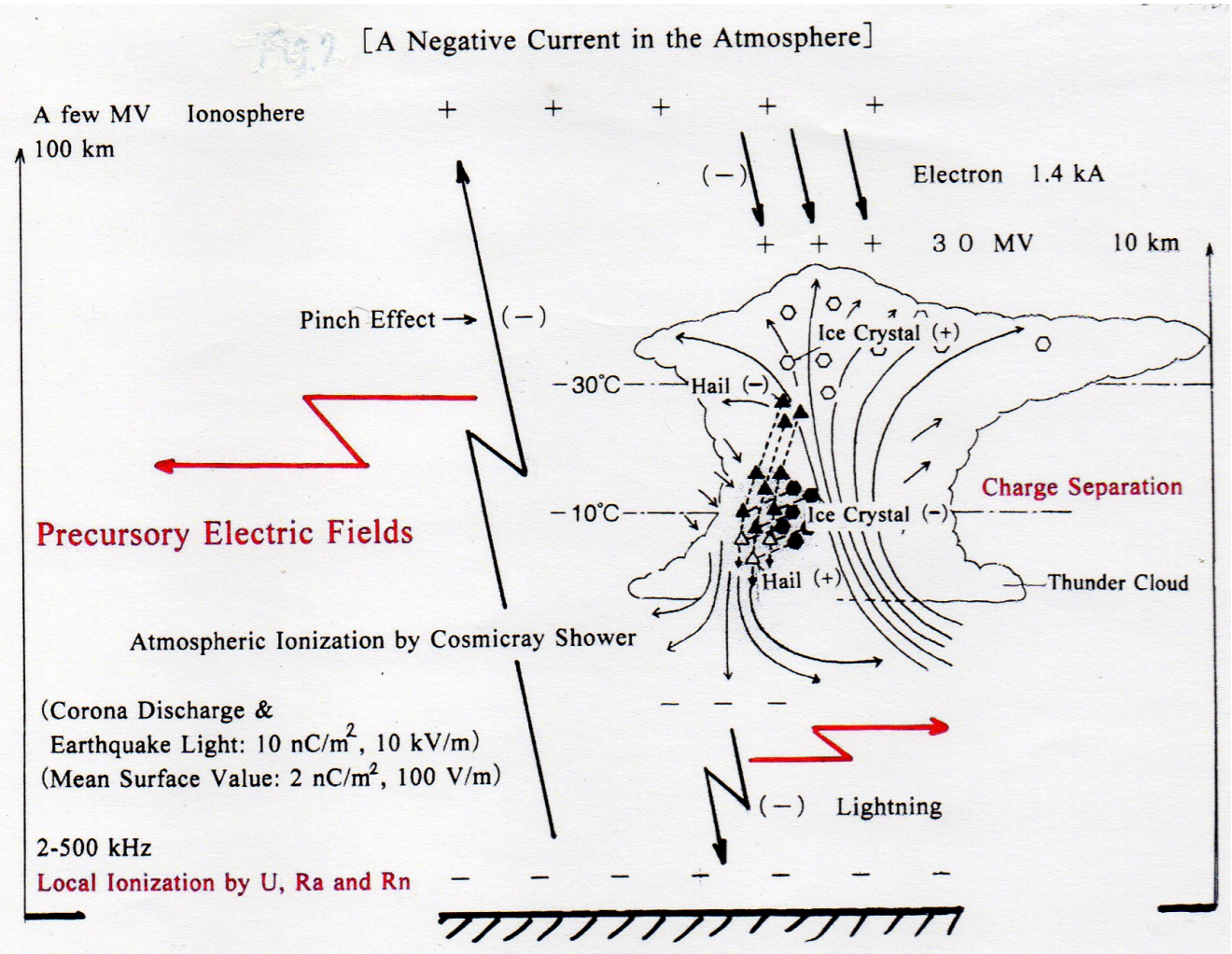
噴火に関しては、噴火が想定される場所に観測装置を重点的に配置して、Magmaの位置・規模・変化を推定して予知を試みることが可能であり、地震予知も、前兆の微小亀裂の発生場所を検出できれば、可能性があるが、「地震の場所・規模・日時が分かっている時しか予知出来ない」と言われており、現在もその通りで、地震発生の場所が推定できない限り、前兆の微小亀裂の場所の検出が困難で、予知に繋がる観測を始められない。

参考文献

高橋耕三　地震直前に観測される電磁界の発生メカニズム JpGU 2011 S-SS024-13

キーワード：地震予知、地震前兆電界、噴火予知、噴火前兆、重力波
Keywords: Earthquake Prediction, precursory seismic electric fields, eruption predicion, precursory eruptional magma, gravitational wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然地震カタログとETASカタログに内在する前震活動の特徴の違い：前震予測モデルを用いた検証

Difference of foreshock characteristics between real data and synthetic ETAS catalogs: through the application of an empirical earthquake forecast model based on foreshocks

*弘瀬 冬樹[1]、溜渕 功史[1]、前田 憲二[2]
*Fuyuki Hirose[1], Koji Tamaribuchi[1], Kenji Maeda[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

全ての地震活動はETASモデルで再現できる確率現象であるため，ETASによる予測よりも効率の良い地震の予測は不可能であるという指摘［例えば，Felzer et al., 2004, BSSA; 2015, NatureGeo］がある．一方，前震活動はETASでは表現されない前駆的すべりなど，震源核形成過程の一部であり，その特徴を用いればより効率よく地震の予測が可能性であるという指摘［例えば，Lippiello et al., 2012, SciRep; Bouchon et al., 2013, NatureGeo］もある．

そこで，ETASモデルによる実データの再現性を検証するために，実データから推定されたETASパラメータを用いて，模擬的な地震カタログ（ETASカタログと呼ぶ）を作成し，実データの前震活動に基づいた予測モデル［例えば，前田・弘瀬, 2017, 予知連会報98］をETASカタログに適用し，その予測効率を調べた．伊豆諸島の地震活動に最適化した本予測モデルは，緯度0.2˚×経度0.2˚の領域内でM3.0以上の地震が3日間に3個だけ発生した時に，同領域内でその後5日間以内にM5.0以上の地震が発生すると予測するものである．本モデルは尤度の観点で最も効率が良い．

本予測モデルを実データとETASカタログそれぞれに適用した結果，成績はETASカタログよりも実データに適用した時の方が良かった．このことは，ETASでは前震活動（前駆すべりが関連？）の特徴を十分には再現することは困難であり，前震活動に基づく予測はETASによる予測よりも効率的である場合があることを示唆する．しかし，本検証では前震活動による予測モデルは実データにより最適されたモデルであるため，特殊なケースの検証となっている可能性がある．より信頼性の高い検証のためには，ETASカタログを用いて最適化を行った場合など，他の方法による検証も行うことが必要であろう．

キーワード：地震予測モデル、前震活動、ETASモデル、伊豆諸島
Keywords: Earthquake forecast model, Foreshocks, ETAS model, Izu Islands

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加（２）

The increase in missing waveform images of the F-net broadband seismograph network preceding the 2011 Tohoku earthquake (2)

*末 芳樹[1]
*Yoshiki SUE[1]

1. なし
1. none

１．はじめに

主題地震では広帯域地震観測網F-netの欠測が本震の前後数カ月間に亘って増加したことが報告されている。

2010年12月22日から2011年1月18日にかけて１度目の増加があり最大４観測点となった．一旦減少の後，2月16日から2度目の増加があり，2月19日から3月2日にかけて再度４観測点（札幌(コード：HSS)，岩手山形(IYG),気仙沼(KSN),白峰(SRN)）となった．この後減少したが，本震発生時は通常より多い2観測点の欠測があった．本震後は5月2日に零に復帰した．… 2度目の増加期間は，本震域でM5クラスの地震が連続して発生していた2月13日から3月2日までとも概ね重なる．（末, 2013）

２．更なる調査

2011年2月中旬から3月上旬までの期間に対し更なる調査を行い、以下を得た。

<スロースリップ>

・ 本震発生前に震源域付近でスロースリップが起きた。スロースリップは2011年1月29日に始まり、2月19日頃に活動領域を拡大し、3月9日の三陸沖地震M7.3の直前まで存在しこの地震を誘起した。尚、3月9日の地震は前震と考えられている（内田・加藤・伊藤・太田, 2014）。

<F-netの欠測状況>

・ 2度目の欠測増加は2011年2月16日から始まり，2月19日から3月2日にかけて最大の４観測点（札幌(HSS)， 岩手山形(IYG)， 気仙沼(KSN)， 白峰(SRN)）となった。

・ 増加の始まる前から欠測していた観測点は、札幌(HSS)と岩手山形(IYG)であった。

・ 気仙沼観測点(KSN)の欠測が2月16日から3月2日に掛けて加わった。

・ さらに、白峰観測点(SRN)の欠測が2月19日から4月25日に掛けて加わり欠測は４観測点となった。白峰観測点は石川県白山市にあって三陸沖から遠いが、2月27日に近傍の飛騨地方でM5.5を始めとする群発地震が発生している。

・ 欠測観測点の増大は3月2日で終了し、その後減少してM7.3地震の前日である3月8日の欠測は、岩手山形(IYG)と白峰(SRN)の2観測点であった。

尚、日付は連続波形画像（Daily plot, UT）の情況であり、観測点に関する欠測情報は１日程度異なる場合がある。

３．まとめ

2011年2月中旬～3月上旬に掛けてのF-netの欠測の増加は、1月29日から始まり3月9日まで存在したスロースリップや2月中旬から下旬にかけての三陸沖を中心とする活発な地震活動などと時間的・空間的に重なるばかりでなく、スロースリップの領域拡大と同じ2月19日から最大の欠測数になるなど、後日震源となる付近で発生した何らかの振動に対する反応と考えられる。

謝辞

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

防災科学技術研究所のF-net観測網のデータを使用させて頂きました．記して感謝致します．

参考文献

末芳樹, 2013, 2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加, JpGU2013, SSS30-P01.

内田直希・加藤愛太郎・伊藤喜宏・太田雄策, 2014, 特集 東北地方太平洋沖地震から3年 発生前に起きていたスロースリップ, なゐふる, Vol97.

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、F-net、スロースリップ
Keywords: 2011 Tohoku earthquake, F-net, slow slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

駿河湾石花海周辺におけるOBS地震観測の*b*値について
On the *b*-value of the OBS seismic observation around the Suruga Bay Senoumi

*曽谷 太洋[1]、馬塲 久紀[4]、西宮 隆仁[2]、中尾 凪佐[1]、長尾 年恭[3]
*Taiyo Sotani[1], Hisatoshi Baba[4], Takahito Nishimiya[2], Nakao Nagisa[1], Toshiyasu Nagao[3]

1. 東海大学大学院、2. 気象庁気象研究所、3. 東海大学海洋研究所、4. 東海大学海洋学部海洋地球科学
1. Toukai Univrsity, 2. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 3. Institute of Oceanic Research and development, Tokai University, 4. Department of Marine and Earth Science, Tokai University

駿河湾は，駿河トラフを有する急峡な湾で東海地震の推定震源域である．駿河トラフから南海トラフにかけてのプレート境界では，過去にM8.0クラスの巨大地震が繰り返し発生している．駿河湾で2009年8月「静岡沖の地震(M6.5)」と2011年8月「駿河湾南西部の地震(M6.2)」の契機に， 2011年11月より駿河湾中央部の石花海(せのうみ)周辺海域で自己浮上式海底地震計(OBS)を設置し地震観測を開始した．観測は3ヶ月毎に設置・回収を繰り返し行っており，7年間のデータが安定して蓄積されている．そこで，OBS観測で決められた震源要素を元に*b*値について議論を行った．

本研究では
(1) 2012年10月から2018年8月までのOBS観測で得られた震源を用いた3ヶ月毎の*b*値について

(2) 同期間のJMAデータにおける*b*値との比較

(3) 震源が集中している石花海周辺の *b* 値

について発表を行う．

キーワード：東海地震、 b 値
Keywords: Tokai Earthquake, b-value

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

更新過程のベイズ統計対数正規分布モデルを用いた中規模繰り返し相似地震の発生確率の成績

Trial Result of Long-term Occurrence Probabilities with The Moderate Repeating Earthquakes Using The Lognormal Distribution Model with Bayesian Approach

*田中 昌之[1]
*Masayuki Tanaka[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

１．はじめに

気象研究所では，中規模の繰り返し相似地震について，準リアルタイム的に発生状況を追跡している．そして，相似地震の長期的確率予測の精度把握のため，適宜，確率予測の実験を行っている．モデルは岡田・他(2007)による更新過程のベイズ統計対数正規分布モデル(LN-Bayes)を使っている．このモデルは，再帰間隔の確率分布が逆ガンマ事前分布で与えられており，逆ガンマ分布の２つのパラメータは，形状パラメータ ϕ =2.5，スケールパラメータ ζ=0.23である．標本1個から計算可能である．2016年2月，2017年2月及び2018年2月に1年発生確率を計算しており，予測期間はすべて終わっていることから，評価指標を使って予測成績を確認する．そして，別の更新過程の小標本論対数正規分布モデル(LN-SST)，BPT分布モデル(BPT)及びポアソン過程の指数分布モデル(Exp)の成績と比較する．BPTのパラメータは地震本部(2010)の値 α=0.24を使用する．

２．評価指標

平均対数尤度(Mean Log-Likelihood, *MLL)*とブライアスコア(Brier Score, *BS*)の2つの手法を，予測期間内の相似地震の発生有無と比較して求めた．*MLL*は負の値となる．予測確率0.5のとき-0.693で，これより小さな値となるモデルは非常に悪い成績と言える．予測確率0で予測期間内に該当地震が発生した場合，または予測確率1で予測期間内に該当地震が発生しなかった場合は解が求まらない．そのようなケースは評価対象から除外する．*BS*は正の値となる．予測確率0.5のとき0.25で，これより大きな値となるモデルは非常に悪い成績と言える．

３．成績

４つのモデルの成績は図１の通りである．*MLL*の成績は，2016年2月の予測はLN-SSTの成績が他のモデルよりも良く，2017年2月と2018年2月の予測はLN-Bayesが最も良い．3回の実験はそれぞれ独立であり，3回の結果を一つにして得られる成績はLN-Bayesが最も良い．LN-Bayes，LN-SST及びExpの成績は徐々に悪化している．LN-SSTの成績は他の２つのモデルよりも変化が大きく，2018年2月の成績はExpよりも悪い．原因は不明である．BPTは3回すべてにおいて非常に悪い成績である．大会当日は，*BS*の成績を紹介し，それら結果について考察する．

キーワード：繰り返し地震、予測結果、平均対数尤度
Keywords: Repeating earthquakes, Forecast results, Mean log-likelihood

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

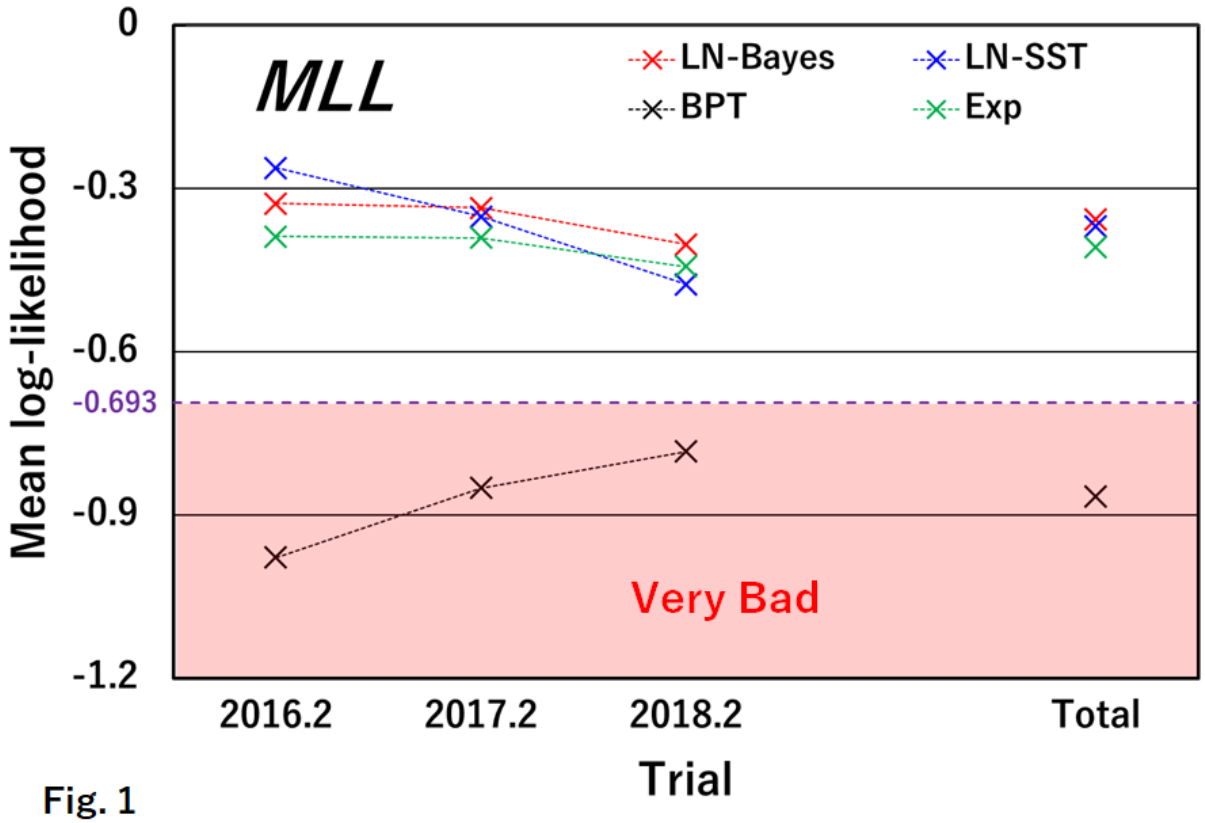


Fig. 1

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural heterogeneity under the 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake in Hokkaido, Japan and its implications for rupture initiations

*WANG ZHI[1]
*ZHI WANG[1]

1. 中国科学院南海海洋研究所
1. Key Laboratory of Marginal Sea Geology at South China Sea Institute of Oceanology of CAS of China

On September 6, 2018, an Mw6.6 (moment magnitude) crustal earthquake occurred at Eastern Iburi on the island of Hokkaido, Japan (hereafter referred to as the Iburi Earthquake), where the northeastern Japan arc obliquely collides with the Kuril arc. It is the first time an earthquake has ever reached a maximum intensity of 7 (on scale of JMA: Japan Meteorological Agency) in Hokkaido. The 2018 Iburi earthquake caused serious damage across Hokkaido Prefecture and adjacent regions, including the death of 44 people, as many as 680 injuries, and a large number of landslides around the town of Atsuma. The focal mechanism solution of the earthquake showed that initiation occurred on either a moderately dipping reverse fault striking northwest (NW), or on a shallow-to-moderately dipping fault striking southeast (SE).

The hypocenter area is characterized by the mutual interactions of three plates: the Pacific plate, the North American (Okhotsk) plate, and the Eurasian plate. This reverse-faulting earthquake occurred close to the Hidaka main thrust belt, whose tectonics are driven by the convergence of the above three plates. The plate boundary between the Eurasian and Okhotsk plates is located near the eastern coastline of the Japan Sea. Under the Iburi earthquake, the Pacific slab is subducting towards the west (W) -NW beneath the Eurasian and North American plates from the northeastern (NE) Japan and Kuril Trenches. In the Hokkaido subduction zone, there have been 18 earthquakes (M_J > 6.5: JMA magnitude) recorded since 1926; however, the majority are interplate thrust earthquakes associated with the Pacific slab subduction, and only five of these occurred at shallow depths under Hokkaido according to JMA focal depths.
The hypocenter determined by JMA indicated a focal depth of ~37 km. Given the focal mechanism solutions and depth, the main-shock was likely an intraplate event within the North American (upper) plate (or Okhotsk microplate), rather than on the interface between the subducting Pacific and North America plates. This was because the iso-depth of the upper boundary for the Pacific slab was about ~100 km beneath the epicenter. Although numerous seismic tomographic studies in the crust and uppermost mantle have been conducted in Hokkaido, the structure in the 2018 Iburi source area remains poorly resolved. It is worth noting that the seismic velocity and Poisson ratio images, together with geology and geothermal data, in the source area could provide some important information for a better understanding of earthquake generation. To investigate the rupture initiation of the earthquake, we conduct a high resolution seismic tomography study to determine the seismic velocity and Poisson ratio structures under the entire Hokkaido arc. Our results indicated that the main-shock was likely located at a blind-thrust fault close to the boundary between the negative and positive seismic anomalies. A strong low velocity and high Poisson ratio body that extended to a depth of ~120 km was clearly imaged northwest of the hypocenter under the back-arc side of the mantle wedge, indicating fluids were released from the subducting Pacific slab dehydration. Fluids released from the great depth of the back-arc mantle wedge would intrude into the positive anomaly from the more saturated negative side in the lower crust, leading to high pore-fluid pressure accumulation in that region. The descending brittle crustal material

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

sandwiched by two negative zones in the hypocenter was sufficiently large, resulting in strain concentration, decrease of rock effective stress in the hypocenter, and contributing to brittle deformation.

キーワード：2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake、Fluid pore-pressure concentration、Role of fluids in triggering of earthquake
Keywords: 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake, Fluid pore-pressure concentration, Role of fluids in triggering of earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)

将来の地震発生を予知・予測することをめざす，直接的な研究について討論する．長期・短期，あるいは，決定論的・確率的といった時定数や手法を問わず，理論・観測・シミュレーションなどに基づく，検証可能性を備えた科学的な研究発表を広く募集する．

[SSS09-P01] 地震前兆の検出法

*高橋 耕三

[SSS09-P02] 自然地震カタログとETASカタログに内在する前震活動の特徴の違い：前震予測モデルを用いた検証

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

[SSS09-P03] 2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加（２）

*末 芳樹[1] (1.なし)

[SSS09-P04] 駿河湾石花海周辺におけるOBS地震観測の*b*値について

*曽谷 太洋[1]、馬塲 久紀[4]、西宮 隆仁[2]、中尾 凪佐[1]、長尾 年恭[3] (1.東海大学大学院、2.気象庁気象研究所、3.東海大学海洋研究所、4.東海大学海洋学部海洋地球科学)

[SSS09-P05] 更新過程のベイズ統計対数正規分布モデルを用いた中規模繰り返し相似地震の発生確率の成績

*田中 昌之[1] (1.気象研究所)

[SSS09-P06] **Structural heterogeneity under the 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake in Hokkaido, Japan and its implications for rupture initiations**

*WANG ZHI[1] (1.中国科学院南海海洋研究所)

地震前兆の検出法
A method to ditect seismic precursors

*高橋 耕三
*Kozo Takahashi

はじめに：地震の前には、種々の地震前兆が観測されている。それらの殆どは、地震前の震源域での微少亀裂の発生に起因するものと推定できる。それ故、震源域での微少亀裂の発生を検出できれば、直接・間接に地震の予知につなげることが可能になる。 ３．微小亀裂の検出

震源域を中心として電極を4個所以上に設置して、電位・抵抗を測定すれば（海底では困難）微小亀裂の発生を検知できるであろう。しかし、高名な地震学者が予言しているように、地震予知は「地震の、場所・規模・日時が分かっているときしかできない」から、電位・抵抗の測定場所を決めることができない。我が国の噴火の場合は、その場所を推定し、Magma の場所・規模・動きを集中的に観測して噴火を予知することが、費用の額を無視できる場合は可能であろうが、地震の場合は費用の額が無視できても、場所の推定が困難なため、そのようには行かないであろう。

若し、震源域から、重力波（Gravitational Wave：GI）が出ていれば、検出の可能性は出てくるが、その可能性は全く無いことを以下定量的に示す。

最初に、検出できるGIの大きさを知るため、Black Hole（BHP)の合体の際、観測されたGIの強度を計算する。

本節で使用する記号、常数の近似値・推定値は下記のとおりである。

以下　＊：乗

光速ｃ＝3×(10＊5) km/sec

１光年＝9.46×(10＊12) km

太陽の質量：２×(10＊30) kg

GW150914の合体の際の数値

BHPの小さい方の質量 M：29太陽質量

BHP迄の距離　ｒ：13億光年

BHP 間の衝突とは、相手の Event Horizon 内に入ることだから合体のことになる。合体によりそれらの運動エネルギーはGIのエネルギーに変換される。

BHP間の相対速度はｃを超えることは出来ないから、一方の速度は約ｃ / ２以下となる。

GIは重力場の急変により発生するから、運動量（MV)の急変によっても発生する。

GIは、波であるから、観測点までの距離ｒの二乗に反比例する。よって

GW150914のGIの地表で観測される値GWbhは、次式の値に比例する。 GWbh＝ 29 ×2×(10＊30)×1.5×(10＊5)÷{(13×9.46×(10＊12)}　＊2 ＝ 5.75 ×10＊8) (kg／sec・km) Mag ７の地震の際のGIを計算する。

この際、下記の値を用いる。

地震のエネルギーEは次式による。

log E＝4.8 + 1.5 M

＝ 4.8 + 10.5 ＝ 15.3

E ＝ 10＊15.3 J＝2×10＊15 J

＝2×10＊9 kg (km／sec)＊2

地震で動く質量mは次式から求める。

E＝0.5×m ×v＊2

ここにｖは地震波の速度で、地表近くの値5.45 km/sec を用いると

ｍv ＝2 E／ｖ

＝ 4×10＊9／5.45 kg・㎞／sec

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

＝0.734×10＊9 kg・㎞／sec

BHP 間の衝突では、相対速度がｃ／2に近い値になったから、地震の際もｃ／2に近い値になった部分だけがGIの発生に寄与すると考えられる。ところで、物理現象では、多くの場合Gauss 分布するため、S波の速度分布からσと平均値を求め、地震動のうちのｃ／２以上となる割合を求めると、限りなく零に近づくため、地震動に伴うGIは発生しないと推定される。そこで、どのような場合にGIが発生するかを知るために、月と同じ質量の隕石がｃ／２以上の速さで地表を直撃する場合のGIを計算する。なお大きな隕石などで月の軌道が乱されても月が地球に衝突することはない。月が地球に近づけば潮汐力のため月は砕け、地球に落下する破片は大気中で燃え尽きてしまう。また、ｃ／２以上の速さで到来する物体は、検知する前に到達してしまうため、Radarでは検知できない。

月と同じ質量のMeteoriteの衝突の際のGIをGWmeと書くことにする。観測点から震源域までの距離をｒとすると

GWmeは次式に比例することになる。

GWme＝m v／ｒ＊2 kg／km・sec m＝7.343×10＊22㎏ ｒ＝10000 km の場合 GWme＝1.10 ×10＊21 kg／㎞・sec よって GWme／GWbh＝1.10×10＊21／5.75×10＊8

＝1.91×10＊11

上記の値は、月の質量の1.91×10＊11分の一の質量：3.84×10＊8 tonのMeteorが地球に衝突した場合GIが発生することを示している。これまでに知らている最大のMeteorは、１万ton程度であるから、１億ton以上のMeteorが衝突した時には、地球に生物は存在していない。 終わりに

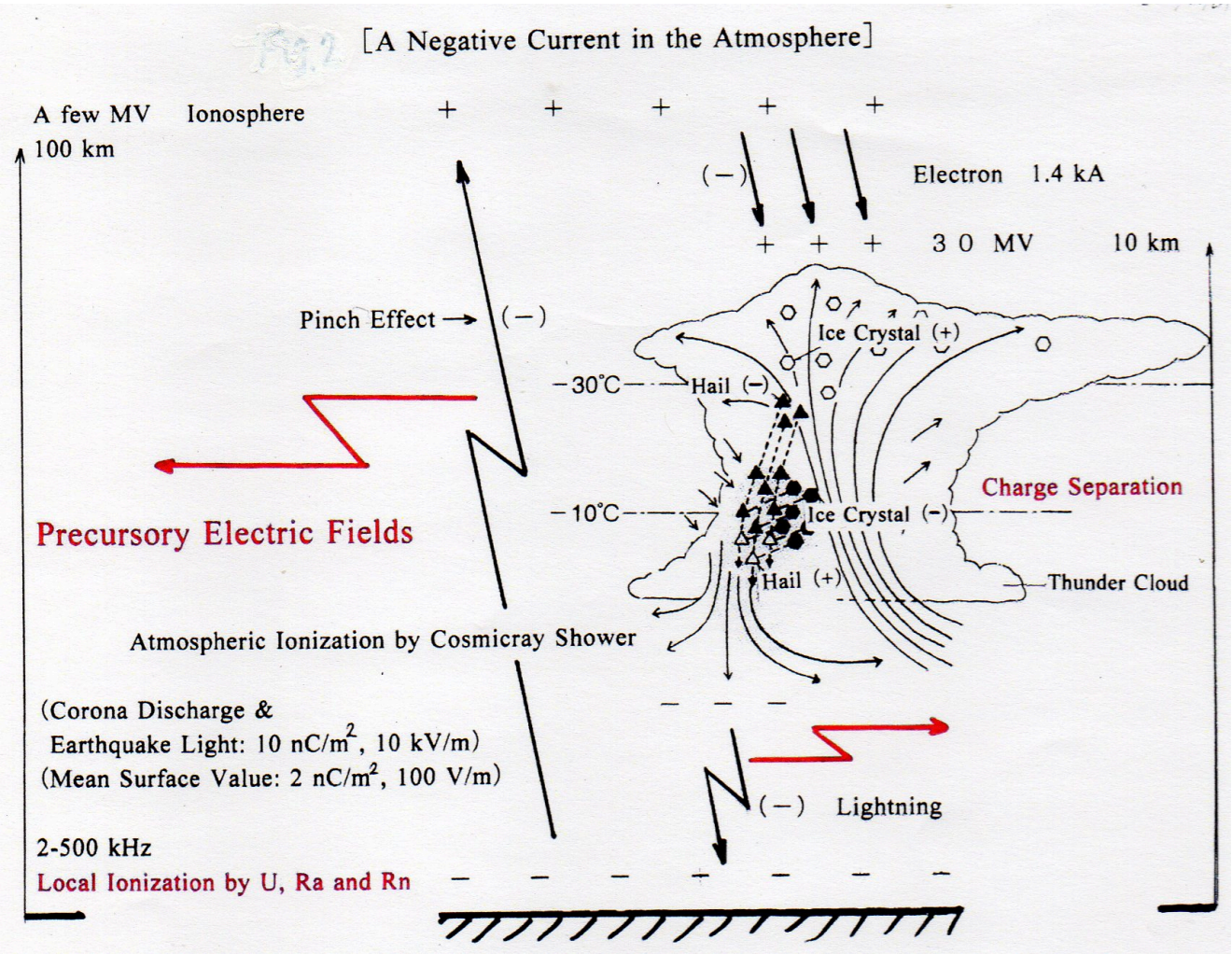
噴火に関しては、噴火が想定される場所に観測装置を重点的に配置して、Magmaの位置・規模・変化を推定して予知を試みることが可能であり、地震予知も、前兆の微小亀裂の発生場所を検出できれば、可能性があるが、「地震の場所・規模・日時が分かっている時しか予知出来ない」と言われており、現在もその通りで、地震発生の場所が推定できない限り、前兆の微小亀裂の場所の検出が困難で、予知に繋がる観測を始められない。

参考文献

高橋耕三　地震直前に観測される電磁界の発生メカニズム JpGU 2011 S-SS024-13

キーワード：地震予知、地震前兆電界、噴火予知、噴火前兆、重力波
Keywords: Earthquake Prediction, precursory seismic electric fields, eruption predicion, precursory eruptional magma, gravitational wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然地震カタログとETASカタログに内在する前震活動の特徴の違い：前震予測モデルを用いた検証

Difference of foreshock characteristics between real data and synthetic ETAS catalogs: through the application of an empirical earthquake forecast model based on foreshocks

*弘瀬 冬樹[1]、溜渕 功史[1]、前田 憲二[2]
*Fuyuki Hirose[1], Koji Tamaribuchi[1], Kenji Maeda[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

全ての地震活動はETASモデルで再現できる確率現象であるため，ETASによる予測よりも効率の良い地震の予測は不可能であるという指摘［例えば，Felzer et al., 2004, BSSA; 2015, NatureGeo］がある．一方，前震活動はETASでは表現されない前駆的すべりなど，震源核形成過程の一部であり，その特徴を用いればより効率よく地震の予測が可能性であるという指摘［例えば，Lippiello et al., 2012, SciRep; Bouchon et al., 2013, NatureGeo］もある．

そこで，ETASモデルによる実データの再現性を検証するために，実データから推定されたETASパラメータを用いて，模擬的な地震カタログ（ETASカタログと呼ぶ）を作成し，実データの前震活動に基づいた予測モデル［例えば，前田・弘瀬, 2017, 予知連会報98］をETASカタログに適用し，その予測効率を調べた．伊豆諸島の地震活動に最適化した本予測モデルは，緯度0.2˚×経度0.2˚の領域内でM3.0以上の地震が3日間に3個だけ発生した時に，同領域内でその後5日間以内にM5.0以上の地震が発生すると予測するものである．本モデルは尤度の観点で最も効率が良い．

本予測モデルを実データとETASカタログそれぞれに適用した結果，成績はETASカタログよりも実データに適用した時の方が良かった．このことは，ETASでは前震活動（前駆すべりが関連？）の特徴を十分には再現することは困難であり，前震活動に基づく予測はETASによる予測よりも効率的である場合があることを示唆する．しかし，本検証では前震活動による予測モデルは実データにより最適されたモデルであるため，特殊なケースの検証となっている可能性がある．より信頼性の高い検証のためには，ETASカタログを用いて最適化を行った場合など，他の方法による検証も行うことが必要であろう．

キーワード：地震予測モデル、前震活動、ETASモデル、伊豆諸島
Keywords: Earthquake forecast model, Foreshocks, ETAS model, Izu Islands

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加（２）

The increase in missing waveform images of the F-net broadband seismograph network preceding the 2011 Tohoku earthquake (2)

*末 芳樹[1]
*Yoshiki SUE[1]

1. なし
1. none

１．はじめに

主題地震では広帯域地震観測網F-netの欠測が本震の前後数カ月間に亘って増加したことが報告されている。

2010年12月22日から2011年1月18日にかけて１度目の増加があり最大４観測点となった．一旦減少の後，2月16日から2度目の増加があり，2月19日から3月2日にかけて再度４観測点（札幌(コード：HSS)，岩手山形(IYG),気仙沼(KSN),白峰(SRN)）となった．この後減少したが，本震発生時は通常より多い2観測点の欠測があった．本震後は5月2日に零に復帰した．… 2度目の増加期間は，本震域でM5クラスの地震が連続して発生していた2月13日から3月2日までとも概ね重なる．（末, 2013）

２．更なる調査

2011年2月中旬から3月上旬までの期間に対し更なる調査を行い、以下を得た。

<スロースリップ>

・ 本震発生前に震源域付近でスロースリップが起きた。スロースリップは2011年1月29日に始まり、2月19日頃に活動領域を拡大し、3月9日の三陸沖地震M7.3の直前まで存在しこの地震を誘起した。尚、3月9日の地震は前震と考えられている（内田・加藤・伊藤・太田, 2014）。

<F-netの欠測状況>

・ 2度目の欠測増加は2011年2月16日から始まり，2月19日から3月2日にかけて最大の４観測点（札幌(HSS)， 岩手山形(IYG)， 気仙沼(KSN)， 白峰(SRN)）となった。

・ 増加の始まる前から欠測していた観測点は、札幌(HSS)と岩手山形(IYG)であった。

・ 気仙沼観測点(KSN)の欠測が2月16日から3月2日に掛けて加わった。

・ さらに、白峰観測点(SRN)の欠測が2月19日から4月25日に掛けて加わり欠測は４観測点となった。白峰観測点は石川県白山市にあって三陸沖から遠いが、2月27日に近傍の飛騨地方でM5.5を始めとする群発地震が発生している。

・ 欠測観測点の増大は3月2日で終了し、その後減少してM7.3地震の前日である3月8日の欠測は、岩手山形(IYG)と白峰(SRN)の2観測点であった。

尚、日付は連続波形画像（Daily plot, UT）の情況であり、観測点に関する欠測情報は１日程度異なる場合がある。

３．まとめ

2011年2月中旬～3月上旬に掛けてのF-netの欠測の増加は、1月29日から始まり3月9日まで存在したスロースリップや2月中旬から下旬にかけての三陸沖を中心とする活発な地震活動などと時間的・空間的に重なるばかりでなく、スロースリップの領域拡大と同じ2月19日から最大の欠測数になるなど、後日震源となる付近で発生した何らかの振動に対する反応と考えられる。

謝辞

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

防災科学技術研究所のF-net観測網のデータを使用させて頂きました．記して感謝致します．

参考文献

末芳樹, 2013, 2011年東北地方太平洋沖地震に先行したF-net連続波形画像の欠測増加, JpGU2013, SSS30-P01.

内田直希・加藤愛太郎・伊藤喜宏・太田雄策, 2014, 特集 東北地方太平洋沖地震から3年 発生前に起きていたスロースリップ, なゐふる, Vol97.

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、F-net、スロースリップ
Keywords: 2011 Tohoku earthquake, F-net, slow slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

駿河湾石花海周辺におけるOBS地震観測の*b*値について
On the *b*-value of the OBS seismic observation around the Suruga Bay Senoumi

*曽谷 太洋[1]、馬塲 久紀[4]、西宮 隆仁[2]、中尾 凪佐[1]、長尾 年恭[3]
*Taiyo Sotani[1], Hisatoshi Baba[4], Takahito Nishimiya[2], Nakao Nagisa[1], Toshiyasu Nagao[3]

1. 東海大学大学院、2. 気象庁気象研究所、3. 東海大学海洋研究所、4. 東海大学海洋学部海洋地球科学
1. Toukai Univrsity, 2. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 3. Institute of Oceanic Research and development, Tokai University, 4. Department of Marine and Earth Science, Tokai University

駿河湾は，駿河トラフを有する急峡な湾で東海地震の推定震源域である．駿河トラフから南海トラフにかけてのプレート境界では，過去にM8.0クラスの巨大地震が繰り返し発生している．駿河湾で2009年8月「静岡沖の地震(M6.5)」と2011年8月「駿河湾南西部の地震(M6.2)」の契機に， 2011年11月より駿河湾中央部の石花海(せのうみ)周辺海域で自己浮上式海底地震計(OBS)を設置し地震観測を開始した．観測は3ヶ月毎に設置・回収を繰り返し行っており，7年間のデータが安定して蓄積されている．そこで，OBS観測で決められた震源要素を元に*b*値について議論を行った．

本研究では
(1) 2012年10月から2018年8月までのOBS観測で得られた震源を用いた3ヶ月毎の*b*値について

(2) 同期間のJMAデータにおける*b*値との比較

(3) 震源が集中している石花海周辺の *b* 値

について発表を行う．

キーワード：東海地震、 b 値
Keywords: Tokai Earthquake, b-value

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

更新過程のベイズ統計対数正規分布モデルを用いた中規模繰り返し相似地震の発生確率の成績

Trial Result of Long-term Occurrence Probabilities with The Moderate Repeating Earthquakes Using The Lognormal Distribution Model with Bayesian Approach

*田中 昌之[1]
*Masayuki Tanaka[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

１．はじめに

気象研究所では，中規模の繰り返し相似地震について，準リアルタイム的に発生状況を追跡している．そして，相似地震の長期的確率予測の精度把握のため，適宜，確率予測の実験を行っている．モデルは岡田・他(2007)による更新過程のベイズ統計対数正規分布モデル(LN-Bayes)を使っている．このモデルは，再帰間隔の確率分布が逆ガンマ事前分布で与えられており，逆ガンマ分布の２つのパラメータは，形状パラメータ ϕ =2.5，スケールパラメータ ζ=0.23である．標本1個から計算可能である．2016年2月，2017年2月及び2018年2月に1年発生確率を計算しており，予測期間はすべて終わっていることから，評価指標を使って予測成績を確認する．そして，別の更新過程の小標本論対数正規分布モデル(LN-SST)，BPT分布モデル(BPT)及びポアソン過程の指数分布モデル(Exp)の成績と比較する．BPTのパラメータは地震本部(2010)の値 α=0.24を使用する．

２．評価指標

平均対数尤度(Mean Log-Likelihood, *MLL)*とブライアスコア(Brier Score, *BS*)の2つの手法を，予測期間内の相似地震の発生有無と比較して求めた．*MLL*は負の値となる．予測確率0.5のとき-0.693で，これより小さな値となるモデルは非常に悪い成績と言える．予測確率0で予測期間内に該当地震が発生した場合，または予測確率1で予測期間内に該当地震が発生しなかった場合は解が求まらない．そのようなケースは評価対象から除外する．*BS*は正の値となる．予測確率0.5のとき0.25で，これより大きな値となるモデルは非常に悪い成績と言える．

３．成績

４つのモデルの成績は図１の通りである．*MLL*の成績は，2016年2月の予測はLN-SSTの成績が他のモデルよりも良く，2017年2月と2018年2月の予測はLN-Bayesが最も良い．3回の実験はそれぞれ独立であり，3回の結果を一つにして得られる成績はLN-Bayesが最も良い．LN-Bayes，LN-SST及びExpの成績は徐々に悪化している．LN-SSTの成績は他の２つのモデルよりも変化が大きく，2018年2月の成績はExpよりも悪い．原因は不明である．BPTは3回すべてにおいて非常に悪い成績である．大会当日は，*BS*の成績を紹介し，それら結果について考察する．

キーワード：繰り返し地震、予測結果、平均対数尤度
Keywords: Repeating earthquakes, Forecast results, Mean log-likelihood

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

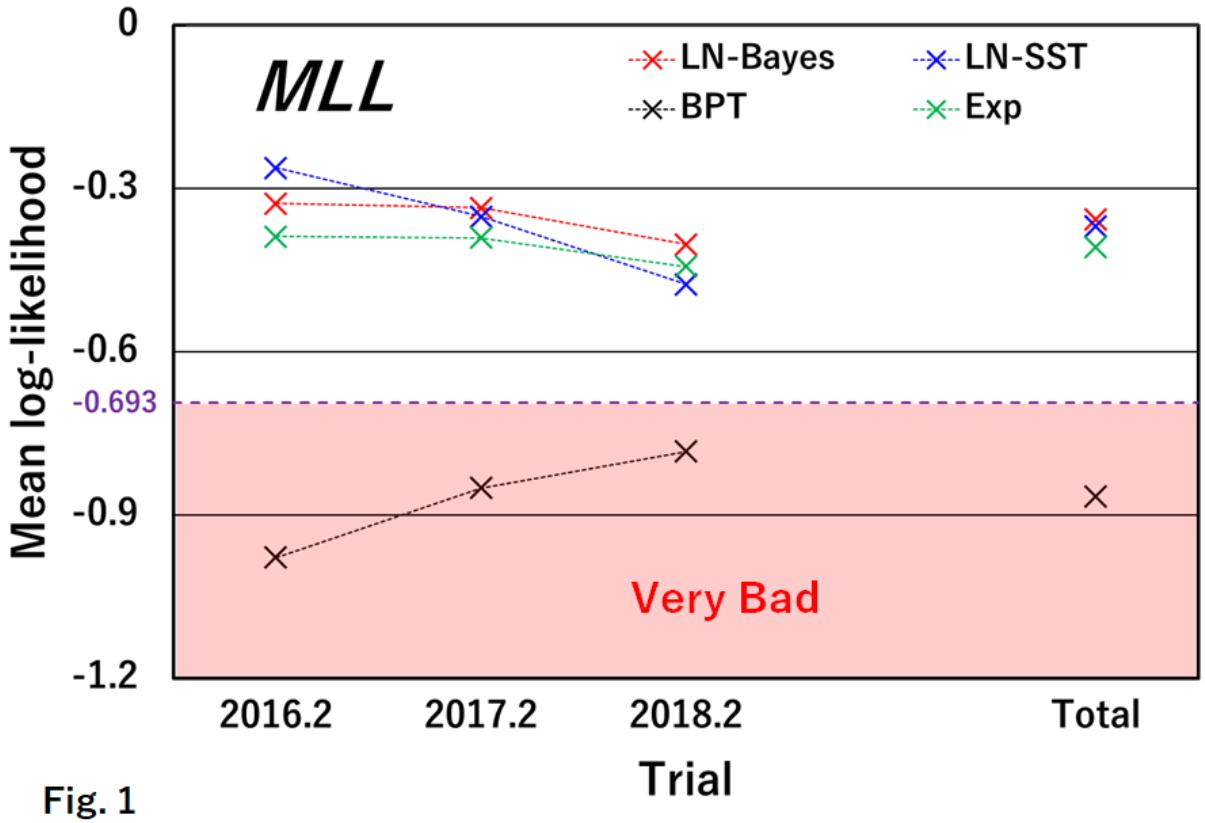


Fig. 1

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural heterogeneity under the 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake in Hokkaido, Japan and its implications for rupture initiations

*WANG ZHI[1]
*ZHI WANG[1]

1. 中国科学院南海海洋研究所
1. Key Laboratory of Marginal Sea Geology at South China Sea Institute of Oceanology of CAS of China

On September 6, 2018, an Mw6.6 (moment magnitude) crustal earthquake occurred at Eastern Iburi on the island of Hokkaido, Japan (hereafter referred to as the Iburi Earthquake), where the northeastern Japan arc obliquely collides with the Kuril arc. It is the first time an earthquake has ever reached a maximum intensity of 7 (on scale of JMA: Japan Meteorological Agency) in Hokkaido. The 2018 Iburi earthquake caused serious damage across Hokkaido Prefecture and adjacent regions, including the death of 44 people, as many as 680 injuries, and a large number of landslides around the town of Atsuma. The focal mechanism solution of the earthquake showed that initiation occurred on either a moderately dipping reverse fault striking northwest (NW), or on a shallow-to-moderately dipping fault striking southeast (SE).

The hypocenter area is characterized by the mutual interactions of three plates: the Pacific plate, the North American (Okhotsk) plate, and the Eurasian plate. This reverse-faulting earthquake occurred close to the Hidaka main thrust belt, whose tectonics are driven by the convergence of the above three plates. The plate boundary between the Eurasian and Okhotsk plates is located near the eastern coastline of the Japan Sea. Under the Iburi earthquake, the Pacific slab is subducting towards the west (W) -NW beneath the Eurasian and North American plates from the northeastern (NE) Japan and Kuril Trenches. In the Hokkaido subduction zone, there have been 18 earthquakes (M_J > 6.5: JMA magnitude) recorded since 1926; however, the majority are interplate thrust earthquakes associated with the Pacific slab subduction, and only five of these occurred at shallow depths under Hokkaido according to JMA focal depths.
The hypocenter determined by JMA indicated a focal depth of ~37 km. Given the focal mechanism solutions and depth, the main-shock was likely an intraplate event within the North American (upper) plate (or Okhotsk microplate), rather than on the interface between the subducting Pacific and North America plates. This was because the iso-depth of the upper boundary for the Pacific slab was about ~100 km beneath the epicenter. Although numerous seismic tomographic studies in the crust and uppermost mantle have been conducted in Hokkaido, the structure in the 2018 Iburi source area remains poorly resolved. It is worth noting that the seismic velocity and Poisson ratio images, together with geology and geothermal data, in the source area could provide some important information for a better understanding of earthquake generation. To investigate the rupture initiation of the earthquake, we conduct a high resolution seismic tomography study to determine the seismic velocity and Poisson ratio structures under the entire Hokkaido arc. Our results indicated that the main-shock was likely located at a blind-thrust fault close to the boundary between the negative and positive seismic anomalies. A strong low velocity and high Poisson ratio body that extended to a depth of ~120 km was clearly imaged northwest of the hypocenter under the back-arc side of the mantle wedge, indicating fluids were released from the subducting Pacific slab dehydration. Fluids released from the great depth of the back-arc mantle wedge would intrude into the positive anomaly from the more saturated negative side in the lower crust, leading to high pore-fluid pressure accumulation in that region. The descending brittle crustal material

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

sandwiched by two negative zones in the hypocenter was sufficiently large, resulting in strain concentration, decrease of rock effective stress in the hypocenter, and contributing to brittle deformation.

キーワード：2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake、Fluid pore-pressure concentration、Role of fluids in triggering of earthquake
Keywords: 2018 Mw6.6 Eastern Iburi earthquake, Fluid pore-pressure concentration, Role of fluids in triggering of earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)、座長:吉川 澄夫(気象研究所)、加藤 護(京都大学大学院人間・環境学研究科)

将来の地震発生を予知・予測することをめざす，直接的な研究について討論する．長期・短期，あるいは，決定論的・確率的といった時定数や手法を問わず，理論・観測・シミュレーションなどに基づく，検証可能性を備えた科学的な研究発表を広く募集する．

15:30 ~ 15:45

[SSS09-01] 地震前の広域的静穏化・活発化現象の客観的把握

*吉川 澄夫[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS09-02] 千島海溝沿い超巨大地震の発生確率と不確定性(2)

*井元 政二郎[1]、森川 信之[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS09-03] 地震発生時系列（M-Tダイアグラム）に出現する平行と収束の増加傾向

*橋本 哲[1] (1.なし)

16:15 ~ 16:30

[SSS09-04] ランダムな地震予知が成功する割合：地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法の再訪

*加藤 護[1] (1.京都大学大学院人間・環境学研究科)

16:30 ~ 16:45

[SSS09-05] 南海トラフ巨大地震発生域陸地最前線(南紀地域)の最近の地下水変動

*佃 為成[1] (1.なし)

16:45 ~ 17:00

[SSS09-06] 「東日本大震災はどうして起きた」被災者への回答

*新妻 信明[1] (1.静岡大学理学部地球科学教室)

地震前の広域的静穏化・活発化現象の客観的把握
Objective evaluationof precursory seismic quiescence and activation phenomenon in wide area

*吉川 澄夫[1]
*Sumio Yoshikawa[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

平成7年兵庫県南部地震（M7.3）は，本震前に地殻変動，地下水，電磁気などの様々な変化を伴い，地震活動の異常が観測されたことが知られる地震である．特に茂木（1995）は長期的・広域的な視野で地震活動の空白域と静穏化現象を指摘している．吉田（1995）は地震活動の先行現象の広域性を指摘し，震源域よりも広い領域が地震発生プロセスに関わっていることを示した．そこで何らかの予知手法を想定した場合，このような広域の先行現象を根拠にどの程度の確度で評価可能かが問題となる．

eMAP は地震発生率をポアソン確率により評価するツールである（吉川・他，2017）．個々の震源毎に領域を設定し，全ての領域の異常の度合いを表示することがこの方法の特徴である．上述の問題を考える為，この方法による広域地震活動の診断の可能性を検討した．

兵庫県南部地震の際の広域の地震活動静穏化・活発化現象を，近畿・中国・四国地方を中心に解析したところ，以下の特徴が見出された．当時の気象庁震源カタログは一元化処理開始前であり，1988年以降の検知力はM2.0程度と考えられる．本震の5～6年前までは，地震活動の空間的な分布が比較的短期間に変化し安定したパターンが見られないが，本震の約２年前，兵庫県東部で約50kmの範囲にわたり静穏化現象が確認される．そして本震約１年前から発生時まで，震源域とそれを囲む広い範囲の複数地域で活発化の状況を示した．これは諸々の活断層・構造線沿いに小規模な前震的活動が起きていたことによるものと思われる．この地震活動の時間的推移に基づいて予測手法を想定すれば次のようになる．まず静穏化現象の場所と広がりを把握することにより本震の発生場所と規模を想定し（吉川，2015），次に広域の地震活動の時間変化の同時性を検知することにより，相関解析などの手法をもって時期を推定するというものである．

キーワード：兵庫県南部地震、地震活動静穏化と活発化
Keywords: Kobe eq, Seismic quiescence and activation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千島海溝沿い超巨大地震の発生確率と不確定性(2)
Long-term Probability of a Great Earthquake along the Kurile Trench, Hokkaido Japan (2)

*井元 政二郎[1]、森川 信之[1]、藤原 広行[1]
*Masajiro Imoto[1], Morilkawa Nobuyuki[1], Fujiwara Hiroyuki[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

北海道東部の津波堆積物の調査から，十勝沖から根室沖を震源とする超巨大地震（17世紀型）が繰り返し発生したことが推定されている．政府地震調査委員会は，繰り返し発生する地震に対するBPT分布モデルを用いて，今後30年以内の地震発生確率は７～40%と評価した．また，震源域が不特定な地震として，ポアソン過程モデルを適用して5 ～9%と評価した．

昨年の報告（SSS13-06）に続き，モデル選択にかかわる発生確率不確定性の調査のため，超巨大地震発生時期（調査委員会報告書　2017表7）に基づき， BPT分布モデルとポアソン分布モデルの適合度を比較した．Parsons(2008)の方法に従いBPT分布の時系列とポアソン分布の時系列を発生させ，データに合致する時系列の数を尤度と見なした．表では，地震発生時期に関する二つの信頼区間
68%（-σ,+σ），95%(-2σ,+2σ）が示されており，これらの期間と地震発生時との相対位置による重みを与える場合も調べた．重みは，非対称な正規分布と階段関数の２通りとした．藻散布沼と霧多布湿原で採取されたデータを用いた．

ポアソン分布モデルに対するBPT分布モデルの尤度比は藻散布沼データで0.70-0.79となり，尤度はポアソン分布モデルの方が高い．これに対し，霧多布湿原のデータでは尤度比は1.9-2.0となりBPT分布モデルの方が高い．重み関数の違いによる尤度比の差は1割程度である．BPT分布モデルによる今後30年間に地震が発生する確率の平均値は，藻散布データで 約11%，霧多布データで21%前後である．こちらも，重み関数の違いによる確率値の差は僅かである．ポアソン分布モデルでは，データや重み関数の違いに関係なく地震確率は約8%である．

キーワード：超巨大地震、千島海溝、地震確率
Keywords: Great Earthquake, Kurile Trench, Probability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震発生時系列（M-Tダイアグラム）に出現する平行と収束の増加傾向
Parallel and Focused Increase Trends in Time Series (M-T Diagram) of Earthquake Occurrences

*橋本 哲[1]
*Satoshi Hashimoto[1]

1. なし
1. none

通常、地震の時系列は、地震発生の特殊性により、連続量として扱えないので、余震やくり返し地震など特別な系列が議論されるのみである。ところが、ある領域でカタログから時系列を引き出してみる（M-Tダイアグラム。ここでMはマグニチュード、Ｔは発生時刻）と、ほとんどの場合、増加傾向の特徴が見て取れる。例えば海域も含めて日本列島のほぼ全体を２０００年以降, 現在まで、深さ５０ｋｍよりも浅く、M>5.5 という条件のもとで時系列を表示し、詳しく目視する。すると２００２年から２００５年の間、約１３個のM>6 の地震が増加傾向の直線にならぶ。ただしこのとき、この並んだ地震の直線からかなり離れるものが３個ほどあるが、これらは除外して考える。余震でも繰り返し地震でもそれぞれ厳しい条件のもとで、同じ傾向のものを選んで議論しているが、それらと同じことである。驚くことに、この直線を時間の経過方向に延長すると、２０１１年３月１１日東北沖地震のM9の値に結び付く。この事実はとても偶然とは思えない。

このような「直線的に増加する系列」に注目した見方をすると、２０００年以降で、２００２年から２００５年までの傾きとほとんど同じ傾きの数本の直線が、他の期間にも見られることがわかる。この数本の時系列は平行であり、あるMの値で増加は中断される。これらを平行時系列と呼ぶことにする。

時系列全体をよく見ると、もう一つの重要な特徴がある。それは東北沖地震のMの値に結び付く時系列は前に述べた１本だけではなく、そこへ収束するような複数の時系列があることである。先のものより傾きが大きいものが３本あり、傾きの小さいものが１本識別できる。Mが７より大きな地震の場合、これらに向かって収束する時系列は顕著である。このように平行と収束という二つの特徴をもつ時系列が併存していることになる。これら二つの系列の併存は、カタログが有効な１９２３年以降のほぼ１００年間すべてに渡って確認できる。先の２０００年以降の増加傾向を見たときの、直線から外れるものは、他の平行時系列、あるいは収束時系列に含まれるようだ。つまり地震の時系列のほとんどが、これらの増加傾向の時系列で表されるのである。

このような規則性はこれまで注目されてこなかったように見える。しかし、この規則性は予測の可能性を示唆する。つまり経験的には「今」の収束する複数の時系列を見つければ、それ以降のある時刻にそれらの時系列が交差する。まさにそのときに地震が発生するのである。その時の縦軸の値が、発生する地震のMの値であり、横軸の値が発生時刻である。

そこで、全国を数ブロックに分割して増加傾向の２種類の時系列を求めた。すべてのブロックに上で述べた２種類の時系列の存在が確認された。領域を狭めているので系列として十分な個数を確保するために、Mの最小値を小さくし、解析期間で数百個を超える地震を扱えるように調節した。

これらの解析の結果から、広域で見られた多数のM7 程度の長期の増加傾向の時系列は小さな領域では見えないが、この狭い領域でも、M6程度の増加傾向の時系列として認識できることがわかった。Mが６程度であっても収束する時系列がほとんどの場合で出現する。このことはＭ６以上の地震を予知できる可能性があることを意味している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜこれらの特徴が出現するか。理由はいまのところ不明である。地震の統計則として、GR（グーテンベルグ - リヒター）則がある。規模Mが大きな地震の発生数は少ないが規模が小さくなると桁違いに多くなるという、べき乗則の一つである。この法則は時間の要因を含んでいない。今回の直線的増加傾向の時系列には、時間が中心的な要因として含まれており、観察結果としてはたいへんわかりやすい。GR測は地震が発生した結果をみているが、今回の時系列は多くの地震によって構成されるが、系列として見ているのは個々の地震ではなくて、地震発生の準備過程をみているのである。

この増加傾向の時系列に関心を持った初期のころは、プレート運動による歪エネルギー蓄積の時間的割合が一定であると仮定すれば、こういう特徴が出現すると考えていたが、平行時系列が繰り返し出現することや、収束時系列も全く理解できない。つまり単純に１００年、２００年の時間を費やして、エネルギーを蓄積して臨界に達して大地震が発生するという機構ではない。おそらく地球という大きな系の中で何億年かを費やして地殻はすでに臨界状態に達しており、現在は常に地震を発生させうる状態にあり、その状態を反映して今回の時間に関する現象として現れていると思われる。予測を試みると同時にこの物理機構の問題も重要な課題であると考えている。

キーワード：M-T 図、地震時系列、平行時系列、収束時系列
Keywords: M-T diagram, Earthhquake Time Series, Palallel Time Series, Focused Time Series

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ランダムな地震予知が成功する割合：地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法の再訪
Revisiting a simple method for short-term earthquake probabilities derived from past Seismicity

*加藤 護[1]
*Mamoru Kato[1]

1. 京都大学大学院人間・環境学研究科
1. Graduate School of Human and Environmental Studies Kyoto University

本発表では加藤(2016)を2011年以降の地震活動データに適用して、根拠を持たない地震予知・予測が成功する確率の目安を再検討する。

地震がたくさん起きる地域では、科学的根拠を持たない、ランダムな地震予知・予測であっても一定の割合が当たる。つまり、当たったことがあるからその地震予知・予測の手法は信頼に値するとは結論できない。では手法の良し悪しはどのように判断すればよいのだろうか？

加藤(2016)は過去の地震活動のデータを用いてランダムな地震予知・予測が当たる確率の目安を算出する簡便な方法を提案した。この手法ではバックグラウンドの地震活動がほぼ定常的であることを仮定し、地震の発生間隔の統計を利用して確率を算出する。加藤(2016)による手法の提案では2001年から2010年までの地震活動のデータが用いられている。本発表では地震活動が活発となった2011年以降の地震活動を含めたデータを用いて、加藤(2016)が提案した手法の有効性を再確認するとともに、ランダムな地震予知・予測が当たる割合について再検討する。地震活動はETASモデルで仮定されているように余震と定常的な活動との組み合わせである。地震の発生間隔を見ても、この２つの活動の組み合わせであることが確認でき、これは2010年までと2011年以降で変化はない。地震活動度が急激に変動した期間においても加藤(2016)の手法は有効であると考えられる。

加藤 護(2016) 地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法, 地震, 68, doi:10.4294/zisin.68.163

キーワード：地震予知、地震活動
Keywords: Earthquake prediction, seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ巨大地震発生域陸地最前線(南紀地域)の最近の地下水変動
Recent anomalous groundwater temperature and water level changes at the frontier land zone of Nanki region for impending great earthquakes at the Nankai trough

*佃 為成[1]
*Tameshige Tsukuda[1]

1. なし
1. none

地下岩盤に不均等な力が加わって剪断応力が高まり，剪断破壊(地震)が発生する．剪断応力が集中する周辺では岩盤にねじれの歪が現れる．そこでは，収縮場と膨張場が隣り合わせで生成される．大地震の場は恐らく，多数の連結した比較的小規模のねじれ場で構成される．剪断応力が岩盤の強度を越えるレベルに増大したとき(臨界状態)，どこかのねじれ場の剪断破壊がトリガーとなり大地震に拡大する．

大地震の準備過程において，微小クラック群から成る流体移動のパスが存在すれば，地下岩盤の収縮領域(圧力上昇)と膨張領域(圧力降下)の形成に伴う間隙流体圧変化により，地表へ向かう上昇流体の増加や減少が起こる．深部流体は高温なので，上昇深部流体が浅層地下水に混入すると，地下水温を上昇させる．また，移動流体の量の変化によって水温変化が起こる(Tsukuda et al., 2005).

NPO法人「地下からのサイン測ろうかい」では，南海トラフの巨大地震の想定震源域に近い静岡県と神奈川県(東海地域)で9カ所，また和歌山県南紀地域では7カ所にて地下水温，そのうち東海1ヶ所，南紀2カ所にては水位も観測し，地震予知研究の基礎資料を提供している．そのうち，とくに南紀潮岬付近を中心とした地域の観測を紹介する．

本州最南端，和歌山県串本町潮岬の林組の井戸(HA)と和田商店の井戸(WA)には白金測温抵抗体の水温センサー，半導体感圧素子の水位センサーを2005年に設置した．また，潮岬から北東へ約15kmに位置する古座川町月野瀬(KZ)(2002年より)などでも同様の水温の観測を実施している．KZは自噴泉の出口で測定している．

潮岬の観測点HAはWAに対してほぼ南へ約600 m 離れている．HAの水位とWAの水位および水温は降雨の影響や季節変化を抑えるため，移動平均値を計算する．

潮岬(HA,WA)の水位は，上昇傾向．WA のトレンドは71mm/year． HA,WA の水温も上昇(49～53m℃/year)．WAの地下水はほぼ静止していて，その水温は，地面の温度変化を受けて季節変化が大きいのに対し，HAでは水が流れているため微弱である．このように，井戸の状況が大きく異なるにも関わらず，水位，水温の長期変化トレンドはほぼ同一である．潮岬(串本)では1946年南海地震以後の隆起は1990年頃から沈下に転じ現在下降中である(国土地理院，2009). 最近の潮岬の水位上昇の傾向はこの水準測量および，付近のGNSSの地盤沈下データ(小林, 2013)と調和的である．

KZの水温は長期的には地下岩盤の膨張を示唆する下降を続けていた．2004年紀伊半島沖地震(M7.4)発生以後，降下率が低下したが，2012年に入り下降率が増大，しかし，2015年後半から0.22℃/yearの高い上昇率で上昇に転じた．最近では2017年以降，また降下に転じている．

2014年～2017年ごろ，とくに2016年～2017年から他の近畿地域や東海地域の観測点でも新しい大きな水温変化が現れ始めている．地盤のねじれに伴う圧縮域，膨張域の生成が各地で進行しているものと考えられる．南海トラフの巨大地震発生域の陸地最前線とその後背地域において，やや広範囲の地域の岩盤の変形の進行が加速している．早急に，総合的な地殻変動のモニタリングを進めるよう提案したい．

キーワード：岩盤膨張、岩盤収縮、水温、水位、前兆、地震予知
Keywords: dilatation, contraction , groundwater temperature, water level, precursor, earthquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「東日本大震災はどうして起きた」被災者への回答
What happen on the East Japan Megaquake; answer to sufferers

*新妻 信明[1]
*Nobuaki Niitsuma[1]

1. 静岡大学理学部地球科学教室
1. Institute of Geosciences,Shizuoka University

１．「東日本巨大地震によって何が変わったか？」；東北日本の応力場が変わった．

巨大地震の震源域では巨大地震を基準にした応力場偏角が巨大地震まで小さく島弧側回転であったが，巨大地震の後は海溝側に変わった（新妻，JpGU 2015，S-SS27)．

巨大地震後の東北日本南東部の応力場偏角は海溝側に回転しているが，北西部は応力場偏角が小さく島弧側回転である．この境界線上に巨大地震の震源が位置しており，この応力場変動が巨大地震に因ることを示している．巨大地震前は応力場偏角が小さく島弧側（赤色）が混じり，南東と北西の差は認められない．

２，「東日本巨大地震で解放された歪は何処に蓄積されていたのか？」；西南日本の大陸地殻と太平洋Plateに蓄積．

応力場変動境界線の南西方に中部日本の飛騨が位置している．巨大地震の前震は2011年2月16日から開始したが，それに先行して飛騨で2011年2月6日から3月6日まで相補的な地震活動があった．最大規模は2011年2月27日M5.5で，東日本巨大地震の主応力軸方位基準の応力場極性（新妻，JpGU2017，SSS05-P01）は最後の3月6日M2.8の逆極性を除くと全て正極性で，巨大地震の震源域の太平洋Plate沈込阻止機構を担っていた．最後の応力場の逆転は，飛騨における阻止機構の破壊を示し，その3日後に最大前震M7.4，そして4日後に本震M9.0に至った．巨大地震源から西南西方の飛騨と朝鮮半島の間には日本列島最長の西南日本の大陸地殻が在り，太平洋Plateの沈込を阻止できる．巨大地震で開放されたM9.0の歪は西南日本の大陸地殻と太平洋Plateに蓄積されていたのであろう．

３．「歪は何時から蓄積されていたのか？」；1611年慶長三陸地震の後から．

東北日本の地震活動と日本海溝に沿う太平洋Plateの沈込を定量的に比較するために，太平洋Plateの沈込面積と地震断層面積（地震断層の移動面積）を使用する．地震断層面積S（km^2）は，松田の式（1975）log S =1.2M −9.9を用いて地震規模Mから算出できる．

大正関東地震後の1923年9月2日から巨大地震前の2011年3月10日までの地震760個の総地震断層面積はBenioff図でPlate運動面積増大の斜直線に沿って階段状に増加し，東北日本の地震活動が太平洋Plateの日本海溝に沿う沈込に起因していることを示している．また，その総地震断層面積は巨大地震M9.0と等しいが，Plate運動面積はM9.0の0.91個分しかなく，Plate運動の1割増が地震活動に消費されている．

1923年の関東地震までの総地震断層面積がM9.0になるには1793年からの地震150個が必要で，その間のPlate運動面積はM9.0が1.34個分なので，1793年から2011年までに巨大地震の歪の４分の１にしかならず，1793年以前からの歪蓄積が必要である．

1793年以前は，歴史地震記録が不完全なため東北日本の地震断層面積が少なくなるので，西南日本の充実した歴史地震記録を使用して不備を補う．1793年から2011年の総地震断層面積は，東北日本でM9.0の2個分に対し西南日本で1.21個分であるので，この比率を一定と仮定して西南日本の総地震断層面積を1.65倍して東北日本の総地震断層面積とし，Plate運動面積と比較する．

1611年慶長三陸地震の後から1793年までの東北日本の補正地震断層面積はM9.0の0.73個分になり，2.06個分のPlate運動面積から1.33個分の歪を蓄積でき，巨大地震の1個分には充分である．この経過は，巨大地震用の歪は歪蓄積満了後にもPlate運動による歪を通常地震活動として消化しながら保持できることを示している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

４．「東日本巨大地震の前に震源で変化は無かったのか？」；円周構造と規模差があった．

地震の無い空白域の巨大地震の震源域を囲む巨大地震前の円周状震源分布は，破壊が周囲に進行していたが震源まで到達していないことを示している．この円周構造について気象庁のCMT解のCMT規模と初動規模の差を検討したところ，東日本巨大地震の震源域の飛騨側の前震CMT規模が初動規模よりも0.4以下であった．この差は，主要動が初動から予想される揺幅の4割以下であることを示し，S波を減衰させる破壊進行を示唆する。この本震前の規模差は2016年4月の熊本地震の前震においても確認された．

初動振幅に基づいて発せられる緊急地震速報の規模が主要動規模より小さい場合は，気象庁を責めないで大地震の前震であることを心配する必要がある．

キーワード：東日本巨大地震、地震断層面積、プレート運動面積、Benioff図、地震規模差、飛騨
Keywords: East Japan Megaquake, Area of earthquake fault, Area of relative plate Motion, Benioff Chart, Difference in Magnitude of Earthquake, Hida

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:向吉 秀樹、金木 俊也(大阪大学)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

9:00 ~ 9:15

[SSS14-07] Effect of slickenside on the crustal strength

*安東 淳一[1]、長岡 昂吉[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、ダス カウシク[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構高知コア研究所、3.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設)

9:15 ~ 9:30

[SSS14-08] 粘土鉱物の熱分解反応からみた付加体中のimbricate衝上断層のすべり挙動

★招待講演

*増本 広和[1]、亀田 純[1] (1.北海道大学理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SSS14-09] Origin of frictional melt in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt on the basis of trace element and isotope analysis

*尾澤 ちづる[1]、石川 剛志[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SSS14-10] Kodiak付加体のアルバイトを伴う黒色断層岩の起源：地球化学分析からの制約

*石川 剛志[1]、山口 飛鳥[2] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS14-11] 炭質物の熱熟成における初期熟成度と速度論的効果の重要性および地震時の滑りパラメータ推定の温度指標確立における意義

*金木 俊也[1]、市場 達矢[1]、山下 修平[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

10:15 ~ 10:30

[SSS14-12] 断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

*廣野 哲朗[1]、島村 優太朗[1]、金木 俊也[2] (1.大阪大学 大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.京都大学 防災研究所)

Effect of slickenside on the crustal strength

*安東 淳一[1]、長岡 昂吉[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、ダス カウシク[1]
*Jun-ichi Ando[1], Takayoshi Nagaoka[1], Naotaka Tomioka[2], Hiroyuki Kagi[3], Kaushik Das[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 2. Kochi Institute for core sample research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo

Slickenside is a glossy and smoothly surface developed on the fault slip plane. Although the slickenside is a common and well-known microstructure, its microstructural characterization and effect on the fault behaviour have not fully studied so far. To understand these points, we characterized the microstructures of natural samples and conducted the frictional experiments. The recovery samples from the experiments were also characterized.

Samples and experiment: The natural samples we characterized were slickensides found on the following rocks collected from several localities. 4-Cherts, 3-Limestones, 1-Amphibolite, 1-Serpentinite, 1-Chromitite, 1-Sandstone, 2-Mudstones, 1-Coaly mudstone and 1-Tuff breccia. The frictional experiments were conducted using limestone and gabbro blocks, and calcite powder with 45 to 75 μm in grain size, with a biaxial friction apparatus. The experimental conditions were 3 - 80 MPa of normal stress, 0.1 m/s and 30 μm/s of slip velocity. The characterization methods of samples were optical microscopy, SEM, TEM, AFM and XANES measurements.
Results and conclusion: The present characterization of natural samples demonstrates that the slickenside is composed of nano-size grains, whose aspect ratio (h/d) of height (h) and diameter (d) is constant at about 0.02 –0.05 for each sample. These nano-size grains can be identified as same minerals, not amorphous, composed of the parent rocks with some minor exceptions. This fact indicates that the nano-size grains were created during fault slip only by grinding of parent rocks without any reaction including the heating-induced reaction. Therefore, our first conclusion is that the slickenside is a product of aseismic faulting. The slickensides were created by all frictional experiments. The characteristics of these slickensides are same as those of natural samples described above. The interesting results are that the aspect ratio (h/d) of nano-size grains is constant for each experiment and tends to decrease with increasing normal stress from ca. 0.23 to ca. 0.07. The h/d values of nano-size grains composed of natural samples are much smaller than those of the recovered samples, which suggests that the studied natural slickensides were created by faulting at the higher normal stress conditions than at least 80 MPa, and preserved during exhumation from original depth to earth’ s surface. This consideration indicates that the fault having slickenside exists at depth corresponding to at least 80 MPa normal stress, ca. 3 km and more. The experimental results using limestone block having pre-existing mirror polished slip plane show that the static and dynamic friction coefficients are very low, ca. 0.3 and 0.2, respectively. In general, it is believed that the frictional sliding on pre-existing fault governs the crustal strength. Therefore, our second conclusion is that the slip behaviour of fault having slickenside might governs the crustal strength. However, the experiments using gabbro block did not show the low static and dynamic friction coefficients. Hence the further detail experiments using simulated slickenside are needed to understand the crustal strength.

キーワード：鏡肌、ナノサイズ粒子、剪断実験、断層強度

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Slickenside, Nano-size grain, Shear experiment, Fault strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘土鉱物の熱分解反応からみた付加体中のimbricate衝上断層のすべり挙動

Dehydroxylation kinetics of clay minerals and its application to friction heating along an imbricate thrust in an accretionary prism

*増本 広和[1]、亀田 純[1]
*Hirokazu Masumoto[1], Jun Kameda[1]

1. 北海道大学理学研究院
1. Faculty of Science, Hokkaido University

プレート沈み込み境界断層や付加体浅部で発生する地震は，海底付近の断層すべりによって津波の波源となる可能性がある。したがって，これらの断層において地震性すべりが海底まで伝播しうるのかを評価することは，地震に伴う津波のポテンシャルを評価する上で非常に重要である。本研究では，付加体先端のimbricate衝上断層を構成していたと考えられている房総半島の白子断層の断層試料を対象とし，断層のすべり過程を検討した。三浦房総付加体の三浦層群に発達する白子断層の断層ガウジは, illite-smectite混合層中のillitizationとkaoliniteの選択的な分解が生じていることが報告されている (Kameda et al., 2013)。本研究では，脱水反応によるkaoliniteの選択的分解に着目し，高温XRD実験，熱重量-示差熱分析 (Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis; TG-DTA) による熱分析を行い粘土鉱物の脱水反応の速度パラメータを決定し，イベントの繰り返しを考慮した摩擦発熱のシミュレーションを行った。シミュレーションではすべり速度，摩擦係数，すべり継続時間を変化させて断層帯の温度発展を計算し，各イベントにおける粘土鉱物の脱水反応進行度を計算した。 その結果，白子断層では1回のイベントを仮定すればおよそ460–550 ˚Cの範囲の温度上昇でkaoliniteの選択的分解が進行することが示された。またすべり速度，摩擦係数などのパラメータはkaoliniteの分解に必要な温度上昇にほとんど影響を与えなかった。発熱イベントの繰り返しの効果も検討したところ，イベントが10回の繰り返しであれば断層帯の最高到達温度は約410–470 ˚C, 100回であれば約360–420 ˚Cの温度が見積もられた。得られた結果は，付加体先端部の断層においては，100回までの繰り返しを考慮すれば，地震性すべりにより断層物質が少なくとも約360 ˚Cまで加熱されたことを示す。このことは断層に沿って付加体の先端部までこのような摩擦発熱を生じさせる地震性すべりが伝播した可能性を示唆する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origin of frictional melt in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt on the basis of trace element and isotope analysis

*尾澤 ちづる[1]、石川 剛志[2]、氏家 恒太郎[1]
*Chizuru Ozawa[1], Tsuyoshi Ishikawa[2], Kohtaro Ujiie[1]

1. 筑波大学、2. 海洋研究開発機構
1. University of Tsukuba, 2. JAMSTEC

Pseudotachylytes (solidified frictional melts) in exhumed accretionary complexes have great significance for understanding the dynamics of earthquake faulting in subduction zones. However, they are rarely preserved in a recognizable form mainly due to subsequent hydrothermal alteration. Recently, a pseudotachylyte was found in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt, central Japan. The pseudotachylyte is ~2 mm-thick and separates gray chert above from cataclasite below. Although the pseudotachylyte has been hydrothermally altered, its microstructures are characterized by presence of fault and injection veins, intensely cracked gray chert fragments incorporated from wall rocks, and locally embayed and rounded wall rocks, suggesting thermal cracking and thermal erosion associated with increased heating. Here, we analyzed major and trace elements and Sr and Pb isotopes of the milligram-level samples taken by micro-milling technique along the structures of the pseudotachylyte, cataclasite and gray chert, as well as the black chert and black carbonaceous mudstone near the pseudotachylyte. The pseudochylyte exhibits remarkably high trace element concentrations compared to those of gray chert. The trace element composition of the pseudotachylyte requires the involvement of black carbonaceous mudstone as well as gray chert, suggesting that the frictional melt originated from the mixture of gray chert and black carbonaceous mudstone. Based on major and trace element chemistry, the mixing ratio is estimated to be ~50–60% of gray chert and ~40–50% of black carbonaceous mudstone, and the ratio is consistent with the Sr and Pb isotope compositions. Despite the hydrothermally alteration, the chemistry of the pseudotachylyte well preserves melt-derived characteristics, thus provides useful information for understanding the frictional melting on faults and its source materials.

キーワード：シュードタキライト、摩擦熔融、微量元素分析
Keywords: pseudotachylyte, frictional melting, trace element analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Kodiak付加体のアルバイトを伴う黒色断層岩の起源：地球化学分析からの制約
Geochemical constraint on the origin of albite-bearing black fault rocks in the Kodiak accretionary complex

*石川 剛志[1]、山口 飛鳥[2]
*Tsuyoshi Ishikawa[1], Asuka Yamaguchi[2]

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. AORI, The University of Tokyo

Kodiak付加体のPasagshak Point Thrustは、かつて地震発生帯深度（12～14 km、背景温度230～260℃）のプレート境界断層であったと考えられている（Rowe et al., 2005; Meneghini et al., 2010）。観察される断層岩はカタクレーサイトおよび極細粒の黒色断層岩（BFR）であり、後者が主せん断帯を構成している。Meneghini et al. (2010）は、微細構造観察に基づき、BFRは地震すべりによる摩擦溶融で生じたシュードタキライトであるとした。一方、Yamaguchi et al. (2014) は、BFRの微量元素組成から、それらが350℃以上の高温流体岩石相互作用を経験したと結論した。Meneghini et al. (2010）はBFRが累帯構造を示す微小な柱状Na斜長石（アルバイト）を特徴的に含むことを示しており、それらの成因、および流体岩石相互作用の実態を知ることは、プレート境界断層における地震すべり過程を理解する上で重要である。本研究では、Yamaguchi et al. (2014) の試料について新たな微量元素・同位体の追加分析を行った上で、地球化学データの再解析を行った。

BFRは母岩の堆積岩およびカタクレーサイトに比べて顕著にNaに富み、Kに乏しい傾向を示すが、他の主成分元素については有意な差は認められない。主成分元素組成から求められたノルム石英－斜長石－カリ長石の関係を見ると、BFRの組成は、母岩・カタクレーサイトの組成からノルム斜長石端成分の方向に明瞭にシフトしている。この傾向は、緑色片岩相の変成作用で見られるアルバイト化と類似している。微量元素組成を見ると、BFRは母岩・カタクレーサイトに比べてSrの増加と、B、As、Rb、Cs、Tlの減少が顕著である。これらの組成的特徴は、Yamaguchi et al. (2014)で既報のものを含め、固相／流体分配係数を用いた流体岩石相互作用の地球化学的モデリング（Ishikawa et al., 2008）における350℃（緑色片岩相相当）の計算値とよく合致する。

BFRおよび母岩・カタクレーサイトにおけるSr含有率とSr同位体比（87Sr/86Sr）はノルム斜長石の値とそれぞれ正、負の明瞭な相関を示し、流体岩石相互作用で生じたアルバイトに流体中のSrが取り込まれたことが明らかである。流体端成分の87Sr/86Srは0.705程度と見積もられる。この値は、母岩・カタクレーサイトのみならず、沈み込み帯の一般的な堆積物や海水の値よりも明らかに低く、玄武岩地殻（あるいはマントル）から放出された流体の寄与が無ければ説明できない。BFRのLi同位体比（δ7Li）も、玄武岩地殻由来の熱水と350℃程度で平衡な値を示す。さらに、上記の地球化学的モデリングでは、BFRのNa濃度は塩分3～4%程度の流体との相互作用で微量元素濃度と整合的に説明できるが、この塩分は緑色変成岩中の流体包有物で一般に見られる範囲に入る。

これらのことから、下盤プレートの玄武岩地殻（緑色変成岩）から放出され、深部から移動してきたNaClを含む流体がプレート境界断層沿いを流れており、地震イベントの際、破壊とともに、摩擦発熱による350℃以上の流体岩石相互作用が生じてBFRが形成されたと考えることができる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

引用文献
Ishikawa et al. (2008) Nat. Geosci., 1, 679-683; Meneghini et al. (2010) GSA Bull, 122, 1280-1297; Rowe et al. (2005) Geology, 33, 937-940; Yamaguchi et al. (2014) Earth Planet Space, 66:58.

キーワード：断層岩、地球化学、流体岩石相互作用、プレート境界断層、付加体
Keywords: fault rocks, geochemistry, fluid-rock interactions, plate-boundary faults, accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

炭質物の熱熟成における初期熟成度と速度論的効果の重要性および地震時の滑りパラメータ推定の温度指標確立における意義

Importance of initial maturity and reaction kinetics on maturation of carbonaceous material and its implications for thermal maturity as a proxy for temperature in estimation of coseismic slip parameters

*金木 俊也[1]、市場 達矢[1]、山下 修平[1]、廣野 哲朗[1]
*Shunya Kaneki[1], Ichiba Tatsuya[1], Shuhei Yamashita[1], Tetsuro Hirono[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Osaka University

地震時に放出されるエネルギーの大部分は摩擦発熱として消費されると考えられており，断層内で様々な物理化学反応を引き起こす．例えばシュードタキライトの生成や断層岩中の鉱物の熱分解・脱水反応は，断層岩に記録された摩擦発熱履歴を検出するための熱指標として用いられている．中でも断層岩中に存在する炭質物は，その熟成度を周囲の温度に対して敏感に変化させることから，近年大きな注目を集めている．

これらの背景から，炭質物の熟成度は地震時の断層における最高到達温度および滑りパラメータの推定に用いられている（例えばHirono et al., 2015やKaneki et al., 2016）．しかし，これらの先行研究で用いられた摩擦発熱の定量推定手法は，いくつかの問題点を含んでいる可能性があり，具体的には（1）メカノケミカル効果の存在，（2）昇温速度による速度論的効果，（3）初期熟成度の影響，（4）繰り返し地震の蓄積効果，が挙げられる．最新の研究では，Kaneki et al. (2018)およびKaneki and Hirono (2018)によって，メカノケミカル効果および昇温速度が炭質物の熱熟成反応の速度論的効果を持つことが実験的に示された．よって，炭質物の熟成反応を正確な温度指標とするためには，上記の全ての問題を考慮する必要がある．

本発表では，（1）と（2）の総括に加え，（3）初期熟成度の影響の実験的検証の結果に焦点を充てる．後者の検証にあたり，出発物質には4つの異なる初期熟成度を持つ炭質物（褐炭・瀝青炭・無煙炭・グラファイト）を用い，これらに対して，滑り速度1 mm s^{-1}，垂直応力1, 3 MPaの低速摩擦実験を実施し，剪断ダメージのみを与えた．次に，剪断前後の試料に対して，昇温速度1, 数100 ˚C s^{-1}，ターゲット温度100–1300 ˚C（100 ˚C間隔）の条件で加熱実験を行った．さらに，出発物質および摩擦・加熱実験後試料について，赤外・ラマン分光による熟成度の評価を実施した．

以上の結果，剪断に伴うメカノケミカル効果によって褐炭の熟成反応は最大100 ˚C程度促進される一方，他の炭質物では剪断によって有意な熟成度の差は確認されなかった．またグラファイト以外の全ての炭質物において，高い昇温速度の試料では最大500 ˚C程度，熟成反応が抑制されることがわかった．すなわち，メカノケミカル効果および昇温速度が炭質物の熟成反応速度に与える影響は，その初期熟成度に依存することを意味する．今後，初期熟成度および速度論的効果を考慮することで，炭質物をより有効な摩擦発熱指標として確立し，精度の高い温度決定・滑りパラメータ推定が期待できる．

キーワード：地震、炭質物、摩擦発熱、初期熟成度、速度論的効果
Keywords: Earthquake, Carbonaceous material, Frictional heat, Initial maturity, Chemical kinetics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

Experimental investigation of cumulative effect on thermal maturation of carbonaceous material as a proxy for earthquake slip

*廣野 哲朗[1]、島村 優太朗[1]、金木 俊也[2]
*Tetsuro Hirono[1], Yuhtaro Shimamura[1], Shunya Kaneki[2]

1. 大阪大学 大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2. 京都大学 防災研究所
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Estimation of the maximum temperature recorded in fault rocks gives us important information about earthquake enegetics and fault slip behavior, because the frictional heat is directly related to dynamic parameters and to fault-weakening mechanisms. The thermal maturity of carbonaceous material (CM) has received considerable attention as a new temperature proxy because the organochemical characteristics of CM change irreversibly with increasing temperature. Various approaches by using infrared and Raman spectroscopies, elemental composition analyzer, biomarker method, and vitrinite reflectance measurement have been performed. However, for more accurate estimation of frictional heat, not only shear-enhanced mechanochemical effects but also chemical kinetics should be considered. In particular, cumulative effect by repeated earthquake events, related to the kinetics of the maturation, has not well understood. Here we demonstrated repeated heating events on bituminous coal and anthracite by using a tube furnace. We heated the samples 1, 10, and 100 times under conditions of 100, 300, 500, 700, 900, 1100, and 1300 degree C and 40-s heating duration, and conducted infrared and Raman spectroscopic analyses on the samples after heating. The disappearance of aliphatic C-H at 500 degree C were observed on all samples, and the intensity ratio of D and G bands on the Raman spectra of all samples increased beyond 700 degree C. Thus, we could conclude no significant cumulative effect on the thermal maturation of CM under rapid heating, indicating that the detected temperature on a fault corresponds to the largest earthquake slip event.

キーワード：断層、炭質物、摩擦発熱
Keywords: fault, carbonaceous material, frictional heat

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、岡崎 啓史(海洋研究開発機構)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

10:45 ~ 11:00

[SSS14-13] Fault rheology at the depth limits of the seismogenic zone

★Invited Papers

*Berend Antonie Verberne[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Industrial Science and Technology)

11:00 ~ 11:15

[SSS14-14] 摩擦―流動則に基づく断層モデル再訪

*嶋本 利彦[1] (1.中国地震局地質研究所・地震動力学国家重点実験室)

11:15 ~ 11:30

[SSS14-15] 海溝型地震サイクルによる応力擾乱を受けた内陸活断層の地震の発生時期について：地震サイクルシミュレーションからの知見

*野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS14-16] 地震誘発の物理：破壊準備過程における応力摂動効果

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS14-17] 4m長の模擬断層上で観察されたすべり速度に依存する前震活動

*山下 太[1]、福山 英一[1]、Xu Shiqing[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

12:00 ~ 12:15

[SSS14-18] 岩石摩擦実験において観測されたゆっくりすべりの超音速破壊伝播

*福山 英一[1]、山下 太[1]、Xu Shiqing[1] (1.防災科学技術研究所)

Fault rheology at the depth limits of the seismogenic zone

*Berend Antonie Verberne[1]

1. Geological Survey of Japan, National Institute of Industrial Science and Technology

The limits of the seismogenic zone demarcate changes in fault behaviour with increasing depth in Earth’ s crust, from aseismic, velocity (*v*-)strengthening to seismogenic, *v*-weakening, and vice versa. Significantly, the *v*-dependence of fault strength is a material property of the sliding medium present in the core of fault, or the fault gouge. I conducted shear tests using simulated fault gouge composed of calcite ($CaCO_3$) at an effective normal stress of 50 MPa, at temperatures of 20 to 600ºC, employing sliding velocities (*v*) of 0.03 to 300 μm/s –sufficient to span the brittle-plastic transition in this material. Mechanical results showed (unstable) *v*-weakening behaviour from ~80-100ºC to ~550ºC, but stable *v*-strengthening for <80-100ºC and >550ºC. All gouges sheared at temperatures <=550˚C showed localization into nanocrystalline principal slip zones, while samples sheared at >550˚C were characterized by distributed deformation. Using the post-test micro- and nanostructures observed in calcite gouge as a basis, plus a previously established microphysical model, I argue that transitions in fault stability are caused by changes in the (nano)granular flow processes accommodating shear. Specifically, the rate of intergranular compaction by Arrhenius-type processes such as diffusion or crystal plasticity, is key to thermally-activated transitions in the velocity dependence of gouge-filled faults. At the low-temperature transition from *v*-strengthening to *v*-weakening, at shallow crustal levels representing the upper-limit of the seismogenic zone, diffusion creep (e.g. pressure solution) may be dramatically accelerated due to the nanogranular nature of the fault rock that forms. At higher temperatures, towards the base of the seismogenic zone, a transition occurs from nanogranular flow in localized faults to distributed, fully creep-controlled flow in ductile shear zones.

Keywords: earthquake, seismogenic zone, rheology, nanograins, localization, brittle-ductile

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

摩擦ー流動則に基づく断層モデル再訪
Fault models revisited based on friction to flow law

*嶋本 利彦[1]
*Toshihiko Shimamoto[1]

1. 中国地震局地質研究所・地震動力学国家重点実験室
1. State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of Geology, China Earthquake Administration

摩擦ー流動則（Shimamoto and Noda, 2014, JGR）は，摩擦構成則パラメタ，流動則パラメタ，深部の剪断帯の幅*w*のみを用いて，リソスフェアを横切る形で摩擦から流動への変化を記述することができる．この経験則は摩擦から流動へのスムーズな変化を記述しており，浅部条件下では摩擦構成則へ，深部条件下では流動則へ移行する．中間領域で異常な挙動がおこらない限りその予測は大きくは違わないはずである（岩塩剪断帯の中間領域のデータは見事に記述できる）．*w*以外の新しいパラメタが必要とされない理由は今でも定かではないが，根本的な原因としては，この法則が摩擦と流動を結ぶ混合則（mixing law）であり，摩擦と流動の中間領域で全く別の変形機構が存在しないためではないかと推察している．昨年の連合学会では，摩擦ー流動則に基づいて，(i) 断層または深部剪断帯の剪断強度の速度依存性は中間領域でもっとも顕著であること，(ii) 流動が始まる温度が岩石ごとに異なることから，まだ摩擦領域にあるパッチを流動的なマトリックスが囲むような状況があり得ることを論じた（嶋本・野田，2018, JpGU）．本年度は，この議論をさらに進めて，(1) これまでに提唱された断層モデルがどう変わるか，(2) 地震発生のモデリングなどに使える現実的な断層モデル構築するために何をしなければならないか，(3) 摩擦から流動に至る巨大剪断変形を実験室でどう再現するかを論じたい．

断層モデルについては，上記論文で既に詳しく論じてある．新たに検討したのは，断層モデルを記述する流動則としてべき乗則（power law；転位クリープ）と粒径に依存する拡散型流動則（grain-size sensitive flow law；拡散クリープまたは超塑性）のいずれを使うべきか，という問題である．深部剪断帯の中心部は超微粒なアルトラマイロナイト（粒径はミクロンオーダーまたはそれ以下）で構成されることが多いことから，後者の可能性は古くから指摘されてきた．方解石と斜長石については両方のタイプの流動則が決まっている（Heard and Raleigh, 1972, GSA Bull.; Schmit et al., 1977, Tectonophysics; Rybacki and Dresen, 2000, JGR）．講演では，それらの流動則を用いて強度断面を比較した．アルトラマイロナイトの典型的な幅を0.1~10 mと仮定し，剪断帯の両側の変位速度を10 mm/yrとすると，流動変形が関与する中間領域及び流動領域の両方で拡散型クリープがより低応力下で起こることがわかった（但し，実験条件下では必ずしもこうはならない）．プレートの中・下部ではべき乗則が卓越すると考えられるが，天然の断層及びプレート境界では拡散クリープが卓越する可能性が高い．リソスフェア中心部の断層・プレート境界では，摩擦の性質を保持したパッチが線形またはほぼ線形流動則を示すマトリックスに囲まれる状況が可能であり，深部低周波地震，スロースリップなどをモデル化する上で重要である．

Sibson (1977, J. Geol. Soc. London) に始まる伝統的な断層モデルは，深さとともに構成物質（摩擦と流動の性質を決める），断層岩の種類（変形機構を反映），断層または剪断帯の形状と内部構造などから構成されている．このようなモデルは，現実的な断層及びプレート境界の力学モデルを構築する基礎になるものである．しかし，そのような断層モデルを使って地震の発生などの問題が解けるわけではない．摩擦ー流動則は，極めて単純な形で断層モデルで想定される浅部から深部への変形機構と力学的性質の変化を記述できている．定常状態のみならず，遷移挙動も含まれているので，地震発生，プレート境界の巨視的な挙動などを解くことができる．しかし，同じ物質の摩擦と流動の性質をつなぐだけで，多彩な断層とプレート境界の性質を記述できるわけではない．講演では，断層と地震研究を結びつけるには何をするべきかを，時間が許す限り論じたい．要旨では，(I) 摩擦ー流動則が重要な岩石・鉱物でも成立するかどうかを実験的に確かめること，(II) 実際の深部断層岩とプレート境界物質を使って流動則を決めること，(III) 定常状態のみならず，遷移挙動も含め

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

て流動則を決めること（Noda and Shimamoto, 2010, GRL）の重要性を指摘しておきたい．(I) については，どのような性能の試験機が必要かを論じる予定である．残念ながら，(II), (III)については1ごくわずかしかデータがないのが現状である．

キーワード：摩擦ー流動則、断層のレオロジー、地震の発生機構
Keywords: Friction to flow law, fault rheology, earthquake mechanisms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海溝型地震サイクルによる応力擾乱を受けた内陸活断層の地震の発生時期について：地震サイクルシミュレーションからの知見

Timing of Earthquakes on Intraplate Active Faults Subjected to Stress Perturbation by Megathrust Earthquakes: Insights from Earthquake Sequence Simulation

*野田 博之[1]
*Hiroyuki Noda[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Kyoto University, Disaster Prevention Research Institute

Estimation of likelyhood of occurrence of intraplate large earthquakes is crutially important because of expected large amplitude of ground motion in nearby cities and short distance between source and human society which makes earthquake early warning difficult. Currently issued National Seismic Hazard Maps for Japan [2018, the Headquarter for Earthquake Research Promotion] adopts assumptions of Poisson process or Brownian passage time distribution depending on available information for each active fault. They yield rather wide distribution of temporal probability density for a timescale of the reccurence interval or the estimation error of history of events. The timelscale is typicaly much longer than recurrence intervals of megathrust earthquakes T_{cyc} which causes semi-periodic stress perturbation to intraplate faults. In the present study, effects of the semi-periodic stress perturbation to an intraplate active fault having a ductile shear zone beneath the seismogenic part [e.g., Shimamoto and Noda, 2014] are investigated by means of dynamic earthquake sequence simulation using a spectral boundary integral method [e.g., Lapusta et al., 2000].

Utsu [1974] pointed out that historical earthquakes in Southwest Japan are concentrated in -50 and +10 years from Nankai trough megathrust earthquakes. Such active periods of intraplate earthquakes may be due to semi-periodic stress perturbation by the megathrust earthquakes [e.g., Hori and Oike, 1996; Shikakura et al., 2014]. An important question is how its duration is scaled for different tectonic settings. T_{cyc} of megathrust earthquakes in Japan trench subduction zone is 500-800 years [e.g., Sawai et al., 2015] and much longer than in Nanka trough. Parameter studies on T_{cyc} and amplitude of the stress perturbation have been conducted to elucidate what controls the timing of intraplate earthquakes.

A 2D numerical simulation of a strike-slip fault [e.g., Lapusta et al., 2000] with ductile shear zone was considered as a model for an intraplate fault, accounting for a friction-to-flow fault constitutive law [Shimamoto and Noda, 2014] composed of the aging law and a quartzite flow law [Hirth et al., 2001], and effective normal stress distribution with maximum value of 50 MPa. The model was drived by far-field shear stress which was perturbed as a sawtooth wave function of variable amplitude about 1 MPa and T_{cyc} from 100 to 1000 years. If the perturbation was perfectly periodic, the system synchronized with the perturbation and the intraplate earthquakes ocurr at a specific phase in the cycle of megathrust earthquakes. If the interval was randomized by Gaussian distribution of 10% standard deviation, then the timing of the intraplate earthquakes distributed more widely, and concentrate in the latter half of the cycle, consistently with the notion of the active period. The shape of the distribution can be explained by a seismicity model based on ΔCFF [e.g., Shikakura et al., 2014], not by a rate-and-state spring-slider model [Dieterich, 1994; Ader et al., 2014]. The result of the parameter study suggests that not only the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

history of the activity of the fault, but also stress change on it due to recurring megathrust earthquakes or other events may be useful in constrainig the likelihood of intraplate earthquakes.

キーワード：内陸地震、地震サイクルシミュレーション、脆性塑性遷移
Keywords: Intraplate earthquakes, Earthquake sequense simulation, Brittle-plastic transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震誘発の物理：破壊準備過程における応力摂動効果
Physics of earthquake triggering: effect of stress perturbation to slip acceleration

*波多野 恭弘[1]
*Takahiro Hatano[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Recent observation studies have revealed that the occurrence of tremors is sensitive to faint stress changes such as ocean tides. This might not be surprising in light of the low stress drop caused by tremors. Interestingly, however, ordinary earthquakes too may be sensitive to weak stress perturbations, although it is not so common as for tremors. Dynamic triggering should be the most prominent illustration of such sensitivity, but the occurrence of ordinary earthquakes could be also correlated to ocean tides, snowfalls, and rainfalls.

To understand such sensitivities to stress perturbation in a unified point of view, here we analyze the rupture nucleation process on a fault subject to weak periodic stress modulation. Assuming the rate- and state-dependent friction law with one state variable, we calculate the threshold amplitude above which the rupture initiation exhibits correlation with the perturbation phase. It is found that the crack-like nucleation is more sensitive to the perturbations than the patch-like nucleation. The estimated threshold amplitude for the crack-like nucleation is significantly lower than the tidal stress change. Time-to-failure for the both nucleation types in the presence of perturbation is estimated, and it is not significantly affected by the stress perturbation. We also discuss the optimum frequency at which the correlation is enhanced.

キーワード：地震の誘発
Keywords: earthquake triggering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4m長の模擬断層上で観察されたすべり速度に依存する前震活動
Foreshock activities controlled by slip rate on a 4-meter-long laboratory fault

*山下 太[1]、福山 英一[1]、Xu Shiqing[1]
*Futoshi Yamashita[1], Eiichi Fukuyama[1], Shiqing Xu[1]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

断層およびその周辺で観測される微小地震活動は，その断層面や環境の応力の状態を反映していると考えられる．しかしながら，本震直前の地震活動，いわゆる前震がどのように引き起こされ断層の主破壊に至るのかは明らかではない．その過程を実験室において再現し議論しようとしても，従来のcmスケールの岩石試料を用いた実験研究では空間分解能が十分ではなかった．そこで本研究では，防災科学技術研究所が新たに開発した長大岩石試料摩擦試験機（Figure 1）を用いて実験をおこない，何が前震活動を制御しているのかに注目して調査をおこなった．実験試料として直方体のインド産変はんれい岩を用い，L4.1 m×W0.1 m×H0.2 mの試料の上にL4.0 m×W0.1 m×H0.2 mの試料を積み重ねている．したがって模擬断層の面積は長さ4.0 m，幅0.1 mである．この断層面へ均一な垂直応力を与えるため上側試料の上面を8枚のフラットジャッキを使って加圧した後，下側試料の西端を水平方向にジャッキで載荷してせん断荷重を与えている．フラットジャッキの圧力は約6 MPaに固定した．加えた両荷重の巨視的な測定に加え断層面上で発生するローカルな現象をモニターするため，16個のAEセンサー（Olympus V103-RM），40枚の3軸半導体ひずみゲージ（Kyowa SKS-30282），10個の渦電流変位センサー（Shinkawa FK-202F）を断層に沿って設置し測定をおこなった．本研究では比較的速い速度で載荷をおこなったFB02-006, 008（載荷速度：67-185 kPa/s）および比較的遅い載荷速度で実施したFB02-007, 010（2-7 kPa/s）の４つの実験を対象とする．総変位量が2 mmに至る直前の7つのスティックスリップイベントに注目して調査をおこなったところ，どの条件においても高速な主破壊の発生直後から断層の東西両端が極めて低速（< ~20 μm/s）ながらも変位し続けていることが分かった．さらに，これらの定常的なゆっくりすべりが断層中央部に達した後，比較的高速な前駆的ゆっくりすべりが励起され主破壊に至っていることが分かった．両端からすべりが始まりやすいことは有限要素法による準静的なモデリングの予測と調和的である．断層両端の定常的なゆっくりすべりの量は低載荷速度の実験において顕著であった．しかしながらこれらのゆっくりすべりによって即座に弾性波を放出するイベントが誘発されることはなく，ほぼ全てのイベントが主破壊の直前に集中して観測された．したがってこれらの弾性波イベントを以後，前震と呼ぶ．何が前震活動を制御しているのかを明らかにするため，定常ゆっくりすべりの累積すべり量と前震の時空間分布とを比較した．その結果，前回の主破壊から前震が発生するまでの累積すべり量が断層端部では約10 μmに達する一方，断層中央部では1 μm程度であったことが分かった（Figure 2a）．次に各領域のすべり速度と比較したところ，上述する前駆すべりによってすべり速度が数100 μm/sに達した領域で前震が発生していることが明らかとなった（Figure 2b）．これらの結果は，本実験で観察された前震の発生が累積すべり量ではなく瞬間的なすべり速度によって制御されていることを示唆している．本研究結果は，室内実験で観察された高い載荷速度によってすべりが不安定となる傾向（McLaskey and Yamashita, 2017, JGR; Xu *et al.*, 2018, Tectonophysics）や，2011年東北沖地震後にプレートの沈み込み速度が増大したことにより現れたと考えられる繰り返し地震（Hatakeyama *et al.*, 2017, JGR）と類似のメカニズムによると考えられる．

キーワード：岩石摩擦実験、ゆっくりすべり、前震、すべり速度
Keywords: Rock friction experiment, Slow slip, Foreshock, Slip rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

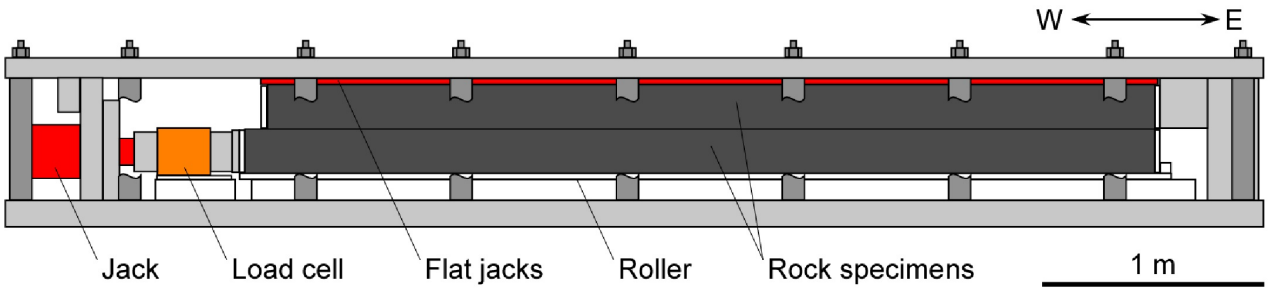


Figure 1

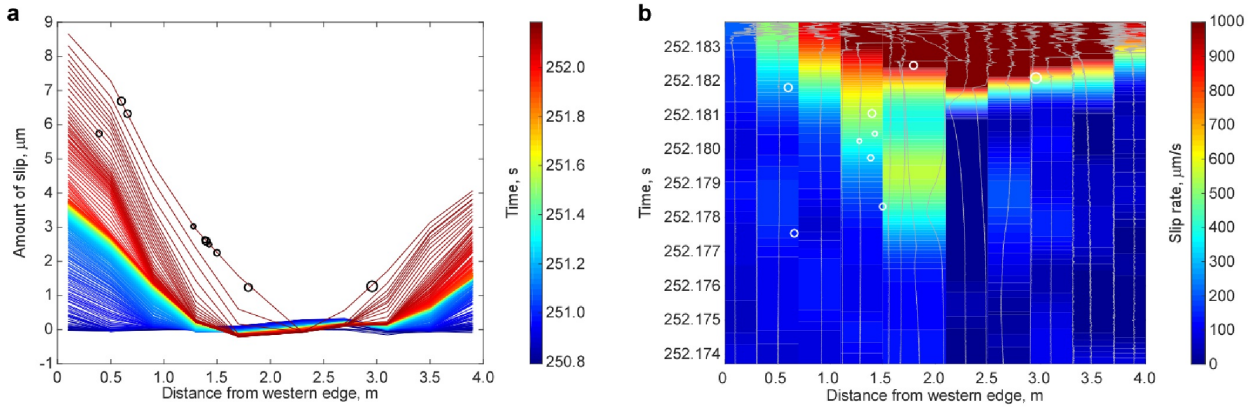


Figure 2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石摩擦実験において観測されたゆっくりすべりの超音速破壊伝播
Supersonic propagation of slow slip rupture during rock friction experiments

*福山 英一[1]、山下 太[1]、Xu Shiqing[1]
*Eiichi Fukuyama[1], Futoshi Yamashita[1], Shiqing Xu[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Rupture propagation speed on the fault has been considered to be slower than elastic wave velocities of the material. Exceptions were when extremely high energy is imposed, much higher than the fracture energy needed for the rupture to advance. The rupture propagating faster than the elastic velocities is called supersonic rupture. We observed such supersonic rupture propagation of slow slip events during large scale rock on rock friction experiments on a 1.5×0.1 m^2 fault using Indian metagabbro rock specimens. Such slow slip events were accompanied by low frequency vibrations whose onsets were synchronized with those of slow slip events; they also propagated faster than the elastic wave velocities of the rock. Since typical precursory slow slip and coseismic slip events have been observed on the same fault in a sequence of the friction experiment, the slow slip events with supersonic rupture might share the same friction environment as that for the typical preslip-mainshock type events. We interpret this phenomenon as an occurrence of non-linear deformation of a very thin layer on the fault surface. For linear deformation case, the limitation of propagation velocity comes from the elastic property of rock specimens, but non-linear deformation can propagate independently of the material elastic constants but the propagation velocity tend to be proportional to the strain rate. In addition, because there are several similarities between the present observation and the slow slip events observed in the subduction zone worldwide, it may provide a clue to understand these phenomena.

キーワード：超音速破壊伝播、岩石摩擦実験、ゆっくりすべり
Keywords: supersonic rupture proapgation, rock friction experiment, slow slip event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

13:45 ~ 14:00

[SSS14-19] The role of fault damage zone in the supershear rupture of the 2018 Mw 7.5 Palu earthquake

*Lingsen Meng[1]、Han Bao[1]、Jean-Paul Ampuero[2]、Eric Fielding[3]、Cunren Liang[4]、Christopher Milliner[3]、Tian Feng[1]、Hui Huang[1] (1.University of California Los Angeles、2.Université Côte d'Azur and IRD、3.Jet Propulsion Laboratory 、4.California Institute of Technology)

14:00 ~ 14:15

[SSS14-20] The role of curvature in earthquake mechanics

*Pierre Romanet[1]、Daisuke Sato[2]、Ryosuke Ando[1] (1.Earth and Planetary Science Department, University of Tokyo、2.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

14:15 ~ 14:30

[SSS14-21] **Heterogeneous source modelling by the fully dynamic simulations of earthquake cycles on a strike-slip fault and scaling relations.**

*Percy Galvez[1,5]、Anatoly Petukhin[2]、Paul Somerville[3]、Ken Miyakoshi[2]、Kojiro Irikura[4] (1.KAUST University, Saudi Arabia、2.Geo-Research Institute, Osaka Japan、3.AECOM, Los Angeles, USA.、4.Aichi Institute of Technology, Japan、5.ETH Zurich, Switzerland)

14:30 ~ 14:45

[SSS14-22] ランダムなすべり成分をもつ地震断層によって解放される地殻の歪みエネルギー

*齊藤 竜彦[1]、野田 朱美[1] (1.独立行政法人　防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS14-23] 1992年ランダース地震による弾性歪エネルギーの変化と余震の評価

*寺川 寿子[1]、松浦 充宏[2]、野田 朱美[3] (1.名古屋大学，大学院環境学研究科、2.統計数理研究所、3.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[SSS14-24] 歪みエネルギーの蓄積・解放に基づく地殻内地震の発生メカニズムの解明
★招待講演

*野田 朱美[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

The role of fault damage zone in the supershear rupture of the 2018 Mw 7.5 Palu earthquake

*Lingsen Meng[1], Han Bao[1], Jean-Paul Ampuero[2], Eric Fielding[3], Cunren Liang[4], Christopher Milliner [3], Tian Feng[1], Hui Huang[1]

1. University of California Los Angeles, 2. Université Côte d'Azur and IRD, 3. Jet Propulsion Laboratory , 4. California Institute of Technology

The powerful M 7.2 earthquake that shock the Sulawesi island of Indonesia on September 28, 2018, was a seismic standout for many reasons, not the least of which is that it triggers tsunami and landslides and causes major life and economic loss in the city of Palu. In this study, integrated geophysical observations of the 2018 Mw 7.5 Palu, Indonesia earthquake, provide robust evidence of an early and persistent supershear rupture speed. Slowness-enhanced back-projection (SEBP) of teleseismic data provides a sharp image of the rupture process, consistently across multiple arrays. The inferred rupture path agrees with the surface rupture trace inferred from the net surface displacement field derived by sub-pixel InSAR image correlation. The SEBP results indicate a sustained rupture velocity of 4.1 km/s from the rupture initiation to the end, despite large fault bends. The persistent supershear speed is further validated by evidence of far-field Rayleigh Mach waves in regional seismograms. Supershear earthquakes with rupture velocity exceeding shear-wave speeds, previously observed in laboratory experiments and large strike-slip events, often have an initial sub-shear stage before they transition to supershear. The rupture speed of the 2018 Palu earthquake is supershear from very early on. The short or absent supershear transition distance can be caused by high initial shear stress or short critical slip-weakening distance, and promoted by fault roughness near the hypocenter. Steady rupture propagation at a supershear speed considered to be unstable, lower than the Eshelby speed, could result from the presence of a damaged fault zone.

Keywords: Palu Earthquake, Supershear, Fault Damage Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The role of curvature in earthquake mechanics

*Pierre Romanet[1], Daisuke Sato[2], Ryosuke Ando[1]

1. Earth and Planetary Science Department, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In recent years, many studies have tried to catch the influence of geometry in earthquake mechanics. In this paper, we suggest a new interpretation of the effect of geometry on the stress on a fault, as a direct effect of local curvature and torsion of line field of slip along the surface of the fault. Within this framework, it is possible to unify the understanding of bends, kinks and roughness, as an effect of local parameters along the fault. Starting from the representation theorem, that links the displacement in a medium to the slip distribution on his boundary, and assuming homogeneous infinite medium, we first derive a new regularized boundary element method. Using this equation, we were able to separate the influence of geometry, express by curvature and torsion of the fault surface geometry and the slip direction, from the effect of the gradient of slip. This allows us to shed a new light on the mechanical effects of geometrical complexities on fault surface. We used that new discovery to solve a paradox between smooth and abrupt kink [Tada and Fukuyama 1996] as well as re-interpret the effect of roughness on the fault: It can be shown that the effect of drag stress [Fang and Dunham 2013] along the fault it actually exactly equal to the effect of curvature along the fault.

Keywords: Fault mechanics, Curvature, Fault geometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous source modelling by the fully dynamic simulations of earthquake cycles on a strike-slip fault and scaling relations.

*Percy Galvez[1,5], Anatoly Petukhin[2], Paul Somerville[3], Ken Miyakoshi[2], Kojiro Irikura[4]

1. KAUST University, Saudi Arabia, 2. Geo-Research Institute, Osaka Japan, 3. AECOM, Los Angeles, USA., 4. Aichi Institute of Technology, Japan, 5. ETH Zurich, Switzerland

Numerical modeling is a necessary tool for the assessment of variability strong ground motions in potential devastating large earthquakes. In a simulation-based seismic hazard analysis, it is critical to be able to generate a large number of physically self-consistent source models whose rupture process captures the main physics of earthquake rupture and is consistent with the spatio-temporal heterogeneity of past earthquakes. An inherent difficulty in such efforts is that, from a mechanical point of view, stress and strength heterogeneities cannot be prescribed arbitrarily as was done in earlier work. Their interdependence must be consistent with a mechanical model of deformation and stress evolution over the longer time scale of the earthquake cycle.

In this work, a set of spontaneous source models have been generated in a wide magnitude range (*Mw* 5.5-7.5) by using multicycle simulations under the rate-and-state friction law with the goal of studying the characteristics of source scaling relations and strong ground motions. To get realistic irregular seismic sequence, several realizations of 2D correlated heterogeneous random distributions of characteristic weakening distance "*Dc*" in rate and state friction are tested. A mesh grid size of 125 meters has been used to resolve properly the nucleation and cohesive zone of the seismic events. The fault is 128 km in length and 30km in width, the seismogenic width is 18km. The quasi-dynamic solver QDYN (Luo, et al., 2017) has been used to nucleate the seismic events and SPECFEM3D (Galvez et al, 2014; 2016) to resolve the rupture process. Other important parameters are the normal stress, which controls the stress drop and rupture velocity during an earthquake, and the maximum value of *Dc* distribution, that controls rupture velocity but not stress drop. Following these ideas, we perform dynamic rupture modeling to take into account the free surface effects and perform a parametrization study; parameters of our final friction model are shown in Fig.1.

In order to validate source models we compare the source scaling relations vs. seismic moment *Mo* for the modeled rupture area *S*(*Mo*), average slip of the ruptures *Dave*(*Mo*) and the slip asperity area *Sa*(*Mo*), with similar scaling relations from the source inversions. Fig. 2 shows result for *S*(*Mo*). The seismogenic zone width plays a fundamental role in the *S* vs *Mo* scaling. In fact, Luo et al. (2017) reported that events which break the whole seismogenic width and reach the free surface are exposed to an attraction effect from the free surface. This attraction effect may explain the transition regime from Stage 1 (self-similar rupture, $Mw < 6.5$) to Stage 2 ($6.5 < Mw < 7.4$). Ground motions have been also computed from our models. Their peak ground velocities (*PGV*) agree well with the GMPE values.

Acknowledgements. This study is based on the 2018 research project 'Examination for uncertainty of strong ground motion prediction for inland crustal earthquakes' by the Secretariat of Nuclear Regulation Authority (NRA), Japan. The Super Computer Shaheen II at KAUST University has been used to run the models presented in this study.

Keywords: earthquake rupture dynamics, earthquake cycles, rate-and-state friction, source scaling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

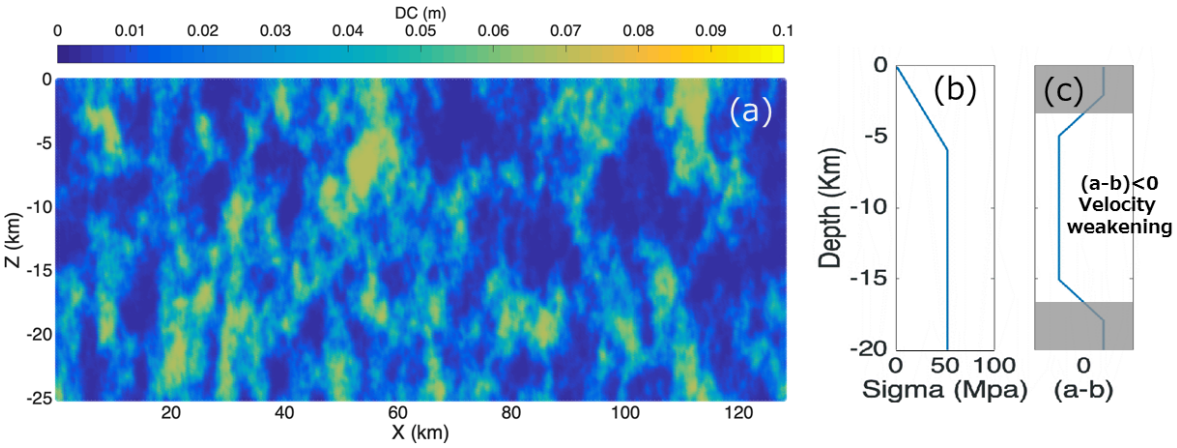


Fig 1. Friction settings: (a) heterogeneous *Dc*, (b) normal stress, and (c) *a-b* friction parameters.

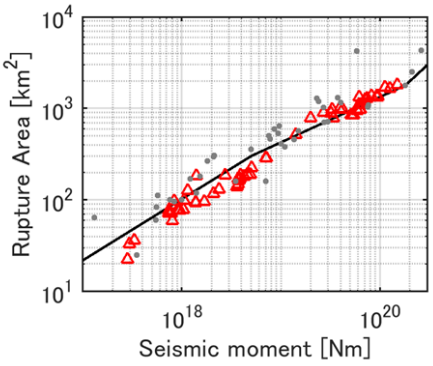


Fig 2. Comparison of *S*-values of modeled events vs. *Mo* (triangles) and observed (dots).
Line is 3-stage scaling assumed for strong-motion simulations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ランダムなすべり成分をもつ地震断層によって解放される地殻の歪みエネルギー

Strain energy released by an earthquake: Contributions of random slip fluctuations

*齊藤 竜彦[1]、野田 朱美[1]
*Tatsuhiko Saito[1], Akemi Noda[1]

1. 独立行政法人　防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地殻に蓄えられた歪みエネルギーが，地震断層運動を引き起こす原因である．これまで，南海トラフのプレート固着が内陸地殻に引き起こしている剪断歪みエネルギー変化が地震活動へ影響を与えていること(Saito et al. 2018 JGR)，熊本地震による剪断歪みエネルギーの増加域で余震活動が活発化していること（Noda et al. 2018 ACES; Tanaka et al. 2018 JpGU）を報告してきた．地殻に蓄えられた歪みエネルギーが地震によって解消される量は，地震発生機構を考えるうえで，最も基本的な情報のひとつである．地震による応力降下量が断層面で一定である場合，地震によって解消される歪みエネルギー，地震モーメント，初期応力，応力降下量を関係づける基本的な式がある（例 Aki and Richards 2002）．例えば，この関係式では，地震モーメントと歪みエネルギーが比例しているため，マグニチュードが 1 増えると，地震によって解消される地殻内の歪みエネルギーが32倍増加するといった，地震に関する基本的な性質を導くことが出来る．しかし，実際のすべり分布には無視できないほどの短波長成分が含まれ，応力降下量は断層面で著しく変化する．

本研究では，すべり分布のゆらぎによって，応力降下量が断層面で変化する場合の，地震によって解放される歪みエネルギーと地震モーメントの理論的関係を導出した．特に，すべり分布のゆらぎを確率論的にモデル化し，すべりゆらぎ分布のスペクトル形状と解放される歪みエネルギーの数式表現・スケーリング則を得た．得られた式から，以下のことが導かれる．(1) 同じ地震モーメントの場合，応力降下量が断層面で変化すると，応力降下量が一定の場合に比べて，地震によって解放される地殻の歪みエネルギーが小さくなる．(2)このことは，エネルギー分配の観点では実効的な平均応力降下量が大きくなることを意味する．本質的に同じことが，Noda et al.(2003 GJI)やHirano and Yagi (2017 GJI)で既に指摘されている．本研究では，実効的な平均応力降下量を，基準となる一定応力降下量とすべりゆらぎのスペクトルを使って解析的に表現している．(3)すべり分布のゆらぎがある場合（応力降下量が一定で無い場合），一般には，地震モーメントと歪みエネルギーは比例しない．すべりゆらぎの相関距離が，モーメントの1/3に比例する場合（つまり，断層長に比例する場合）は，地震モーメントと歪みエネルギーは比例する．(4)エネルギー分配の観点から，地震が発生するために必要となる初期応力の条件が導かれる．初期応力は実効的な平均応力降下量の半分とみかけ応力(剛性率x地震波エネルギー/地震モーメント)の和より，大きくなければならない．

キーワード：歪みエネルギー、ランダムすべりゆらぎ、応力
Keywords: strain energy, random slip fluctuations, stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1992年ランダース地震による弾性歪エネルギーの変化と余震の評価
The change in the elastic strain energy due to the 1992 Landers earthquake and triggering mechanisms of aftershock activity

*寺川 寿子[1]、松浦 充宏[2]、野田 朱美[3]
*Toshiko Terakawa[1], Mitsuhiro Matsu'ura[2], Akemi Noda[3]

1. 名古屋大学，大学院環境学研究科、2. 統計数理研究所、3. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute of Statistical Mathematics, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Earthquakes are physical processes to release elastic strain energy stored in the Earth’s crust by shear faulting. This quantity is essentially important for understanding earthquake generation. However, we have little knowledge on the quantity, because it is difficult to measure stress in-situ. Recently, Terakawa and Hauksson (2018) developed a method to model and estimate the 3-D absolute stress field from earthquake focal mechanism data, using the reference pore pressure as a single parameter (the reference pore pressure). In this study, we directly investigated changes in elastic strain energy, based on 3-D abosolute stress fields modeled by Terakawa and Hauksson (2018). Then, we tried to propose a new criterion to understand aftershock activity following large earthquakes instead of the change in Coulomb Failure Function (CFF), based on elastic strain energy.

First, we investigated partitioning of changes in shear and volumetric strain energies due to the 1992 Landers earthquake (M_W 7.3). Changes in volumetric strain energy did not depend on the reference pore pressure, or the level of deviatoric stress field. On the other hand, those in shear strain energy was closely related to the parameter. More shear strain energy were released when the background deviatoric stress magnitudes were higher. The elastic strain energy released by the mainshock is consumed as radiated, fracture and thermal energies. The amount of change (decrease) in the elastic stain energy must be at leaset larger than radiatied energy, which can be estimated (e.g., Kostrov, 1974; Ide, 2002). Therefore, the change in shear strain energy plays a crucial role to constrain the the most plausible reference pore pressure and eventually the level of the (absolute) deviatoric stress field.

When a stress field is compressed due to the mainshock, frictional strength as well as volumetric strain energy in the region will increase after the mainshock. This means that an increase in elastic strain energy do not necessarily mean activation of seismicity. The shear and volumetric strain energy are closely related to the average shear and normal stresses acting on faults randomly and isotropically distributed in the crust (e.g., Saito et al., 2018; Matsu’ura et al., under review). Increases in shear and volumetric strain energies have positive and negative effects on triggering aftershocks following the mainshock. In order to understand aftershock activity, we need to correctly consider both effects of the two kinds of strain energies into account. As the elastic strain energy is scalar quantity, we do not have to set any receiver faults, unlike using the change in CFF. In the source region of the Big Bear earthquake (M_W 6.5), which is the largest aftershock following the Landers mainshock, the shear strain energy increased, but the volumetric strain energy decreased. Both changes would have promoted this event. In the region just south of the hypocenter of the mainshock, the total effect from the two kinds of strain energies suggest that seismicity would have become inactive, contrary to the actual activation. Focal mechanism solutions of some of these events were normal faulting with NW-SE tension. We can understand that these events would have reactivated by decrease in fault strength under the stress field characterized by strike-slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

faulting with NE-SW compression and NW-SE tension. This suggest that many aftershocks in the region may have been triggered by overpressurized fluids.

キーワード：絶対応力場、弾性歪エネルギー、間隙流体圧
Keywords: absolute stress fields, elastic strain energy, pore fluid pressures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

歪みエネルギーの蓄積・解放に基づく地殻内地震の発生メカニズムの解明
Toward understanding generation mechanism of crustal earthquakes based on accumulation/release of elastic strain energy

*野田 朱美[1]
*Akemi Noda[1]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

プレート境界地震の発生サイクルは、プレート境界のせん断応力の蓄積・解放過程という観点から基本的物理プロセスがモデル化されつつあるが、この枠組みをそのまま地殻内（内陸）地震のサイクルに適用することは難しい。ある応力場でのせん断応力を求めるには断層面を仮定する必要があるが、実際の地殻内の断層はプレート境界のように連続した明瞭な弱面ではないうえに、堆積層に覆われて既存の断層が知られていない場合もあるからである。

せん断歪みエネルギーは、断層面を特定できない状況下で地震発生のポテンシャルを評価するのに適したスカラー量である。このスカラー量は、地殻内のクラックがランダムな方向を向く場合の、クラックに働くせん断応力の平均値に対応する (Saito et al., 2018)。つまり、せん断歪みエネルギーの増加・減少は、地殻応力の蓄積・解放に対応すると言える。更に、断層すべりによる仕事はせん断歪みエネルギーの解放に対応することが示されているため（Aki & Richards, 1980; Matsu’ura et al., 2019）、せん断歪みエネルギーは地震の発生を規定する、より本質的な物理量と考えることができる。したがって、地殻内のせん断歪みエネルギーがどのように蓄積・解放しているかを明らかにすることは、地殻内地震の発生メカニズムを知るうえで有用である。本講演では、地殻内のせん断歪みエネルギーの蓄積・解放のイメージングに向けた取り組みを紹介する。

せん断歪みエネルギー変化は、弾性体の歪み一応力関係を仮定すると、背景応力場と応力変化のテンソルから計算できる。背景応力の絶対値を知ることは難しいため、Saito et al. (2018) では、背景応力場のレベルが応力変化よりも十分大きいという仮定の下、規格化した背景応力場（主応力軸方向・応力比）と応力変化を用いて、背景応力の大きさで規格化されたせん断歪みエネルギー変化の表現式を導いた。そして、南海トラフのプレート間カップリングに起因するせん断歪みエネルギー変化を計算し、内陸の地震発生層のせん断歪みエネルギーの増減が、西南日本の地震活動に有意な影響を与えていることを示した。

次に、この枠組みを地殻内のテクトニック・ゾーンに適用するため、弾性・非弾性歪み解析手法（Noda & Matsu’ura, 2010）を取り入れた手法を開発した（Noda et al., AGU）。具体的には、GNSS変位データの逆解析により、地殻変動の力源を地殻内の3次元モーメントテンソル密度分布として推定する。推定したモーメントテンソル密度分布から地殻内の3次元弾性・非弾性歪み分布が求まるので、このうちの弾性歪み分布に弾性定数をかけると応力変化を計算できる。そして、背景応力場を与えれば、地殻内の規格化したせん断歪みエネルギー変化が得られる。

本手法を2016年熊本地震時および地震前のGNSSデータに適用した。この際、背景応力場としてCMTデータインバージョンによる3次元テクトニック応力場（Terakawa & Matsu’ura, 2010）を用いた。まず、地震時のGNSS変位データに適用して、地震によるせん断歪みエネルギー変化を推定し、余震活動の空間パターンと相関があることを示した。次に、地震前（2005-2011年）のGNSS変位速度データに弾性・非弾性歪み解析手法を適用した結果、阿蘇山から九重山を結ぶラインに沿った北西側の地殻浅部に、非地震性の大きな非弾性変形（脆性破壊・塑性変形）があることが分かった。この非弾性変形に起因するせん断歪みエネルギー変化は、布田川断層の一部において増加（蓄積）、布田川断層の北東端で大きな減少（解放）を示した。断層端でのせん断歪みエネルギーの解放は、2016年熊本地震の断層破壊停止に関与した可能性がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：弾性歪みエネルギー、地殻内地震、弾性・非弾性歪み、背景応力場、2016年熊本地震
Keywords: elastic strain energy, crustal earthquake, elastic/inelastic strain, background stress field, 2016 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

[SSS14-P01] クラックを含んだ庵治花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測定

*田中 仁貴[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

[SSS14-P02] 石英ガウジの摩擦特性に対する滑石含有量の影響

白鬚 里彩子[1]、多々良 祈里[1]、*平内 健一[1]、竹村 貴人[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.日本大学文理学部地球科学科)

[SSS14-P03] 石英質岩石の中速摩擦強度の支配要因

*金川 久一[1]、杉田 明日郁[2]、高橋 美紀[3]、澤井 みち代[1] (1.千葉大学理学研究院、2.千葉大学理学部、3.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SSS14-P04] 半遠洋性堆積物の続成作用に伴う摩擦・透水特性の変化

*岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、山口 飛鳥[3] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.広島大学大学院地球惑星システム学専攻、3.東京大学大気海洋研究所)

[SSS14-P05] 流体急減圧と流体流動によるシリカ析出の比較および断層特性への影響

*新部 貴理[1]、岡本 敦[1]、天谷 宇志[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

[SSS14-P06] 二軸摩擦試験機によるSlide-Hold-Slide実験中の反射波と透過波の時間変化

*植村 美優[1]、伊藤 喜宏[2]、片山 郁夫[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS14-P07] Monitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda wavesMonitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda waves

*Fan XIE[1]、Yaqiong REN[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P08] Longer duration of meta-instability stage of laboratory earthquakes on a 1.5m granite fault

*yaqiong Ren[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P09] シュードタキライトから見積もる地震時の摩擦熱と壁岩破壊量

*長手 彩夏[1]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P10] Porosity variation of fault rocks accompanied the Median Tectonic Line in Shikoku, southwestern Japan

*池田 倫治[1]、辻 健[2]、辻 智大[1]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所、2.九州大学、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P11] Characteristics of inactive section of the Median Tectonic Line from drillcore samples in Shikoku, southwestern Japan

*内田 嗣人[1]、池田 倫治[1]、辻 健[2]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所土木技術部、2.九州大学工学研究院、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P12] 未固結断層岩のクラストの表面及び内部組織とその重要性

*東郷 徹宏[1]、嶋本 利彦[2]、澤井 みち代[3] (1.THE EARTH、2.中国地震局地質研究所、3.千葉大学)

[SSS14-P13] **Fault Displacement Assessment of Surface-rupturing Earthquakes for Nuclear Installations and the use of Physics-based Rupture Models**

*Luis Angel Dalguer[1]、Yoshimitsu Fukushima[2] (1.3Q-Lab GmbH、2.International Atomic Energy Agency)

[SSS14-P14] 地震ハザード評価のための動力学的震源モデル：布田川断層帯・日奈久断層帯への応用（その2）

*加瀬 祐子[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS14-P15] 自然地震のすべりー長さスケーリング則と室内実験との距離の定量化

*大庭 伸一[1]、三井 雄太[2] (1.静岡大学総合科学技術研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS14-P16] Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

*Wang Jeen-Hwa[1] (1.Academia Sinica)

[SSS14-P17] On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

*上西 幸司[1,2]、福田 優貴[2]、亀 伸樹[3] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻、3.東京大学地震研究所)

[SSS14-P18] 過渡的で強制的な伸張水平地殻歪の領域における非弾性変形

*江口 孝雄、岩瀬 康行[1] (1.防衛大学校)

[SSS14-P19] 表現定理とグリーン関数 (3) ― 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ―

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS14-P20] 断層面上における高周波励起現象の解釈を可能にするすべり速度・破壊伝播速度変化の可視化手法

*鮎貝 崇広[1]、八木 勇治[2]、奥脇 亮[3]、茅野 奎太[3]、清水 宏亮[3] (1.筑波大学生命環境学群、2.筑波大学大学院 生命環境系、3.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

[SSS14-P21] インバージョン法を用いた震源過程解析に見られる諸問題

*茅野 奎太[1]、八木 勇治[1]、奥脇 亮[1]、清水 宏亮[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P22] **Source process of recent M6-class inland earthquakes in Japan**

*柴田 律也[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、井出 哲[2] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[SSS14-P23] Expected slip direction on assumed fault planes of large earthquakes inferred from stress field after the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、清水 洋[2]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SSS14-P24] 2011年東北沖地震による繰り返し地震の震源パラメータ変化

*立岩 和也[1]、岡田 知己[1]、河野 俊夫[1]、内田 直希[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS14-P25] 房総スロースリップイベントのすべり分布とすべり速度－応力の関係

*小林 琢磨[1]、佐藤 利典[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院理学研究院)

[SSS14-P26] 2011年東北沖地震後に活発化した茨城県北部の地震活動：内陸地震の繰り返し

高橋 諒[1]、*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、松澤 暢[1] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

クラックを含んだ庵治花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測定
Measurement of shear-wave polarization anisotropy in crack-bearing Aji granite during shear experiment

*田中 仁貴[1]、片山 郁夫[1]
*Jinki Tanaka[1], Ikuo Katayama[1]

1. 広島大学
1. Hiroshima University

The stress drop at the time of the earthquake not only releases the stress applied to the fault plane but also causes the rotation of the principal stress axis applied to the fault plane. In fact, the change in the direction of the principal stress axis after the earthquake is reported by the mechanism solution of aftershocks and the seismic wave anisotropy(e.g. Tadokoro and Ando 2002; Boness and Zoback 2006). It is thought that this is because the closing (opening) direction of the cracks around the fault plane correspond to the stress axis. Therefore, in this study, the elastic wave velocity was monitored during the shear experiment of the rock and the relation between the shear stress and the principal stress axis and elastic wave velocity was measured in the laboratory. Since the shear-wave polarization anisotropy has a characteristic which is sensitive to the direction of the crack, measurement of different vibration components of S wave is performed in addition to measurement of P wave velocity.

For the experiment, we investigated the change in elastic wave velocity according to shear deformation using a High-T biaxial frictional testing machine in Hiroshima University. For the experimental samples, Aji granite which generated thermal cracks inside by heating to 600 degrees Celsius was used. In the shear experiment, it was carried out by loading the central rock block at a constant speed while keeping the vertical stress constant. The shear sliding velocity was about 0.9 μm/s and the normal stress was 5 MPa. For measurement of elastic waves, probes with a resonance frequency of 1 MHz (manufactured by Olympus Corporation) were used, and S wave and P wave were measured by pulse transmission method. The propagation direction of elastic wave is parallel to the shear plane and perpendicular to the shear sliding direction, and for the S wave, we measured two components, wave (SH) oscillating in the plane orthogonal to the shear plane and wave (SV) oscillating parallel to the shear plane.

From the experimental results, with the increase of the shear stress, it was found that the velocity of SH wave rises earlier and the SV wave rises late. In addition, there was a phenomenon in which the initial motion of the SV wave jumped suddenly as the shear stress increased. This means that when the shear stress is low and the maximum principal stress axis in the sample is close to the direction of the normal stress, the shear direction cracks are frequently closed and the SH wave velocity increases, and the shear stress increases, when the inclination of the maximum principal stress axis becomes steeper with respect to the normal stress, it is considered that the direction of the crack which closes is correspondingly inclined. In this way, since the SH wave and SV wave behave differently due to the increase of the shear stress and the corresponding change of the principal stress axis angle, by utilizing this property, a good index for monitoring the stress state around the fault.

キーワード：地震予測、S波偏向異方性
Keywords: Earthquake prediction, Shear-wave polarization anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石英ガウジの摩擦特性に対する滑石含有量の影響
Effects of talc content on frictional properties of quartz gouge

白鬚 里彩子[1]、多々良 祈里[1]、*平内 健一[1]、竹村 貴人[2]
Risako Shirahige[1], Inori Tatara[1], *Ken-ichi Hirauchi[1], Takato Takemura[2]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 日本大学文理学部地球科学科
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University

Phyllosilicates have low coefficients of friction and an effect of weakening fault strength. To understand effects of talc content on frictional strength and sliding stability, we conducted frictional sliding experiments on dry gouge mixtures of quartz and talc at room humidity, room temperature, a normal stress of 10 MPa and sliding velocities of 0.66–2 μm/s, using a single direct-shear apparatus. The coefficient of friction for the mixture ranged from 0.18 to 0.69 and fell between pure quartz and talc values. The overall trend was a decrease in the coefficient of friction with increasing talc content. The velocity dependence of friction, ($a-b$), ranged from −0.0018 to 0.0039 and increased with increasing talc content. The ($a-b$) values are highest in the mixture with a talc content of 80 wt.%. For the mixture with talc contents below 10 wt.%, the ($a-b$) values become negative, with the occurrence of slow to fast stick-slip behavior.

キーワード：摩擦、スティック・スリップ、断層弱化、層状珪酸塩
Keywords: friction, stick slip, fault weakening, phyllosilicate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石英質岩石の中速摩擦強度の支配要因
Mechanism controlling the frictional strength of quartz rocks at intermediate slip rates

*金川 久一[1]、杉田 明日郁[2]、高橋 美紀[3]、澤井 みち代[1]
*Kyuichi Kanagawa[1], Asuka Sugita[2], Miki Takahashi[3], Michiyo Sawai[1]

1. 千葉大学理学研究院、2. 千葉大学理学部、3. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門
1. School of Science, Chiba University, 2. Faculty of Science, Chiba University, 3. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan

Frictional strength of quartz rocks is known to be extraordinary low at subseismic slip rates ranging from 1 mm/s to 10 cm/s, which has been ascribed to the hydration of comminuted amorphous silica, i.e., silica gel. In order to testify this hypothesis, we conducted rotary-shear friction experiments on intact agate or silica gel gouge at a normal stress of 1.5 MPa and slip rates (V) ranging from 1 mm/s to 10 cm/s. We also measured temperature (T) adjacent to the slip surface or the gouge layer during the experiments.

Steady-state friction coefficient of agate μ_{ss} was ≈0.6 at V = 1 mm/s, ≈0.5 at V = 7 mm/s, and ≦0.1 at V = 10 cm/s. T was ≈25˚C at V = 1 mm/s, ≈30˚C at V = 7 mm/s, and up to 85˚C at V = 10 cm/s, but the actual temperature along the slip surface must have been much higher. μ_{ss} of silica gel gouge was ≈0.7 at V = 1 mm/s, 0.4–0.5 at V = 7 mm/s, and ≦0.2 at V = 10 cm/s. T was 25–28˚C at V = 1 mm/s, 30–37˚C at V = 7 mm/s, and 80–100˚C at V = 10 cm/s, but again, the actual temperature in the gouge layer must have been much higher.

Thus our results show that agate or silica gel exhibits weakening with increasing T, and that the presence of silica gel does not reduce the frictional strength when T is not high enough. Shear strength of quartz rocks is high so that significant amount of frictional heat would be produced at asperity contacts even at V ≈1 cm/s, which must be responsible for weakening of quartz rocks at intermediate slip rates.

キーワード：めのう、シリカゲル、摩擦強度、中速
Keywords: agate, silica gel, frictional strength, intermediate slip rates

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

半遠洋性堆積物の続成作用に伴う摩擦・透水特性の変化

Evolution of hydraulic and frictional properties of incoming hemipelagic sediments during diagenetic reactions

*岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、山口 飛鳥[3]
*Keishi Okazaki[1], Ikuo Katayama[2], Asuka Yamaguchi[3]

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 広島大学大学院地球惑星システム学専攻、3. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Dept. of Earth & Planetary Systems Science, Hiroshima University, 3. AORI, the University of Tokyo

Deployments of seismic and geodetic observation networks had revealed the activity of slow earthquakes along the subduction plate boundaries, which are characterized as intermediate fault slip rate between earthquake (~1m/s) and stable sliding along the plate boundary (~1 nm/s). Diagenesis of subducting sediments has stimulated interest in their relationship to regular and slow seismicity in the subduction zone. We report experimental results on the effect of diagenetic reactions to hydraulic and frictional properties of incoming hemipelagic sediments. Hemipelagic sediments taken from KS-15-3 Shinseimaru cruise are used as the starting sample. Friction experiments and permeability measurements were carried out with a confining pressure of 150 MPa and a pore pressure of 58 MPa and temperatures ranging RT–230 degC. When the sample is sheared immediately after reaching the experimental condition, all experimental data at the temperature below 150 degC showed a velocity-strengthening behavior. On the other hand, at the temperature of 230 degC, the frictional behavior is no longer stable, but stick-slip behavior was observed during the experiments. We also measured a time-dependent permeability evolution of hemipelagic sediments to assess how diagenetic reactions consolidate the sediments. Permeability decreased about an order magnitude due to the mechanical compaction from the effective pressure of 3 MPa to 92 MPa, and decrease additional an order magnitude of permeability is observed during the hot-pressing of the sample at the pressure and the temperature of 92 MPa and 100 degC, respectively. Those experimental observations suggest that thermally activated compactions, possibly pressure solution creep, could contribute key role for understanding the physical property of subducting sediments.

キーワード：沈み込み帯、摩擦特性
Keywords: subduction zone, frictional property

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体急減圧と流体流動によるシリカ析出の比較および断層特性への影響
Contrasting silica precipitation via flash vaporization and fluid flow and possible effects on fault properties

*新部 貴理[1]、岡本 敦[1]、天谷 宇志[2]、土屋 範芳[1]
*Takamasa Niibe[1], Atsushi Okamoto[1], Takashi Amagai[2], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

It is thought that precipitation of silica plays crucial roles on mechanical and hydrological properties of faults. The solubility of silica minerals varies significantly depending on temperature and water density (e.g., Manning, 1994). Okamoto *et al.* (2010) conducted the hydrothermal flow-through experiments at vapor-like supercritical condition (430 ℃, 31 MPa) and showed that silica precipitation predominantly occurred via quartz overgrowth and quartz nucleation (Okamoto *et al.*, 2010). In contrast, precipitation of silica is thought to be induced by decompression of fluids. Weatherley and Henley (2013) suggested that silica particles precipitate by flash vaporization at fault jog; however, the process of silica precipitation under such extreme condition has not been verified experimentally. The purpose of this study is to understand the mechanism of silica precipitation by hydrothermal experiments. In particular we focus on the difference in the mode of occurrences of silica precipitates between flashing and fluid flow system.
We conducted two types of experiments: (1) flash + batch experiments, and (2) flow-through experiments. Both experiments were carried out with using high-silica solutions (Si = 250-300 mg/kgH_2O, Na, Al, K = 4-6 mg/kgH_2O), that was prepared by dissolution of granite sand at 370 ℃ and 40 MPa. In the flashing experiments, after the input solution was enclosed into the autoclaves, elevated pressure and temperature, and flashed by opening the valve. Alumina filter (average pore size of 60 μm) was placed on the flow pathway to catch the silica particles. The flash P-T conditions were 261 ℃, 353 ℃, 400 ℃, and 450 ℃ at pressure of 35-38 MPa. In all conditions, silica precipitates did not include quartz, but spherical particles of amorphous silica with size of 0.1-10 μm were produced. Such amorphous silica was probably formed by nucleation and aggregation during the evaporation of water droplet. Then, we investigated the transformation of the flashing products (removed from the alumina filter and enclosed in Au tube) by the batch experiments at 261 ℃ and 351 ℃ at vapor saturated pressure, and at 400 ℃ and 450 ℃ under supercritical conditions. There was no change of silica after the batch experiments at 261℃ and 351℃ conditions within 5 days. In contrast, small quartz crystals (size of less than 10 μm) were produced in 5 days at 400 ℃ and in 3 days at 450 ℃. Albite was partly produced as the results of interaction with alumina-filter.
The silica precipitation was also investigated by the flow-through experiments at 390-430 ℃ and 25 MPa (supercritical condition) with constant flow-rate of 0.5 or 1 mL/min by using the granite-dissolved solution similar to the flash experiments. The silica was precipitated in alumina tube filled with alumina ball (diameter with 1 and 2mm). We found the silica precipitates clogged the pores within few days. Based on the XRD and SEM observation, the products of the flow-through experiments were mixture of amorphous silica and quartz. Some quartz crystals grew up to 100 micrometers and amorphous silica were precipitated on the alumina balls and the alumina pipe.
In both cases, amorphous silica was easily produced in response to the drop of water density at high temperatures. Such amorphous silica can move and clog effectively the pores. Also, our experiments revealed that such amorphous silica was changed to quartz, which depends on the temperature and fluid states (flow or batch). Such variation of silica by precipitation and transformation potentially would

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

provide a significant influence on the fault strength.

Weatherley D. K. and Henley R. W. (2013), *Nature Geoscience*, **6(4)**, 294.
Okamoto A., Saishu H., Hirano N. and Tsuchiya N. (2010), *Geochemica et Cosmochimica Acta*, **74**, 3692-3706.
Manning C. E. (1994), *Geochemica et Cosmochimica Acta*, **58**, 4831-4839.

キーワード：岩石-水相互作用、シリカ、流体急減圧
Keywords: Water-Rock Interaction, Silica, Flash Vaporization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

二軸摩擦試験機によるSlide-Hold-Slide実験中の反射波と透過波の時間変化

Temporal variations of reflected and transmitted wave during a slide-hold-slide experiment on a biaxial friction testing machine

*植村 美優[1]、伊藤 喜宏[2]、片山 郁夫[3]
*Miyuu Uemura[1], Yoshihiro Ito[2], Ikuo Katayama[3]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

Slow slip events (SSEs), which is one of the slow earthquakes differing from regular earthquakes, have been detected at both shallower and deeper portions of the seismogenic zones, such as Japan and New Zealand. We carried slide-hold-slide experiments with gouge layer under a slip velocity of an SSE using a biaxial friction testing machine under the condition with the temperature and the humidity of room. We measured temporal changes of acoustic impedance in the gouge layer with reflected and transmitted wave during slides and holds. As a result, we detected variations in travel time, amplitude, and cross-correlation coefficient on first arrival of reflected and transmitted wave.

The features of observed waveforms were classified clearly by a slide-hold-slide conditions into two categories: sliding and holing. We chose two materials as gouge powder, which were clay mineral (Ca-montmorillonite) and quartz. Regardless of the kinds of the gouge powder, the amplitude both of reflected and transmitted waves showed opposite temporal variation during the slide-hold-slide sequences; the amplitude of transmitted wave decreased during slides and increased during holds, respectively. This suggests that the amplitudes of reflected and transmitted waves indicate a change of an elastic-wave speed in the gouge layer.

The travel times of transmitted waves increased during slides and decrease during holds. According to Birch (1961), a propagation speed of elastic waves normally decreases as the density of media decreases, or as the porosity increases. Increasing travel times of transmitted waves in our experiments may indicate the change of the density, or porosity in the gouge layer. Although the travel times of reflected waves decreased during slides and increased during holds in the case of clay mineral, the travel time on quartz powder did not change through our experiment.

The temporal change on correlation of observed transmitted wave also shows significant changes from a slide to a hold. The change of travel time, the amplitude, and the cross-correlation coefficient of transmitted waves were more sensitive to a slide-hold-slide condition, such as slip rate on the gouge later than those of reflected wave. Those result suggests that a transmitted wave is more suitable for monitoring SSE although a reflected wave is also useful for monitoring, and that a beginning and an end of an SSE can be detected by reflected and transmitted waves.

キーワード：スロースリップ、二軸摩擦試験、ガウジ
Keywords: slow slip event, biaxial friction experiment, gouge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda wavesMonitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda waves

*Fan XIE[1], Yaqiong REN[1]

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration

It is increasing important to understand evolution in fault zone and find clear precursors to the earthquake. Nevertheless, the evolving behavior of crustal faults remains changeling due to its inaccessible and weakness.

Duo to their highly sensitivity, the seismic coda waves have been long used at kilometer scale to investigate stress changes by tracking seismic relative velocity changes during earthquake. However, detecting such changes and imaging their spatial distribution with satisfied resolution are still an ongoing project, for which laboratory developments may be useful.

This work aims to explore the applicability of coda waves to monitor spatiotemporal changes of laboratory fault.

Laboratory-scale experiments are performed by meter-scale biaxial loading apparatus in which coda waves at ultrasonic frequencies (100 kHz to 400 kHz) are transmitted and received by 16 broadband piezoelectric transducers using the state-of-the-art ultrasound research platform (Verasonics Vantage 64 Low Frequency Edition) across a 1.5-meter long granite simulated fault.

Before stick-slip events occurred by increasing shear stress at loading rate of 1 um/s , the normal stress was kept 500KPa constant for 60 minutes. The ultrasonic coda waves were recorded throughout the entire process of stress accumulation along the fault.

Coda wave interferometry (CWI) and Coda wave decorrelation (CWD) are performed to detect relative velocity changes and microstructural changes along the fault by measuring phase shifts and loss of coherence of received coda waves respectively.

We observe a ~0.4e-3 velocity increase and ~0.5% coherence loss within logarithm of stationary contact time during 1-hour normal stress holding time. A significant 1.4e-3 increase in relative velocity changes and 8% coherence loss during shear stress increasing test followed by 0.5e4 decease in relative velocity changes and 2% decrease in coherence loss respectively caused by ~200kPa stress drop of the emerging stick-slip event. We also observe that the such changes are localized at upper center of the fault by comparing the changes extracted at different transducers along the fault.

The results suggest that ultrasonic coda waves are a promising means to monitor weak but localized stress-induced changes of laboratory fault by detecting and characterization velocity and micro-structural changes. Considering such advantages, further works to temporal critical observations, such as nucleation process of laboratory earthquake, are conceivable from a practical and instrumental point of view.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: laboratory earthquake , stick slip , coda waves, stress-induced changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Longer duration of meta-instability stage of laboratory earthquakes on a 1.5m granite fault

*yaqiong Ren[1]

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration

Laboratory earthquakes are a series of stick slip events occurred on an old or newly formed fracture in laboratory. It is widely used to study the properties and mechanisms of earthquake nucleation, dynamic rupture and post-seismic process since its similarities with nature earthquakes. Meta-instability stage is the later stage of the nucleation process. It holds that when the stress release accelerates and synergizes, the deformation enters an irreversible stage to instability. Thus studying its evolutionary characteristics is more conducive to identifying the arrival of earthquakes in advance.

We perform a series stick slip experiments on a 1.5m granite fault. Using a meter-scale rock as experimental sample can indirectly improve the spatial resolution of observation. More importantly, the scale effect of earthquake preparation process can be studied by comparing the results of centimeter-scale and meter-scale samples, which is helpful to the field application of experimental results.

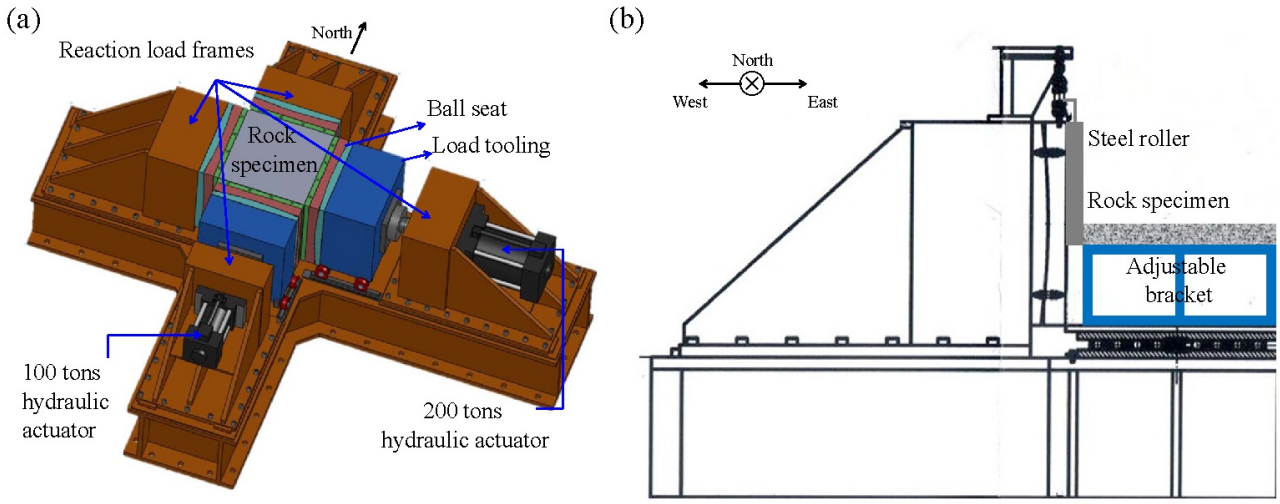
The experiment was carried out on a large horizontal two-direction servo-control press at the Institute of Geophysics, China Earthquake Administration. The maximum loading capacity of the press in two directions is 100 tons and 200 tons respectively. The local variations of stress and displacement along the fault as well as the variation of the whole sample were recorded during the experiment. The stiffness of the meter-scale sample and press system is 0.003 MPa/um, which is one order of magnitude smaller than that of the centimeter-scale sample and press system in the Institute of Geology, China Earthquake Administration. This enables us to obtain stick-slip events with small stress drop, large displacement and audible energy release at lower confining pressure.

For a single stick-slip event, the beginning of meta-instability stage and quasi-dynamic stage (the later stage of meta-instability stage) can be identified based on the relative displacement and strain observations along the fault. The meta-instability begins in the middle of the fault and extends toward both ends as the instability approaches. During the meta-instability stage, the variation rate of different parts of the fault varies greatly, and tends to synergize with the approach of instability.

The duration of meta-instability is longer under lower loading rate, and the change of normal stress has little effect on the duration of meta-instability under lower normal stress. The duration of meta-instability increases with the increase of fault scale, showing obvious scale effect. The results suggest that meta-instability on natural faults in the field may last for several years, and could be monitored. The non-uniformity of faults with the increase of fault scale may be an important mechanism for the scale effect of the duration of meta-instability.

Keywords: stick slip, earthquake nucleation, meta-instability stage, scale effect, meter-scale rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

シュードタキライトから見積もる地震時の摩擦熱と壁岩破壊量
Estimation of the frictional heat and the amount of wall rock incorporation by thermal fracturing during an earthquake: An example from the pseudotachylyte in Jurassic accretionary complex

*長手 彩夏[1]、氏家 恒太郎[1]
*Ayaka Nagate[1], Kohtaro Ujiie[1]

1. 筑波大学
1. University of Tsukuba

Estimation of frictional heat is crucial to evaluate dynamic shear strength and fault behavior during an earthquake. Pseudotachylyte produced by solidification of frictional melt is an unequivocal geological evidence of seismic slip on faults. Here, we estimated frictional heat and amount of wall rock incorporation into coseismic slipping zone during an earthquake, based on microstructural observation and numerical analysis of the pseudotachylyte in the Jurassic accretionary complex. The pseudotachylyte-bearing thrust develops as an out-of-sequence thrust in the coherent chert-clastic sequence, which bounds middle Triassic chert above from early Jurassic siliceous mudstone below. The pseudotachylyte is ~2 mm-thick and sharply separates fractured grey chert above from cataclasite below. The pelagic black carbonaceous mudstone layer is distributed at the stratigraphic equivalent interval of the pseudotachylyte.

The microstructures of the pseudotachylyte are characterized by fault and injection veins, fragments of grey chert and quartz in the dark matrix of illite composition, and irregularly and embayed pseudotachylyte boundaries. The gray chert adjacent to the pseudotachylyte and fragments in the pseudotachylyte consisted of grey chert are intensely cracked, showing jigsaw puzzle-like structure. These microstructural features suggest that thermal erosion, thermal fracturing, and preferential melting of illite occurred during earthquake faulting. Frictional heat, which was estimated from temperature rise, volume fraction of fragments, and pseudotachylyte thickness, is ~7.1 MJ m^{-2}.

The comparison of volume fraction of fragments in the matrix between the pseudotachylyte and the black carbonaceous mudstone layer suggests that half amount of fragments in the pseudotachylyte were derived from wall rocks. The numerical modeling considering temperature rise, heating duration, and thermal properties of gray chert indicates that the temperatures of wall rocks a few millimeters away from the pseudotachylyte boundaries exceed the temperature of a-b transition in quartz (~573 ˚C) during earthquake faulting. This distance is consistent with spatial distribution of crack density, which shows exponentially decrease away from the pseudotachylyte boundaries. Thus, intensely cracked wall rocks are considered to represent thermal expansion of quartz grains in gray chert, which could contribute to unstable fault slip associated with decrease in stiffness of surrounding rocks.

キーワード：摩擦熱、シュードタキライト、ジュラ紀付加体
Keywords: Frictional heat, Pseudotachylyte, Jurassic accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Porosity variation of fault rocks accompanied the Median Tectonic Line in Shikoku, southwestern Japan

*池田 倫治[1]、辻 健[2]、辻 智大[1]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3]
*Michiharu Ikeda[1], Takeshi Tsuji[2], Tomohiro Tsuji[1], Kozo Onishi[3], Naoki Nishizaka[3]

1. 株式会社四国総合研究所、2. 九州大学、3. 四国電力株式会社
1. Shikoku Research Institute Incorporated, 2. Kyushu University, 3. Shikoku Electric Power Company, Incorporated

Petrophysical properties of fault rocks are important information to understand evolution processes of fault rocks. Among their properties, hydraulic properties of fault rocks are closely related to fault dynamics and potential of reservoirs of fluid or gas. In this research, we focused on distribution of porosities through fault rocks of the Median Tectonic Line in Shikoku.

The Median Tecotnic Line (MTL) is the longest geological terrane boundary fault. The northern and southern parts from the MTL are Ryoke Belt composed of low P/T metamorphic rocks, granitic rocks and sedimentary rocks and Sanbagawa metamorphic rocks consisted of high P/T metamorphic rocks, respectively. We drilled a bore hole to obtain a geological core sample penetrating the MTL. The total core length is 250 m-long. The fault plane of the MTL is within 37.45 m-depth. The hanging wall and foot wall zones are Izumi Group in Ryoke Belt and Sanbagawa metamorphic rocks, respectively.

The fault rocks in Izumi Group are composed of three zones, fault breccia zone (ca.4– ca.12.5 m-depth), transition zone (ca.12.5–ca.31.6 m-depth) and fault gouge zone (ca.31.6–ca.37.2 m-depth), based on geological observation. On the other hand, the fault rocks of the Sanbagawa metamorphic rocks are cataclasite just below the MTL fault plane (37.45–ca.47 m-depth) and intact rocks in the deeper parts of the core (ca.47–250.0 m-depth).

We measured 49 samples (24 samples in Izumi Group and 20 samples in Sanbagawa metramorphic rocks) from the core. In addition to them, 5 samples from outcrops of Izumi Group were measured to get porosities of intact rocks of Izumi Group, because all parts of Izumi Group in the core are damaged.

The porosities of the hanging wall (Izumi Group) range between 4.54% and 20.35%, whereas those of the foot wall (Sanbagawa metamorphic rocks) are lower (2.06%–11.4%) than those of the hanging wall. Additionally, the porosities of the outcrop samples of Izumi Group show quite low (0.97%–1.75%), corresponding to those of intact rocks of Izumi Group, whereas those of the intact rocks of Sanbagwa metamorphic rocks are estimated to be ca.2%–ca.3%. These porosities are measured for samples in the deep zone (ca.75–ca.200 m-depth) of the core, which are quite far from the fault plane. The porosities of the three zones of fault rocks in the hanging wall are 5.19%–15.27% for the fault breccia zone, 4.54–15.30% for the transition zone and 11.02–20.35% for the gouge zone. It should be noted that the porosities are corrected on the basis of CT values. As the fault rocks of Izumi Group are composed of matrix and clasts, we measured the porosities of both matrix and clasts (or blocks) for each sample. Then, we calculated the correction porosities based on the ratio of matrix and clasts of CT values.
The porosities in the hanging wall (Izumi Group) widely vary depending on characteristics of fault damage, however those gradually increase toward the fault plane. In addition, the porosities are quite higher than those of intact rocks. On the other hand, the high porosity zone in the foot wall (Sanbagawa metamorphic rocks) is limited in a narrow zone (37.45–ca.50 m-depth). These facts suggest that the hanging wall (Izumi Group) are strongly damaged compared to the foot wall (Sanbagawa metamorphic rocks). This is an

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

intriguing characteristics for understanding petrophysical properties of fault rocks.

キーワード：中央構造線、空隙率、断層岩
Keywords: Median Tectonic Line, porosity, fault rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of inactive section of the Median Tectonic Line from drillcore samples in Shikoku, southwestern Japan

*内田 嗣人[1]、池田 倫治[1]、辻 健[2]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3]
*Hideto Uchida[1], Michiharu Ikeda[1], Takeshi Tsuji[2], Kozo Onishi[3], Naoki Nishizaka[3]

1. 株式会社四国総合研究所土木技術部、2. 九州大学工学研究院、3. 四国電力株式会社
1. Department of Civil Engineering, Shikoku Research Institute incorporated, 2. Department of Earth Resources Engineering, Kyusyu University, 3. Shikoku Electronic Power

The Median Tectonic Line (MTL) is a geological boundary fault that divides southwestern Japan into Inner and Outer zones. The MTL is generally considered to be a long-lived fault system from the middle Cretaceous, although the details of the movement history are complex. On the other hand, it has been revealed from geomorphological and paleo-seismological surveys that the MTL from Shikoku to western Kii Peninsula has caused right-lateral slip during Quaternary. Therefore, the part of the MTL is active, and called as the Median Tectonic Line active fault system (MTLAFS) (e.g., Ikeda et al.,2017). To estimate present seismic condition (or environment) of the MTLAFS, we should understand details of its paleo-activities. However, outcrops widely exposed for geological survey about paleo-activities inactive MTL are limited. In this study, we obtained a geological core sample (125 m-long) penetrating the MTL and conducted downhole logging in Saijyo city, Ehime prefecture.
We focused on three points as follows. Firstly, we observed and described the core samples in detail. Secondly, we obtained structural data from the geological core and a borehole image data in order to predict paleo-stress conditions. Finally, we estimated physical properties around a fracture zone of the MTL based on the geological and geophysical data.

[Description of fault rocks]
The fault plane of the MTL is at about 109.45 m-depth in the borehole. The hanging wall and footwall of the fault system are Izumi Group (mainly alternating beds of mud and sand) and Sanbagawa metamorphic rocks (mainly pelitic schist), respectively. Orientation of the fault plane of the MTL is NE-SW strike with moderate-angle northwest dipping in our study area, and its fault zone is approximately 4m-width. The fault zone is composed of fault gouge, fault breccia and cataclasite. The altered dikes that is Ishizuchi volcanic rocks erupted in c.a. 15 Ma distribute in the fault zone. The MTL in this region reactivated after 15 Ma, because the altered dikes are fragmentated in the fault zone.

[Structural analysis]
Orientations of bedding planes of Izumi Group and schistosity planes of Sanbagawa metamorphic rocks are generally N–S strike with low-angle east dipping and ENE–WSW strike with low-angle north dipping. The dikes intrude into the fault zone in orientation of NE–SW strike with moderate-angle northwest dipping. Orientations of fractures concentrate in N–S strike with east dipping and E–W strike with north dipping based on the borehole camera data.
Moreover, we conducted paleo-stress analysis based on fault orientations and slickenlines and slickensteps on the fault surfaces. We adopted Hough transform inverse method (Sato, 2006) to estimate paleo-stress conditions of the MTL. As the result, a stress condition around the MTL is dominantly normal-faulting stress-regime, however strike-slip and reverse-faulting stress-regimes are also recognized.

[Physical properties]
There is a remarkable trend of the elastic wave velocity data around the fracture zone. P-wave velocity *Vp*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in fracture zone (95–109.5 m-depth) drastically decreases as compared with host rock in the upper zone due to intensive crack and lower elastic moduli. On the other hand, S-wave velocity *Vs* does not change in the fracture zone such as the trend of *Vp*.

The paleo-stress condition data are useful information for inactiveness of the MTL. And the physical properties are also crucial to understand the physical conditions what the MTL in this region have experienced. Therefore, the information derived in this study could contribute to understand fault evolution processes and activities of the MTL.

キーワード：中央構造線、断層岩、古応力場、物性
Keywords: Median Tectonic Line, fault rocks, paleostress field, physical property

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

未固結断層岩のクラストの表面及び内部組織とその重要性
Surface and internal textures of clasts in incohesive fault rocks and their significance

*東郷 徹宏[1]、嶋本 利彦[2]、澤井 みち代[3]
*Tetsuhiro Togo[1], Toshihiko Shimamoto[2], Michiyo Sawai[3]

1. THE EARTH、2. 中国地震局地質研究所、3. 千葉大学
1. THE EARTH, 2. Institute of Geology, China Earthquake Administration, 3. Chiba Univ.

断層岩は個々の粒が肉眼で識別できるクラスト（clast）と、識別できないマトリックスの量比から分類されることが多い（例えばSibson, 1977, J. Geol. Soc. London）．クラストの研究は，少なくとも以下の3点において重要である．第1に，クラストは断層帯が形成されたときに母岩または古い固結断層岩の破壊によって形成されるので，後者の場合にはクラストを調べることによってより深部の断層岩の物質と情報が得られる可能性がある．第2に，クラストは断層帯内部における一連のプロセスを経験しているので，クラストの解析から断層帯内部の物理的・化学的変化の一部を復元できる可能性がある．第3に，クラストの表面及び内部構造をボーリング掘削時に回収されるカッティングスの組織と比べることによって，カッティングスから断層を見つけ出すことが可能かもしれない．全コアを回収するボーリングは非常に高コストなので，カッティングスから断層を発見できれば多くの実用的な応用が期待できる．

クラストの表面組織について，金折らは日本国内の主要断層（多くは活断層）のガウジから石英質クラストを回収して詳しい走査電子顕微鏡（SEM）観察をおこなった（Kanaori et al., 1980, Eng. Geol.; など）．彼らは，クラストの表面には，表面物質が水に溶解することによって新鮮な破壊面とは全く異なる多彩で凹凸に富む組織が発達することを示し，それらの組織はそれまでに多数報告されていた堆積物中の石英砕屑粒の表面組織に似ていることを指摘した．彼らはまた，クラストの表面組織を8タイプ・4グループに分類して，表面組織が時間とともにどのように変化するかを提唱した．金折らの研究の目的は，クラストの表面組織から断層の活動時期をおおまかに見積もることであったが，おそらく断層の活動年代の推定が容易ではなかったために，彼らの先駆的研究は体系的に発展しなかった．

本研究は上記第3の目標から触発されて始まったが，金折らの分類を単純に踏襲するのではなく，より広い視点から断層帯中のクラストを見直してみたいと考えている．調査を進めているのは，有馬・高槻構造線，野島断層，韓半島南東部のYangsan断層とYeongdeok断層の花崗岩質断層帯である．断層ガウジ中の石英質クラストのみならず，断層帯全体の全てのクラストを観察の対象として研究を進めている．発表者らも，金折らのミカン皮状組織，魚鱗状組織などに類似した組織を多くのクラストで認めたが，彼らの4グループ全ての組織を確認することはまだできていない．興味深いのは，Yeongdeok断層ガウジ中の破壊したクラストでその内部構造が明瞭に観察できたことである．そのクラストではおそらく長石の破片の周囲に厚く層状鉱物を多く含む細粒で多孔質な断層岩がマントル状に形成されており，クラストの表面構造は単純な表面物質の溶解のみによって形成されたものではないことを示している．このようなマントル状の組織は，クラストとマトリックス物質間の反応によって形成された可能性があり，今後詳しく調べていく（おそらく上記第2の目的に有用である）．有馬・高槻構造線沿いの幅広い花崗岩質断層帯には衝撃粉砕岩（pulverized rock）が分布することが提唱されている（Mitchell et al., 2011, EPSL）．この岩石では，著しい剪断変形を受けた形跡がないにも関わらず，結晶粒内部は激しく粉砕されており，クラストとマトリックスの区別は必ずしも明瞭でない場合が多い．SEM観察の結果，そのような結晶内部の破断面沿いにも溶解を示す凹凸に富む組織が発達しており，類似の組織はクラスト表面のみならず，岩石内部の破断面沿いにも発達していることがわかる．このような破断面の表面組織は，岩石内部に古くから存在した破断面を認定する上で有用である．これまでの予察的観察によって得られた組織は，ボーリングのカッティングスから断層を見つけるための有用な指標になり得ると考え

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ている.

キーワード：断層ガウジ、断層角礫、カッティングス
Keywords: fault gouge, fault breccia, drill cuttings

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fault Displacement Assessment of Surface-rupturing Earthquakes for Nuclear Installations and the use of Physics-based Rupture Models

*Luis Angel Dalguer[1], Yoshimitsu Fukushima[2]

1. 3Q-Lab GmbH, 2. International Atomic Energy Agency

Surface-rupturing faulting is usually expected from large earthquakes, but this phenomenon has been also observed sometimes in moderate earthquakes. The coseismic fault displacement (defined as the surface rupture offset or slip on the free-surface) associated to earthquakes can seriously compromise the safety of critical infra-structures located near faults, such as bridges, dams, railroads, pipelines, nuclear installations (NI) and nuclear waste repositories. The draft IAEA specific safety requirements (Site Evaluation for Nuclear Installations No.SSR-1, DS484) requires that the capability for surface faulting shall be assessed for the site of a NI. But current practices of fault displacement hazard assessments (FDHA) are in general very challenging and quite limited because recorded fault displacement data to develop empirical models are very sparse, as such, at present very few empirical models with large uncertainty are available for this purpose. IAEA has already recognised this issue and currently is making the effort to implement the physics-based rupture modelling in practice for FDHA. In general for seismic hazard assessments (SHA), the empirical and physics-based rupture models complement each other and all available efforts are encouraged for the nuclear safety. These efforts have been discussed through different international working group activities, being the most outstanding two international workshops on **Best** Practices in **P**hysics-based Fault Rupture Models for **S**eismic **H**azard **A**ssessment of **N**uclear **I**nstallations (BestPSHANI) in 2015 and 2018. Here we discuss the feasibility of the use of Physics-based rupture models for FDHA and presenting couple of examples of fault displacement prediction of past earthquakes.

Keywords: Fault displacement, Fault displacement hazard assessment, Dynamic rupture modeling, Earthquake physics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震ハザード評価のための動力学的震源モデル：布田川断層帯・日奈久断層帯への応用（その2）
Dynamic rupture simulation for seismic hazard assessment: Application to the Futagawa and Hinagu fault zones (Part 2)

*加瀬 祐子[1]
*Yuko Kase[1]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Geological Survey of Japan, AIST

確率論的地震ハザード評価をおこなう上では，想定する地震の規模を推定するための破壊領域及びその発生頻度を評価する必要がある．その基礎情報を提供するために，動力学的破壊シミュレーションを利用することを提案する．加瀬ほか（2017）では，布田川断層帯と日奈久断層帯に手法を適用し，2016年熊本地震以前の情報を用いて作成した動力学的震源モデルによるシミュレーション結果を2016年熊本地震の破壊過程と比較した結果，高野–白旗区間北東端から始まる破壊は，高野–白旗区間と布田川区間に広がり，2016年熊本地震と同様の破壊過程を示した．本稿では，破壊開始点やその他の震源モデルのパラメータのばらつきが，シミュレーション結果に与える影響を調べた．

断層形状及び広域応力場は，加瀬ほか（2017）と同様に設定した．断層形状は，地震調査研究推進本部（2013）の活断層位置を基に，布田川断層帯の布田川区間と，日奈久断層帯高野–白旗区間及び日奈久区間が連続しているとし，長さ74.6 km，幅15 kmの鉛直なモデルを設定した．また，広域応力場は，Matsumoto *et al.*（2015）の応力インバージョン結果を基に，最小水平圧縮応力の向きと応力比を区間ごとに設定し，応力場推定の誤差も考慮して，27通りを設定した．また，主応力は深さに比例，中間主応力の向きは鉛直方向で，大きさはかぶり圧に等しいとした．

上記のモデルに対し，布田川区間南西端と高野–白旗区間南西端の2通りの破壊開始点を設定し，すべりに依存する摩擦構成則を仮定して，差分法（Kase and Day，2006）により動的破壊過程を計算した．最小水平圧縮応力及び破壊の始まる区間の応力降下量の深さに対する比例係数を変えてシミュレーションをおこない，1回の活動による各区間のすべり量を概ね再現できる比例係数を，試行錯誤的に求めた．

布田川断層帯布田川区間南西端から破壊が始まる場合に，破壊が及んだ区間すべてで右横ずれ量が観測値と調和的となったのは，布田川区間のみ破壊した場合だけであった．一方，日奈久断層帯高野–白旗区間南西端から破壊が始まる場合は，高野–白旗区間と布田川区間が連動した場合だけであった．これらの結果は，両区間の北東端から破壊を始めた加瀬ほか（2017）と調和的であり，布田川断層帯布田川区間と日奈久断層帯高野–白旗区間においては，破壊がどちらの端から始まるかは，連動の傾向に影響を与えていない．一方，産業技術総合研究所（2018）では，日奈久断層帯日奈久区間から破壊が始まる場合においては，北東端から破壊が始まる場合よりも，南西端から破壊が始まる場合の方が，高野–白旗区間へ破壊が広がりやすいという結果が得られている．この違いは，区間の長さによって説明できる．布田川区間の長さは18.6 km，高野–白旗区間は16.0 kmと比較的短いのに対し，日奈久区間は40.0 kmと長い．そのため，破壊の伝播の効果で連動しやすい南西端からの破壊と，そうではない北東端からの破壊の差が明瞭になっていると考えられる．

講演では，臨界変位量及び強度と応力降下量の比の値のばらつきによる影響についても述べる．

謝辞：本研究は，原子力規制庁「平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（確率論的地震ハザード解析に係る不確かさ要因の検討）事業」により実施されました．

キーワード：動力学的震源モデル、地震ハザード評価、布田川断層帯・日奈久断層帯
Keywords: dynamic rupture model, seismic hazard assessment, Futagawa and Hinagu fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然地震のすべりー長さスケーリング則と室内実験との距離の定量化
Quantification of gaps between slip-length scaling law of earthquakes and stick-slip experiments.

*大庭 伸一[1]、三井 雄太[2]
*Shinichi Oba[1], Yuta Mitsui[2]

1. 静岡大学総合科学技術研究科、2. 静岡大学理学部
1. Graduate School of Science and Tecnology, Shizuoka University, 2. Faculty of Science, Shizuoka University

Scaling relations of natural earthquake (over km scales) have been well studied, but their extension to smaller scales is difficult because of limited observation resolution. This study focuses on experimental stick-slip data and compares them with a slip-length scaling law of natural earthquakes. There seem gaps between the extension of the earthquake scaling and the stick-slip experiments. Here we perform correlation and multivariate analyses to investigate effects of apparatus type, mass and stiffness on the gaps. We find that a characteristic time composed of the mass and the stiffness shows a strong correlation with the gaps against the natural scaling in case of direct shear apparatus.

キーワード：スティックスリップ、地震すべり量-断層長さのスケーリング則
Keywords: stick-slip, earthquake slip-length scaling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

*Wang Jeen-Hwa[1]
*Jeen-Hwa Wang[1]

1. Academia Sinica
1. Academia Sinica

Earthquake recurrence is studied from the temporal variation in slip through numerical simulations based on the normalized form of equation of motion of a one-body spring-slider model with thermal-pressurized slip-weakening friction and viscosity. The wear process, whose effect is included in the friction law, is also taken into account in this study. The main parameters are the normalized characteristic displacement, U_c, of the friction law and the normalized damping coefficient (to represent viscosity), η. Define T_R, D, and t_D to be the recurrence time of events, the final slip of an event, and the duration time of an event, respectively. Simulation results show that T_R increases when U_c decreases or η increases; D and t_D decrease with increasing η; and t_D increases with U_c. The time- and slip-predictable model can describe the temporal variation in cumulative slip. When the wear process is considered, the thickness of slip zone, h which depends on the cumulated slip, $S(t)=\Sigma D(t)$, i.e., $h(t)=CS(t)$ (C=a dimensionless increasing rate of h with S) is an important parameter influencing T_R and D. U_c is a function of h and thus depends on cumulated slip, ΣU, with an increasing rate of C. In the computational time period, the wear process influences the recurrence of events and such an effect increases with C when $C>0.0001$. When viscosity is present, the effect due to wear process becomes stronger. Both T_R and D decrease when the fault becomes more mature, thus suggesting that it is more difficult to produce large earthquakes along a fault when it becomes more mature. Neither the time-predictable model nor the slip-predictable one can describe the temporal variation in cumulative slip of earthquakes under the wear process with large C.

キーワード：Earthquake、Recurrence、Slip、Friction、Viscosity、Wear
Keywords: Earthquake, Recurrence, Slip, Friction, Viscosity, Wear

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

*上西 幸司[1,2]、福田 優貴[2]、亀 伸樹[3]
*Koji Uenishi[1,2], Yuki Fukuda[2], Nobuki Kame[3]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻、2. 東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻、3. 東京大学地震研究所
1. Department of Advanced Energy, The University of Tokyo, 2. Department of Aeronautics and Astronautics, The University of Tokyo, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

In order to deepen our essential understanding of the connection between the local and the global or collective mechanical behavior of sets of geological faults in the solid earth, we have been performing laboratory rupture experiments using two-dimensional rectangular, linear elastic solid specimens with preset parallel cracks that model multiple fault planes under quasi-static tensile (mode-I) or tensile with in-plane shearing (mixed mode) loading conditions (Uenishi et al., SSJ Fall Meeting, 2017, 2018). Our special attention has been paid to the identification of when and how ruptures develop on each individual fault plane and interact with one another, and how the interaction influences the global nature of the solid. For that purpose, we have observed the local evolution of the isochromatic fringe patterns, i.e. the contours of the maximum in-plane shear stress, around the modeled fault planes in the photoelastic polycarbonate specimens with a high-speed digital video camera. At the same time, we have measured the global stress-strain relation utilizing a tensile testing machine that externally exerts a prescribed constant displacement rate to the specimen, and have compared its time history with the local observations of the isochromatic fringe patterns. Although the externally applied displacement or strain rate has been still in a relatively low, quasi-static range, the comparison may imply the effect of the local rupture development on the global properties of the solid specimen, and we have found that local rupture may not always propagate unidirectionally in the prepared specimens and ruptures may run into each other even on a single fault plane under very simple external loading conditions. We are now trying to investigate the mechanical characteristics of multiple fault sets that are subjected to more dynamic, impact loads and identify difference in the local-global relation, if any, between the dynamically-controlled and quasi-statically governed ruptures.

キーワード：fault rupture、fault stability、strain rate
Keywords: fault rupture, fault stability, strain rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

過渡的で強制的な伸張水平地殻歪の領域における非弾性変形
Inelastic deformation in a region of the transient and forced extensional horizontal crustal strain

*江口 孝雄、岩瀬 康行[1]
*Takao Eguchi, Yasuyuki Iwase[1]

1. 防衛大学校
1. National Defense Academy, Japan

2011年東北地方太平洋沖地震（*M*～9）による震源域でのリバウンド変動の直後の日本列島では、強制的な水平伸張変動が確認された。例えば、上盤リソスフェアの宮城県から山形県では概略東西方向の伸張であった。

本研究では、このような強制的な東西伸張変動の直後での島弧環境における「過渡的非弾性変形過程」を検討する。

問題を簡略化するため、島弧側での非弾性変形の主たる原因は２軸方向でなく特定の１方向の過渡的な伸長によると考えよう。

島弧は必ずしも等方均質弾性体ではないので、島弧内部での「既存の物質ブロックの境界（弾性定数コントラスト）」、「第四紀火山近傍の地熱地帯」、または「既存の活構造（活断層など）」の幾何学的形態に依存する非弾性変形様式が考えられよう。

上記の一方向伸張が付加された後の環境における非弾性変形体としての島弧での応力-歪の関係を論じよう。

その後の環境下での応力変化に対する応答は、少なくとも過渡的には時空間依存性のある非線形現象となり、線形弾性体の場合と異なるであろう。

特に、その後の応力変化が僅かであっても線形弾性体の場合よりも大きな歪がもたらされよう。

本論では、チキソトロピーなどのレオロジーを導入しつつ、幾何学的ブロック変形などを伴う島弧での非弾性変形に関する幾つかの考察モデルを提示する。

キーワード：非弾性変形、海溝型巨大地震直後の島弧系、ブロック変形、チキソトロピー
Keywords: inelastic deformation, island-arc system just after a greater interplate earthquake, block deformation, thixotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

表現定理とグリーン関数 (3) ー 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ー
Representation Theorem and Green's Function (3) -- Strain, Stress, and Density Perturbation Fields due to a Point Source Using 2nd Derivative of Green's Function in an Unbounded Homogeneous Isotropic Elastic Medium --

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]
*Masaya Kimura[1], Nobuki Kame[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo

地震発生に伴う物理現象の数理モデルにおいて，弾性変形場の歪み・応力・密度摂動との相互作用を考える問題においては，グリーン関数の空間2階微分の評価がしばしば必要となる．断層面上で応力と滑り速度の間に成り立つ境界積分方程式を用いた動的破壊問題の定式化はその典型である．近年，地震の即時検知の高度化の可能性として，地震発生に伴い光速で伝わる重力場・電磁場摂動の検出が提案されている．弾性波速度で広がっていく応力や密度の摂動は，ピエゾ電気・磁気や重力変化を引き起こす．このようなモデルにおいてもグリーン関数の2階微分の評価が必要になる．これらの研究では，震源をダブルカップル点震源とし，関連する物理量（電磁場摂動研究の場合は応力，重力場摂動研究の場合は密度摂動）に対して全無限グリーン関数（全無限均質等方弾性媒質中における動弾性グリーン関数の解析解）の空間2階微分を含む表現を導出している．全無限グリーン関数の空間2階微分の導出は，特段の難しさはないものの高次テンソルのため大変煩雑である．任意の力源に対して関連する物理量が全て統一的に記された公式を利用できれば，各自の研究テーマに専念でき便利であろう．

そこで本研究では，全無限グリーン関数の空間2階微分，およびこれを用いたモーメントテンソルで記述される点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現を導き公式として記す．この過程で得られるシングルフォース震源に対する表現式も同時に記す．次に，近年注目を集める地震の即時重力変化検出の研究について紹介し，弾性体中のダブルカップル震源が引き起こす重力摂動の理論モデル波形が，本稿の公式により簡便に，任意の震源に拡張されることを示す．また，公式の応用例として，地震により4象限型に動的に再分配される質量をマグニチュードの関数として導き概算を示す (Table 1).

Table 1. The relationship between M_w of an earthquake and dynamically induced quadratic earthquake mass redistribution.

Reference: 木村将也・亀伸樹, 2018, 表現定理とグリーン関数 (3) ー 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ー, 地震2, 71, 153-160, doi:10.4294/zisin.2017-20

キーワード：グリーン関数
Keywords: Green's Function

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

M_w	$\delta m^{DQM}(M_w) = 10^{1.5M_w+1}[\mathrm{kg}]$
1.0	$10^{2.5} \sim 3 \times 10^2$
2.0	$10^{4.0} \sim 1 \times 10^4$
3.0	$10^{5.5} \sim 3 \times 10^5$
4.0	$10^{7.0} \sim 1 \times 10^7$
5.0	$10^{8.5} \sim 3 \times 10^8$
6.0	$10^{10.0} \sim 1 \times 10^{10}$
7.0	$10^{11.5} \sim 3 \times 10^{11}$
8.0	$10^{13.0} \sim 1 \times 10^{13}$
9.0	$10^{14.5} \sim 3 \times 10^{14}$

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層面上における高周波励起現象の解釈を可能にするすべり速度・破壊伝播速度変化の可視化手法

Development of a method of visualization of abrupt changes in slip-rate and rupture velocity toward better understanding of high-frequency radiation on a fault.

*鮎貝 崇広[1]、八木 勇治[2]、奥脇 亮[3]、茅野 奎太[3]、清水 宏亮[3]
*Takahiro ayukai[1], Yuji Yagi[2], Ryo Okuwaki[3], Keita Kayano[3], Kousuke Shimizu[3]

1. 筑波大学生命環境学群、2. 筑波大学大学院 生命環境系、3. 筑波大学大学院生命環境科学研究科
1. School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, 3. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

地震破壊時に断層にて放射される地震波の高周波成分は，断層面上におけるすべり速度と破壊伝播速度の急変によって励起されることが理論的研究 (例えばSpudich and Frazer, 1984, BSSA) によって予想されてきた．波形インバージョン法は，観測波形を説明しうる震源過程モデルを構築することで，断層面上におけるすべり速度の時空間分布を推定する手法である．波形インバージョン法では，平面断層を仮定した上でそれを格子状に分割し，その分割領域ごとのすべり速度の時間変化が重み付けされた基底関数の重ね合わせによって計算される．一方，Back Projection (BP) 法（Ishii et al., 2005, Nature）やHybrid BP (HBP) 法（Yagi et al., 2012, EPSL）は，観測波形を用いて地震波の放射源を推定する手法である．BP/HBP法は，波形インバージョン法では取り扱うことが難しい地震波の高周波成分に適用することができ，高周波励起源の推定に用いられてきた．これまで，BP/HBP法と波形インバージョン法を用いた統合的な解析によって高周波励起現象と破壊過程の関係が議論されてきたが，BP/HBP法によって求まる高周波イメージとすべり速度や破壊伝播速度との物理的な対応は必ずしも確立されておらず，断層面上での高周波励起現象と破壊過程の議論は，間接的かつ定性的な性質に留まっていた．

本研究は，波形インバージョン法によって得られるすべり速度の時空間分布を用いて，断層面上におけるすべり速度の変化と破壊伝播速度の変化を直接計算する手法を開発し，高周波励起に関係する破壊過程を定量的に検証することを目的とする．本手法において，断層面上のある領域におけるすべり速度時間関数のうち最大となる時のすべり速度をその領域での代表的なすべり速度，また，すべり速度時間関数が最大となるときの時刻を代表的な破壊の時刻であるとし，代表的なすべり速度の分布に対して空間勾配を計算することで，すべり速度の変化を求めた．また，代表的な破壊の時刻と破壊が一定の速度で伝播した時の時刻との差の空間勾配を計算することで，破壊伝播速度の変化を求めた．すべり速度・破壊伝播速度変化の抽出には，Yagi and Fukahata (2011, GJI) の手法 (以下，YF11とする) で求めた震源過程モデルを用いた．YF11は，グリーン関数の不確定性を観測誤差の共分散成分として考慮することで，従来手法に比べてすべり速度時間関数に対する基底関数の数を増加させることを可能とし，推定されるすべり速度時間関数の高い分解能を実現したことで，観測波形の高周波成分をより説明できるすべり速度時間関数を得ることに成功している．したがって，YF11により求められたモデルを用いることで，高周波励起に関与するすべり速度・破壊伝播速度の変化を抽出できることが期待される．

本研究で開発した手法を，2015年ネパール・ゴルカ地震 (M_W 7.9) と2010年チリ・マウレ地震 (M_W 8.8) に適用し，すべり速度・破壊伝播速度の急変域を求めた．すべりモデルはそれぞれ，Yagi & Okuwaki (2015, GRL)，Pulido et al. (2011, EPS) を用いた．解析の結果，両者の地震において，大すべり域のうち震源に近い方の端においてすべりが急加速し，震源から遠い方の端においてすべりが急減速している様子が推定された．また，破壊が大すべり域に差し掛かる直前と大すべり域から抜けた直後に破壊が急減速しており、すべり

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

速度の急変よりも破壊伝播速度の急変の方が早いタイミングで生じている様子も推定された．さらに，本解析結果とHBP法により求めた高周波励起源 (Yagi and Okuwaki, 2015, GRL; Okuwaki et al., 2014, Sci. Rep) の比較を行った．2つの地震について，本解析で得られた急変域の空間分布とHBP法による強い高周波励起の空間分布は調和的であった．本研究によって，高周波励起源の原因であるすべり速度と破壊伝播速度の急変が時空間的に独立して生じていることが明らかとなり，本結果は，大すべりを伴う巨大地震の破壊過程を理解する上で重要となる．

キーワード：高周波励起、波形インバージョン法、すべり速度、破壊伝播速度、2015年ネパール・ゴルカ地震、2010年チリ・マウレ地震
Keywords: High frequency, Waveform inversion, Slip rate, Rupture velocity, 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, 2010 Maule, Chile, earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インバージョン法を用いた震源過程解析に見られる諸問題
Issues in earthquake-source-inversion analysis, evaluated through singular value decomposition

*茅野 奎太[1]、八木 勇治[1]、奥脇 亮[1]、清水 宏亮[1]
*Keita Kayano[1], Yuji Yagi[1], Ryo Okuwaki[1], Kousuke Shimizu[1]

1. 筑波大学
1. Tsukuba University

震源過程のインバージョン解析では，震源過程に対して先験的に得られた情報を用いることで,観測データに対する震源過程モデルの構築を安定化することができる．とくに観測データに対する先験的情報の重みの評価に赤池・ベイズ情報量規準(ABIC; Akaike, 1980) を用いることで，観測データがモデルを拘束する強さを一意に決めることができる．しかし，観測データ・先験的情報それぞれが拘束する像が，モデルでどのように発現するか把握しない限り，仮定した先験的情報とその重みの妥当性を評価することは難しい．モデルの拘束は，震源過程モデルから観測データ・先験的情報を写像するカーネルが実行するため，カーネルの構成要素を基準にモデルを眺めることで，観測データ・先験的情報が拘束する像の特性を捉えることができる．そこで本研究は, 2016 年熊本地震(M_W7.0) の震源過程に対する線形インバージョン解析において，カーネルを特異値分解して得られた特異値・特異ベクトルによりモデルを基底展開した. さらに，観測データに対する先験的情報の重みを ABIC 評価値より強化，および弱化したときの特異値・特異ベクトルの特徴を, モデルの平滑化条件および L2 ノルム最小化条件をそれぞれ先験的情報とした場合で調べた．観測データ・先験的情報の誤差はガウス分布に従うとし，観測データに対する先験的情報の分散比を先験的情報の重みとした．観測データには，Global Seismographic Network 27 地点で記録された遠地実体波P 波速度波形の上下動成分を用いた．そして，断層破壊領域として仮定した長さ42 km，幅12 km の矩形領域に対して, 空間方向へ 2 km 間隔，時間方向へ0.3 秒間隔で与えた5 成分の基底モーメントテンソル(Kikuchi & Kanamori, 1991) の重みをモデルパラメターとした．5成分の基底モーメントテンソルをモデルの記述に用いることで，断層滑りと断層形状の時空間変化を同時に震源過程としてモデル化することができる(Shimizu et al., 2019, under review).

2016 年熊本地震では北西傾斜・北東走向の日奈久断層・布田川断層でそれぞれ，右横ずれ・正断層を伴う右横ずれの滑りが発生したことが，余震分布, 地表地震断層の露出位置・変位から示唆されている(Yoshida et al., 2016; Shirahama et al., 2016). 平滑化条件下の解析で推定されたモーメント速度テンソルの空間分布は, ABIC を用いた場合，破壊開始後5 秒で北東走向の右横ずれ滑り，破壊開始後9 秒で北東走向の正断層を伴う右横ずれ滑りを示し，余震分布・地表地震断層の特徴と整合的であった．一方, 先験的情報の重みを強めた場合では，破壊開始後5 秒において東西走向で北側隆起の垂直滑りが卓越し, 弱めた場合では，破壊開始後9 秒において逆断層滑りが見られたため, 余震分布・地表地震断層の特徴を説明できなかった. 平滑化条件下で特異値分解を行い, どのような因子がモデルを定めているか検討したところ, 先験的情報の重みを強めた場合は, グリーン関数(観測データのカーネル)の振幅特性を有する特異ベクトルが強調されたモデルが, 弱めた場合では, 先験的情報に対するカーネルが定める特異ベクトルの特性が反映されたモデルが得られていることがわかった. 観測データ・先験的情報に対するカーネルはそれぞれモデルを歪める因子を内包しており, 先験的情報の重みの強弱によりそれぞれの因子の発現の強弱が変化し, モデルが歪められる構造になっていた. L2 ノルム最小化条件下の解析で推定されたモーメント速度テンソルの空間分布は，ABIC を用いたにも関わらず破壊開始後5 秒において東西走向・北側隆起の垂直滑りが卓越していた．L2 ノルム最小化条件下では, グリーン関数から構築される特異値・特異ベクトルの特性が保持されているため，先験的情報の重みに関係なく，グリーン関数の振幅特性を有する特異ベクトルでモデルが強調されていた.

本研究から，平滑化条件下では, ABIC に基づいたインバージョン解析が, 観測データ・先験的情報が持つモ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

デルを歪める因子の発現が顕著にならないように機能することがわかった．さらに，ノルム最小化条件を用いたインバージョン解析は，たとえABIC に基づいたとしても, グリーン関数の振幅特性がモデルが歪めるため, うまく機能しないことがわかった.

キーワード：特異値分解、先験的情報、平滑化、L2 ノルム最小化、グリーン関数、赤池・ベイズ情報量規準
Keywords: singular value decomposition, prior information, smoothing, L2 norm minimization, Green’s function, Akaike's Bayesian Information Criterion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Source process of recent M6-class inland earthquakes in Japan

*柴田 律也[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、井出 哲[2]
*Ritsuya Shibata[1], Naofumi Aso[1], Junichi Nakajima[1], Satoshi Ide[2]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

In recent years, inland earthquakes frequently occur in Japan including the 2016 Kumamoto earthquake (Mw7.0). Among them, M6-class events are the best targets to study the mechanics of two-dimensional rupture propagation, since smaller events are more difficult to study finite slip distribution while rupture area of larger events tend to be restricted in depth. For this purpose, we investigate the source process of the 2016 Central Tottori earthquake (Mw6.2) and the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (Mw6.6), which are characterized by strike-slip and reverse-fault types, respectively, by applying slip inversion to strong-motion seismograms.

We use KiK-net stations deployed and maintained by NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience) within 50 km from the epicenter for both earthquakes. Fault geometry is assumed to be same as Kubo et al. (2017) for the 2016 Central Tottori earthquake, while we assume the fault geometry of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake from the aftershock distribution. Fault discretization, source duration, source time discretization, and band-pass filters are optimized manually for each event.

Regarding 2016 Central Tottori earthquake, there has been discrepancies between previous studies. While Kubo et al. (2017) reported the slip of 0.3–0.6 m widely distributed over 5×8 km^2, Ross et al. (2018) estimated concentrated slip of >4 m in 3×3 km^2. Recently, Meneses-Gutierrez et al. (2019) obtained the slip of 1–2 m over 5×5 km^2 by analyzing GNSS (Global Navigation Satellite System) data. Our results mainly agree with Kubo et al. (2017), but larger slip is distributed more heterogeneously in our model because we do not apply smoothing. The concentration of slip near the hypocenter as reported by Ross et al. (2018) is also confirmed especially when we use finer model resolution. Therefore, the discrepancy reported in the previous studies may be due to the resolvability of slip with strong directivity in ordinary finite fault inversion, which usually requires sparse discretization and/or a smoothing constraint.

As a result of slip distribution of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, we obtained the slip in between right-lateral strike-slip type and reverse-fault types at the beginning, which is consistent with the mechanism determined by JMA (Japan Meteorological Agency) using first-motion polarities, while total slip is predominated by the reverse-fault component, which is consistent with the CMT (centroid moment tensor) solution determined by NIED using surface wave amplitudes. The final slip is separated in the shallow part and the deep part, similar to the distribution of aftershocks.

In both earthquakes, the rupture tends to expand in the direction parallel to the slip regardless of the rake direction. The prevailing mode II rupture over mode III rupture is consistent with the expectation from rupture mechanics (e.g., Day, 1982; Madariaga et al., 1998).

キーワード：鳥取県中部地震、北海道胆振東部地震、内陸地震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 2016 Central Tottori earthquake, 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, inland earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Expected slip direction on assumed fault planes of large earthquakes inferred from stress field after the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、清水 洋[2]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ
*Ayaho Mitsuoka[1], Satoshi Matsumoto[2], Azusa Shito[2], Hiroshi Shimizu[2], Group for urgent joint seismic observation of the 2016 Kumamoto earthquake

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University

In order to understand generation of earthquake, knowing the force acting on a fault plane is the great interest problem for us. We should find with which direction and magnitude a fault plane slips. Shear and normal stresses on a fault plane can be estimated from the stress field around a fault. Maximum shear stress direction on a fault plane constrains the slip direction of an earthquake on the fault based on Wallace-Bott hypothesis. In this study, we estimated the maximum shear stress directions on some fault planes from the stress field at hypocentral area of the 2016 Kumamoto earthquake sequence.
The 2016 Kumamoto earthquake sequence occurred at Hinagu and Futagawa fault zones in Kumamoto prefecture, central Kyushu Island, Japan. The area was high seismicity area before the sequence. The largest foreshock with Mj 6.5 (Mj: magnitude by Japan Metrological Agency) on April 14, 2016 was located in Hingau fault zone. The mainshock (Mj 7.3) occurred on April 16, 2016. Many earthquakes occurred around these faults after the mainshock and continue until now. Some fault planes are determined from the aftershock hypocenter distribution.
Maximum shear stress direction on a fault is a projection of a traction vector that is calculated from the fault geometry and the stress field. In other word, we can consider slip direction on a fault from stress tensor and fault geometry. In the hypocentral area of the 2016 Kumamoto Earthquake sequence, evaluation of strong ground motion is important to mitigate damage of further coming earthquake. Slip direction is one of the key for the evaluation. Here, we showed expected slip direction on fault plane proposed by Iwata et al. [2019] from their geometry and the stress field estimated by Mitsuoka et al. [2019] using the seismic moment tensors.Most of the expected slip direction on the assumed faults reveal either simple strike slip or normal fault types. However the maximum shear stress directions on some faults change to have large upward component at shallow depth. The result suggests complicated slip could occur on the candidate faults in a case of large earthquake faulting.

キーワード：応力場、剪断応力、2016年熊本地震
Keywords: stress field, shear stress, 2016 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震による繰り返し地震の震源パラメータ変化
Spaciotemporal change of source parameters of repeaters due to the 2011 Tohoku-Oki earthquake

*立岩 和也[1]、岡田 知己[1]、河野 俊夫[1]、内田 直希[1]
*Kazuya Tateiwa[1], Tomomi Okada[1], Toshio Kono[1], Naoki Uchida[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

東北日本の太平洋プレート沈み込み帯では多くの小繰り返し地震が発生している。これら繰り返し地震の震源特性やその時空間変化を理解することは、プレート運動に伴う載荷速度や繰り返し地震と同じ構造で発生すると考えられる大規模地震の発生メカニズムなどを理解するうえで重要な手掛かりとなる。本研究では2011年東北地方太平洋沖地震（本震）の前後（2011年の前後５年）にプレート境界で発生した繰り返し地震について、地震観測波形を用いて推定される震源パラメータの変化について調べた。なお、本研究で解析対象となる繰り返し地震は約3000系列で総数は約7000個である。本発表では岩手県釜石沖と岩手県岩泉で発生した繰り返し地震の特徴について述べる。

釜石沖では繰り返し間隔がおよそ５年でM4.9前後の地震が起きていたのだが、本震直後は繰り返し間隔が非常に短くなり、またマグニチュードも非常に大きくなった。その後は繰り返し間隔、マグニチュード共に本震前の傾向に近づいている。スペクトル比法から求めた応力降下量については、本震前は約14 MPaであったが、その後はバラつきがあるものの本震前よりも小さくなっていき、1-3 MPa程度に落ち着いていく様子が見られる。コーナー周波数から断層半径を推定しその時間変化を見ると、本震前は約1 kmであったが本震直後はおよそ５倍にまで大きくなったことが分かった。また、断層半径についても時間の経過とともに本震前のサイズに戻っていく様子が見られたが、これはすべりインバージョンによって破壊域を求めたUchida et al. (2015)の結果と一致するものである。このような本震前後の変化は本震の余効すべりの影響によると考えられる。

一方、岩泉で発生する繰り返し地震は本震前後での明瞭なマグニチュードの変化や応力降下量の変化は見られなかった。もし、この地域が釜石沖よりも本震の余効すべりの影響をあまり受けていないとすれば、釜石沖と異なり、東北沖地震の影響が小さい可能性が考えられる。一方、コーナー周波数の方位分布から破壊の指向性を推定すると、M4以上の繰り返し地震では指向性が現れないのに対して、小さな地震では指向性が現れることが分かり、これらの繰り返し地震が複雑な破壊からなることが示唆される。岩泉の繰り返し地震は複合的な破壊を起こすことがあるという先行研究（荒尾・他, 2007）もあるため、この地域では、複合的な破壊や小破壊間の相互作用も繰り返し地震の発生様式に関わることが考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総スロースリップイベントのすべり分布とすべり速度ー応力の関係
Slip distributions and relation of slip-rate and shear stress for the Boso slow slip events

*小林 琢磨[1]、佐藤 利典[2]
*Takuma Kobayashi[1], Toshinori Sato[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 千葉大学大学院理学研究院
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. Graduate School of Science, Chiba University

房総半島沖合のプレート境界では地震波を放射せずにゆっくりとすべるスロースリップイベント（SSE）が、GNSS観測が開始した1996年から2018年までに6回検出されている。本研究ではこれまでの6回のSSEを統一的な手法に基づいて解析を行い、プレート境界面の摩擦特性の理解に迫ることを目的としている。

用いたデータは国土地理院による日々の座標値（F3解）である。SSEによる変動を抽出するために線形トレンドや季節変動などを除き、なめらかなフィッティングを行って3日間ごとの変動を取り出した。次にその変動データからABICインバージョン法を用いてすべり分布を推定した。求めたすべり分布からCoulomb 3.3を用いて応力変化の計算を行った。

解析の結果、各SSEですべり量やすべり中心の場所に違いがあることがわかった。最大すべり量が1996年と2014年は7 cmほど、その他の年（2002, 2007, 2011, 2018）では14-20 cmであった。また1996年と2014年はすべりの発生から収束までほぼ同じ領域で推移したのに対し、他の4つのイベントはすべりがより浅い南方へと広がった。剪断応力変化は主なすべり領域で0.1-0.3 MPaほどであった。対数すべり速度と剪断応力変化の関係から、SSEの開始期から安定活動期、収束期の流れが見え、安定活動期の軌跡の傾きは深さとともに大きくなっていた。

断層面のすべりを考える際に速度状態依存摩擦則を用いた。定常状態の摩擦強度を表す式から、対数すべり速度と摩擦強度のグラフ上で定常状態摩擦の線の傾きは、摩擦パラメータ$a-b$　と有効法線応力σnの積で表せる。SSEは準静的な安定すべりであり、その場の剪断応力変化は摩擦抵抗と釣りあっていると考えられる。上の摩擦則を用いた準静的すべりシミュレーションのモデル実験結果と本研究の結果を組み合わせることで、SSEの安定活動期の対数すべり速度と剪断応力変化の傾きを利用して、房総沖のイベント時の摩擦パラメータや有効法線応力を推定する事ができる。$a-b$=-0.003と仮定すると、傾きから有効法線応力は2ー20MPaほどであることが分かった。これはその深さにおける静岩圧よりはるかに小さな値であり、非常に高い間隙水圧の存在を示唆している可能性がある。

謝辞：解析では国土地理院の日々の座標値（F3解）とUSGSのCoulomb 3.3プログラムを使用しました。記して感謝します。

キーワード：スロースリップ、すべり速度、応力変化、有効法線応力、速度状態依存摩擦則
Keywords: slow slip, slip rate, stress change, effective normal stress, rate and state dependent friction low

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震後に活発化した茨城県北部の地震活動：内陸地震の繰り返し

Repeating inland earthquakes in northern Ibaraki Prefecture activated after the 2011 Tohoku-Oki earthquake

高橋 諒[1]、*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、松澤 暢[1]
Ryo Takahashi[1], *Keisuke Yoshida[1], Akira Hasegawa[1], Toru Matsuzawa[1]

1. 東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター
1. Tohoku University

2016年12月28日に茨城県北部で発生した M6.3の地震は，2011年3月19日 のM6.1茨城県北部の地震と同一の断層で，再び滑りを生じさせた可能性が指摘されている (Fukushima et al., 2018; Uchide, 2017, JpGU)。内陸断層においてそのような短期間に同一の場所で繰り返し地震が発生するという報告例は非常に珍しく，その発生過程を詳細に調べることは地震発生サイクルの理解のために非常に重要であると考えられる。本講演では，空間分解能の上では地表で得られる測地データよりも高い解像度を持つ地震の震源データを用いることにより，2011年と2016年の地震の発生過程について調べている内容について紹介する。

最初に，地震波形の相互相関を用いて茨城県北部で発生した地震の震源位置の再決定を行った。対象としたのは気象庁一元化カタログ記載の 2003年から 2018年10月31日までM_{JMA}>2の地震 13,410個である。Yoshida & Hasegawa (2018)と同様に，波形相関により求めた精密な P, S波の相対到達時刻差データを用いた Double-Difference法 (Waldhauser & Ellsworth, 2002)により，相対震源決定精度を大幅に向上させた。

得られた震源分布は複雑な特徴を持つものの，茨城県北部地域においては西傾斜する一枚の卓越した面構造が見られ，メカニズム解との比較からもこの面が 2011年や2016にM6の地震を生じさせた断層面に対応すると考えられる。 2016年のM6地震後に周辺で震源の面構造が新たに生じると言うことは無く，余震のほとんどは以前から見えていたと同じ面に集中して分布する。このことは，2016年のM6.3の地震が 2011年に発生した M6.1の地震と同じ断層面で滑りを生じさせたとする Fukushima et al. (2017)らの推定結果を支持する。

M6規模の地震が同一場所で繰り返して発生したとすると，それより小さい規模の地震も同様に同じ場所で繰り返し生じていたかもしれない。詳細な震源位置と波形相関に基づき，M>2の地震の発生場所を調べた結果，M6規模の地震の主要な破壊域（Fukushima et al., 2018）の周囲に，それを取り囲むように繰り返し地震と推定される多数の地震群が見出だされた。これらの小繰り返し地震は、M6規模の地震の後に生じた余効滑りが原因で発生したと考えられる。Nadeau & Johnson (1998)による地震モーメントと滑り量の関係式に基づくと，場所にもよるが同一箇所で数十センチ程度と，本震滑りと同程度のすべりが生じていたことが推定され，その大きさはおよそ本震の滑り量と同程度であった。また、2011年の地震後の方が、2016年の地震後よりも滑り量が大きく、Fukushima et al. (2018)の推定と一致する。これらのことは，余震の発生や地震発生サイクルの理解のために，本震による応力変化の影響のみならず，本震後の余効滑りが大きく影響していることを意味する。

キーワード：earthquake cycle、northern Ibaraki earthquake、aftershock
Keywords: repeating earthquake, afterslip, the 2011 Tohoku-Oki earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

[SSS14-P01] クラックを含んだ庵治花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測定

*田中 仁貴[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

[SSS14-P02] 石英ガウジの摩擦特性に対する滑石含有量の影響

白鬚 里彩子[1]、多々良 祈里[1]、*平内 健一[1]、竹村 貴人[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.日本大学文理学部地球科学科)

[SSS14-P03] 石英質岩石の中速摩擦強度の支配要因

*金川 久一[1]、杉田 明日郁[2]、高橋 美紀[3]、澤井 みち代[1] (1.千葉大学理学研究院、2.千葉大学理学部、3.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SSS14-P04] 半遠洋性堆積物の続成作用に伴う摩擦・透水特性の変化

*岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、山口 飛鳥[3] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.広島大学大学院地球惑星システム学専攻、3.東京大学大気海洋研究所)

[SSS14-P05] 流体急減圧と流体流動によるシリカ析出の比較および断層特性への影響

*新部 貴理[1]、岡本 敦[1]、天谷 宇志[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

[SSS14-P06] 二軸摩擦試験機によるSlide-Hold-Slide実験中の反射波と透過波の時間変化

*植村 美優[1]、伊藤 喜宏[2]、片山 郁夫[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS14-P07] Monitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda wavesMonitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda waves

*Fan XIE[1]、Yaqiong REN[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P08] Longer duration of meta-instability stage of laboratory earthquakes on a 1.5m granite fault

*yaqiong Ren[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

[SSS14-P09] シュードタキライトから見積もる地震時の摩擦熱と壁岩破壊量

*長手 彩夏[1]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P10] Porosity variation of fault rocks accompanied the Median Tectonic Line in Shikoku, southwestern Japan

*池田 倫治[1]、辻 健[2]、辻 智大[1]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所、2.九州大学、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P11] Characteristics of inactive section of the Median Tectonic Line from drillcore samples in Shikoku, southwestern Japan

*内田 嗣人[1]、池田 倫治[1]、辻 健[2]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3] (1.株式会社四国総合研究所土木技術部、2.九州大学工学研究院、3.四国電力株式会社)

[SSS14-P12] 未固結断層岩のクラストの表面及び内部組織とその重要性

*東郷 徹宏[1]、嶋本 利彦[2]、澤井 みち代[3] (1.THE EARTH、2.中国地震局地質研究所、3.千葉大学)

[SSS14-P13] **Fault Displacement Assessment of Surface-rupturing Earthquakes for Nuclear Installations and the use of Physics-based Rupture Models**

*Luis Angel Dalguer[1]、Yoshimitsu Fukushima[2] (1.3Q-Lab GmbH、2.International Atomic Energy Agency)

[SSS14-P14] 地震ハザード評価のための動力学的震源モデル：布田川断層帯・日奈久断層帯への応用（その2）

*加瀬 祐子[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS14-P15] 自然地震のすべりー長さスケーリング則と室内実験との距離の定量化

*大庭 伸一[1]、三井 雄太[2] (1.静岡大学総合科学技術研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS14-P16] Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

*Wang Jeen-Hwa[1] (1.Academia Sinica)

[SSS14-P17] On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

*上西 幸司[1,2]、福田 優貴[2]、亀 伸樹[3] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻、3.東京大学地震研究所)

[SSS14-P18] 過渡的で強制的な伸張水平地殻歪の領域における非弾性変形

*江口 孝雄、岩瀬 康行[1] (1.防衛大学校)

[SSS14-P19] 表現定理とグリーン関数 (3) ― 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ―

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS14-P20] 断層面上における高周波励起現象の解釈を可能にするすべり速度・破壊伝播速度変化の可視化手法

*鮎貝 崇広[1]、八木 勇治[2]、奥脇 亮[3]、茅野 奎太[3]、清水 宏亮[3] (1.筑波大学生命環境学群、2.筑波大学大学院 生命環境系、3.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

[SSS14-P21] インバージョン法を用いた震源過程解析に見られる諸問題

*茅野 奎太[1]、八木 勇治[1]、奥脇 亮[1]、清水 宏亮[1] (1.筑波大学)

[SSS14-P22] **Source process of recent M6-class inland earthquakes in Japan**

*柴田 律也[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、井出 哲[2] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[SSS14-P23] Expected slip direction on assumed fault planes of large earthquakes inferred from stress field after the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、清水 洋[2]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SSS14-P24] 2011年東北沖地震による繰り返し地震の震源パラメータ変化

*立岩 和也[1]、岡田 知己[1]、河野 俊夫[1]、内田 直希[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS14-P25] 房総スロースリップイベントのすべり分布とすべり速度－応力の関係

*小林 琢磨[1]、佐藤 利典[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院理学研究院)

[SSS14-P26] 2011年東北沖地震後に活発化した茨城県北部の地震活動：内陸地震の繰り返し

高橋 諒[1]、*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、松澤 暢[1] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

クラックを含んだ庵治花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測定
Measurement of shear-wave polarization anisotropy in crack-bearing Aji granite during shear experiment

*田中 仁貴[1]、片山 郁夫[1]
*Jinki Tanaka[1], Ikuo Katayama[1]

1. 広島大学
1. Hiroshima University

The stress drop at the time of the earthquake not only releases the stress applied to the fault plane but also causes the rotation of the principal stress axis applied to the fault plane. In fact, the change in the direction of the principal stress axis after the earthquake is reported by the mechanism solution of aftershocks and the seismic wave anisotropy(e.g. Tadokoro and Ando 2002; Boness and Zoback 2006). It is thought that this is because the closing (opening) direction of the cracks around the fault plane correspond to the stress axis. Therefore, in this study, the elastic wave velocity was monitored during the shear experiment of the rock and the relation between the shear stress and the principal stress axis and elastic wave velocity was measured in the laboratory. Since the shear-wave polarization anisotropy has a characteristic which is sensitive to the direction of the crack, measurement of different vibration components of S wave is performed in addition to measurement of P wave velocity.

For the experiment, we investigated the change in elastic wave velocity according to shear deformation using a High-T biaxial frictional testing machine in Hiroshima University. For the experimental samples, Aji granite which generated thermal cracks inside by heating to 600 degrees Celsius was used. In the shear experiment, it was carried out by loading the central rock block at a constant speed while keeping the vertical stress constant. The shear sliding velocity was about 0.9 μm/s and the normal stress was 5 MPa. For measurement of elastic waves, probes with a resonance frequency of 1 MHz (manufactured by Olympus Corporation) were used, and S wave and P wave were measured by pulse transmission method. The propagation direction of elastic wave is parallel to the shear plane and perpendicular to the shear sliding direction, and for the S wave, we measured two components, wave (SH) oscillating in the plane orthogonal to the shear plane and wave (SV) oscillating parallel to the shear plane.

From the experimental results, with the increase of the shear stress, it was found that the velocity of SH wave rises earlier and the SV wave rises late. In addition, there was a phenomenon in which the initial motion of the SV wave jumped suddenly as the shear stress increased. This means that when the shear stress is low and the maximum principal stress axis in the sample is close to the direction of the normal stress, the shear direction cracks are frequently closed and the SH wave velocity increases, and the shear stress increases, when the inclination of the maximum principal stress axis becomes steeper with respect to the normal stress, it is considered that the direction of the crack which closes is correspondingly inclined. In this way, since the SH wave and SV wave behave differently due to the increase of the shear stress and the corresponding change of the principal stress axis angle, by utilizing this property, a good index for monitoring the stress state around the fault.

キーワード：地震予測、S波偏向異方性
Keywords: Earthquake prediction, Shear-wave polarization anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石英ガウジの摩擦特性に対する滑石含有量の影響
Effects of talc content on frictional properties of quartz gouge

白鬚 里彩子[1]、多々良 祈里[1]、*平内 健一[1]、竹村 貴人[2]
Risako Shirahige[1], Inori Tatara[1], *Ken-ichi Hirauchi[1], Takato Takemura[2]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 日本大学文理学部地球科学科
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University

Phyllosilicates have low coefficients of friction and an effect of weakening fault strength. To understand effects of talc content on frictional strength and sliding stability, we conducted frictional sliding experiments on dry gouge mixtures of quartz and talc at room humidity, room temperature, a normal stress of 10 MPa and sliding velocities of 0.66–2 μm/s, using a single direct-shear apparatus. The coefficient of friction for the mixture ranged from 0.18 to 0.69 and fell between pure quartz and talc values. The overall trend was a decrease in the coefficient of friction with increasing talc content. The velocity dependence of friction, ($a-b$), ranged from −0.0018 to 0.0039 and increased with increasing talc content. The ($a-b$) values are highest in the mixture with a talc content of 80 wt.%. For the mixture with talc contents below 10 wt.%, the ($a-b$) values become negative, with the occurrence of slow to fast stick-slip behavior.

キーワード：摩擦、スティック・スリップ、断層弱化、層状珪酸塩
Keywords: friction, stick slip, fault weakening, phyllosilicate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石英質岩石の中速摩擦強度の支配要因
Mechanism controlling the frictional strength of quartz rocks at intermediate slip rates

*金川 久一[1]、杉田 明日郁[2]、高橋 美紀[3]、澤井 みち代[1]
*Kyuichi Kanagawa[1], Asuka Sugita[2], Miki Takahashi[3], Michiyo Sawai[1]

1. 千葉大学理学研究院、2. 千葉大学理学部、3. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門
1. School of Science, Chiba University, 2. Faculty of Science, Chiba University, 3. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan

Frictional strength of quartz rocks is known to be extraordinary low at subseismic slip rates ranging from 1 mm/s to 10 cm/s, which has been ascribed to the hydration of comminuted amorphous silica, i.e., silica gel. In order to testify this hypothesis, we conducted rotary-shear friction experiments on intact agate or silica gel gouge at a normal stress of 1.5 MPa and slip rates (V) ranging from 1 mm/s to 10 cm/s. We also measured temperature (T) adjacent to the slip surface or the gouge layer during the experiments.

Steady-state friction coefficient of agate μ_{ss} was ≈0.6 at V = 1 mm/s, ≈0.5 at V = 7 mm/s, and ≦0.1 at V = 10 cm/s. T was ≈25˚C at V = 1 mm/s, ≈30˚C at V = 7 mm/s, and up to 85˚C at V = 10 cm/s, but the actual temperature along the slip surface must have been much higher. μ_{ss} of silica gel gouge was ≈0.7 at V = 1 mm/s, 0.4–0.5 at V = 7 mm/s, and ≦0.2 at V = 10 cm/s. T was 25–28˚C at V = 1 mm/s, 30–37˚C at V = 7 mm/s, and 80–100˚C at V = 10 cm/s, but again, the actual temperature in the gouge layer must have been much higher.

Thus our results show that agate or silica gel exhibits weakening with increasing T, and that the presence of silica gel does not reduce the frictional strength when T is not high enough. Shear strength of quartz rocks is high so that significant amount of frictional heat would be produced at asperity contacts even at V ≈1 cm/s, which must be responsible for weakening of quartz rocks at intermediate slip rates.

キーワード：めのう、シリカゲル、摩擦強度、中速
Keywords: agate, silica gel, frictional strength, intermediate slip rates

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

半遠洋性堆積物の続成作用に伴う摩擦・透水特性の変化

Evolution of hydraulic and frictional properties of incoming hemipelagic sediments during diagenetic reactions

*岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、山口 飛鳥[3]
*Keishi Okazaki[1], Ikuo Katayama[2], Asuka Yamaguchi[3]

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 広島大学大学院地球惑星システム学専攻、3. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Dept. of Earth & Planetary Systems Science, Hiroshima University, 3. AORI, the University of Tokyo

Deployments of seismic and geodetic observation networks had revealed the activity of slow earthquakes along the subduction plate boundaries, which are characterized as intermediate fault slip rate between earthquake (~1m/s) and stable sliding along the plate boundary (~1 nm/s). Diagenesis of subducting sediments has stimulated interest in their relationship to regular and slow seismicity in the subduction zone. We report experimental results on the effect of diagenetic reactions to hydraulic and frictional properties of incoming hemipelagic sediments. Hemipelagic sediments taken from KS-15-3 Shinseimaru cruise are used as the starting sample. Friction experiments and permeability measurements were carried out with a confining pressure of 150 MPa and a pore pressure of 58 MPa and temperatures ranging RT–230 degC. When the sample is sheared immediately after reaching the experimental condition, all experimental data at the temperature below 150 degC showed a velocity-strengthening behavior. On the other hand, at the temperature of 230 degC, the frictional behavior is no longer stable, but stick-slip behavior was observed during the experiments. We also measured a time-dependent permeability evolution of hemipelagic sediments to assess how diagenetic reactions consolidate the sediments. Permeability decreased about an order magnitude due to the mechanical compaction from the effective pressure of 3 MPa to 92 MPa, and decrease additional an order magnitude of permeability is observed during the hot-pressing of the sample at the pressure and the temperature of 92 MPa and 100 degC, respectively. Those experimental observations suggest that thermally activated compactions, possibly pressure solution creep, could contribute key role for understanding the physical property of subducting sediments.

キーワード：沈み込み帯、摩擦特性
Keywords: subduction zone, frictional property

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体急減圧と流体流動によるシリカ析出の比較および断層特性への影響
Contrasting silica precipitation via flash vaporization and fluid flow and possible effects on fault properties

*新部 貴理[1]、岡本 敦[1]、天谷 宇志[2]、土屋 範芳[1]
*Takamasa Niibe[1], Atsushi Okamoto[1], Takashi Amagai[2], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

It is thought that precipitation of silica plays crucial roles on mechanical and hydrological properties of faults. The solubility of silica minerals varies significantly depending on temperature and water density (e.g., Manning, 1994). Okamoto *et al.* (2010) conducted the hydrothermal flow-through experiments at vapor-like supercritical condition (430 ℃, 31 MPa) and showed that silica precipitation predominantly occurred via quartz overgrowth and quartz nucleation (Okamoto *et al.*, 2010). In contrast, precipitation of silica is thought to be induced by decompression of fluids. Weatherley and Henley (2013) suggested that silica particles precipitate by flash vaporization at fault jog; however, the process of silica precipitation under such extreme condition has not been verified experimentally. The purpose of this study is to understand the mechanism of silica precipitation by hydrothermal experiments. In particular we focus on the difference in the mode of occurrences of silica precipitates between flashing and fluid flow system.
We conducted two types of experiments: (1) flash + batch experiments, and (2) flow-through experiments. Both experiments were carried out with using high-silica solutions (Si = 250-300 mg/kgH_2O, Na, Al, K = 4-6 mg/kgH_2O), that was prepared by dissolution of granite sand at 370 ℃ and 40 MPa. In the flashing experiments, after the input solution was enclosed into the autoclaves, elevated pressure and temperature, and flashed by opening the valve. Alumina filter (average pore size of 60 μm) was placed on the flow pathway to catch the silica particles. The flash P-T conditions were 261 ℃, 353 ℃, 400 ℃, and 450 ℃ at pressure of 35-38 MPa. In all conditions, silica precipitates did not include quartz, but spherical particles of amorphous silica with size of 0.1-10 μm were produced. Such amorphous silica was probably formed by nucleation and aggregation during the evaporation of water droplet. Then, we investigated the transformation of the flashing products (removed from the alumina filter and enclosed in Au tube) by the batch experiments at 261 ℃ and 351 ℃ at vapor saturated pressure, and at 400 ℃ and 450 ℃ under supercritical conditions. There was no change of silica after the batch experiments at 261℃ and 351℃ conditions within 5 days. In contrast, small quartz crystals (size of less than 10 μm) were produced in 5 days at 400 ℃ and in 3 days at 450 ℃. Albite was partly produced as the results of interaction with alumina-filter.
The silica precipitation was also investigated by the flow-through experiments at 390-430 ℃ and 25 MPa (supercritical condition) with constant flow-rate of 0.5 or 1 mL/min by using the granite-dissolved solution similar to the flash experiments. The silica was precipitated in alumina tube filled with alumina ball (diameter with 1 and 2mm). We found the silica precipitates clogged the pores within few days. Based on the XRD and SEM observation, the products of the flow-through experiments were mixture of amorphous silica and quartz. Some quartz crystals grew up to 100 micrometers and amorphous silica were precipitated on the alumina balls and the alumina pipe.
In both cases, amorphous silica was easily produced in response to the drop of water density at high temperatures. Such amorphous silica can move and clog effectively the pores. Also, our experiments revealed that such amorphous silica was changed to quartz, which depends on the temperature and fluid states (flow or batch). Such variation of silica by precipitation and transformation potentially would

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

provide a significant influence on the fault strength.

Weatherley D. K. and Henley R. W. (2013), *Nature Geoscience*, **6(4)**, 294.
Okamoto A., Saishu H., Hirano N. and Tsuchiya N. (2010), *Geochemica et Cosmochimica Acta*, **74**, 3692-3706.
Manning C. E. (1994), *Geochemica et Cosmochimica Acta*, **58**, 4831-4839.

キーワード：岩石-水相互作用、シリカ、流体急減圧
Keywords: Water-Rock Interaction, Silica, Flash Vaporization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

二軸摩擦試験機によるSlide-Hold-Slide実験中の反射波と透過波の時間変化

Temporal variations of reflected and transmitted wave during a slide-hold-slide experiment on a biaxial friction testing machine

*植村 美優[1]、伊藤 喜宏[2]、片山 郁夫[3]
*Miyuu Uemura[1], Yoshihiro Ito[2], Ikuo Katayama[3]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

Slow slip events (SSEs), which is one of the slow earthquakes differing from regular earthquakes, have been detected at both shallower and deeper portions of the seismogenic zones, such as Japan and New Zealand. We carried slide-hold-slide experiments with gouge layer under a slip velocity of an SSE using a biaxial friction testing machine under the condition with the temperature and the humidity of room. We measured temporal changes of acoustic impedance in the gouge layer with reflected and transmitted wave during slides and holds. As a result, we detected variations in travel time, amplitude, and cross-correlation coefficient on first arrival of reflected and transmitted wave.

The features of observed waveforms were classified clearly by a slide-hold-slide conditions into two categories: sliding and holing. We chose two materials as gouge powder, which were clay mineral (Ca-montmorillonite) and quartz. Regardless of the kinds of the gouge powder, the amplitude both of reflected and transmitted waves showed opposite temporal variation during the slide-hold-slide sequences; the amplitude of transmitted wave decreased during slides and increased during holds, respectively. This suggests that the amplitudes of reflected and transmitted waves indicate a change of an elastic-wave speed in the gouge layer.

The travel times of transmitted waves increased during slides and decrease during holds. According to Birch (1961), a propagation speed of elastic waves normally decreases as the density of media decreases, or as the porosity increases. Increasing travel times of transmitted waves in our experiments may indicate the change of the density, or porosity in the gouge layer. Although the travel times of reflected waves decreased during slides and increased during holds in the case of clay mineral, the travel time on quartz powder did not change through our experiment.

The temporal change on correlation of observed transmitted wave also shows significant changes from a slide to a hold. The change of travel time, the amplitude, and the cross-correlation coefficient of transmitted waves were more sensitive to a slide-hold-slide condition, such as slip rate on the gouge later than those of reflected wave. Those result suggests that a transmitted wave is more suitable for monitoring SSE although a reflected wave is also useful for monitoring, and that a beginning and an end of an SSE can be detected by reflected and transmitted waves.

キーワード：スロースリップ、二軸摩擦試験、ガウジ
Keywords: slow slip event, biaxial friction experiment, gouge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda wavesMonitoring stress-induced changes of laboratory fault by ultrasonic coda waves

*Fan XIE[1], Yaqiong REN[1]

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration

It is increasing important to understand evolution in fault zone and find clear precursors to the earthquake. Nevertheless, the evolving behavior of crustal faults remains changeling due to its inaccessible and weakness.

Duo to their highly sensitivity, the seismic coda waves have been long used at kilometer scale to investigate stress changes by tracking seismic relative velocity changes during earthquake. However, detecting such changes and imaging their spatial distribution with satisfied resolution are still an ongoing project, for which laboratory developments may be useful.

This work aims to explore the applicability of coda waves to monitor spatiotemporal changes of laboratory fault.

Laboratory-scale experiments are performed by meter-scale biaxial loading apparatus in which coda waves at ultrasonic frequencies (100 kHz to 400 kHz) are transmitted and received by 16 broadband piezoelectric transducers using the state-of-the-art ultrasound research platform (Verasonics Vantage 64 Low Frequency Edition) across a 1.5-meter long granite simulated fault.

Before stick-slip events occurred by increasing shear stress at loading rate of 1 um/s , the normal stress was kept 500KPa constant for 60 minutes. The ultrasonic coda waves were recorded throughout the entire process of stress accumulation along the fault.

Coda wave interferometry (CWI) and Coda wave decorrelation (CWD) are performed to detect relative velocity changes and microstructural changes along the fault by measuring phase shifts and loss of coherence of received coda waves respectively.

We observe a ~0.4e-3 velocity increase and ~0.5% coherence loss within logarithm of stationary contact time during 1-hour normal stress holding time. A significant 1.4e-3 increase in relative velocity changes and 8% coherence loss during shear stress increasing test followed by 0.5e4 decease in relative velocity changes and 2% decrease in coherence loss respectively caused by ~200kPa stress drop of the emerging stick-slip event. We also observe that the such changes are localized at upper center of the fault by comparing the changes extracted at different transducers along the fault.

The results suggest that ultrasonic coda waves are a promising means to monitor weak but localized stress-induced changes of laboratory fault by detecting and characterization velocity and micro-structural changes. Considering such advantages, further works to temporal critical observations, such as nucleation process of laboratory earthquake, are conceivable from a practical and instrumental point of view.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: laboratory earthquake , stick slip , coda waves, stress-induced changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Longer duration of meta-instability stage of laboratory earthquakes on a 1.5m granite fault

*yaqiong Ren[1]

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration

Laboratory earthquakes are a series of stick slip events occurred on an old or newly formed fracture in laboratory. It is widely used to study the properties and mechanisms of earthquake nucleation, dynamic rupture and post-seismic process since its similarities with nature earthquakes. Meta-instability stage is the later stage of the nucleation process. It holds that when the stress release accelerates and synergizes, the deformation enters an irreversible stage to instability. Thus studying its evolutionary characteristics is more conducive to identifying the arrival of earthquakes in advance.

We perform a series stick slip experiments on a 1.5m granite fault. Using a meter-scale rock as experimental sample can indirectly improve the spatial resolution of observation. More importantly, the scale effect of earthquake preparation process can be studied by comparing the results of centimeter-scale and meter-scale samples, which is helpful to the field application of experimental results.

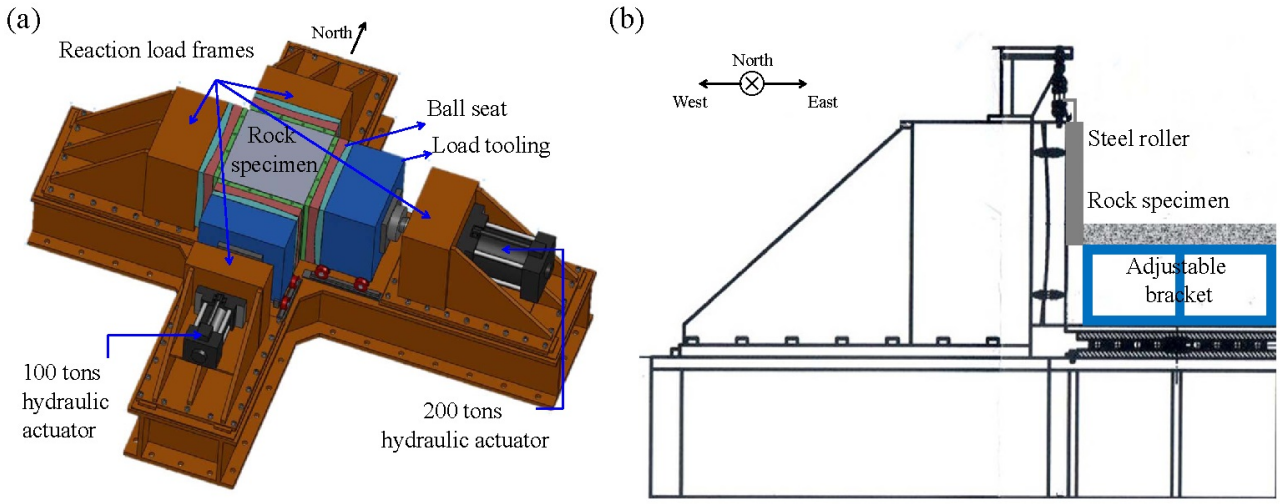
The experiment was carried out on a large horizontal two-direction servo-control press at the Institute of Geophysics, China Earthquake Administration. The maximum loading capacity of the press in two directions is 100 tons and 200 tons respectively. The local variations of stress and displacement along the fault as well as the variation of the whole sample were recorded during the experiment. The stiffness of the meter-scale sample and press system is 0.003 MPa/um, which is one order of magnitude smaller than that of the centimeter-scale sample and press system in the Institute of Geology, China Earthquake Administration. This enables us to obtain stick-slip events with small stress drop, large displacement and audible energy release at lower confining pressure.

For a single stick-slip event, the beginning of meta-instability stage and quasi-dynamic stage (the later stage of meta-instability stage) can be identified based on the relative displacement and strain observations along the fault. The meta-instability begins in the middle of the fault and extends toward both ends as the instability approaches. During the meta-instability stage, the variation rate of different parts of the fault varies greatly, and tends to synergize with the approach of instability.

The duration of meta-instability is longer under lower loading rate, and the change of normal stress has little effect on the duration of meta-instability under lower normal stress. The duration of meta-instability increases with the increase of fault scale, showing obvious scale effect. The results suggest that meta-instability on natural faults in the field may last for several years, and could be monitored. The non-uniformity of faults with the increase of fault scale may be an important mechanism for the scale effect of the duration of meta-instability.

Keywords: stick slip, earthquake nucleation, meta-instability stage, scale effect, meter-scale rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

シュードタキライトから見積もる地震時の摩擦熱と壁岩破壊量
Estimation of the frictional heat and the amount of wall rock incorporation by thermal fracturing during an earthquake: An example from the pseudotachylyte in Jurassic accretionary complex

*長手 彩夏[1]、氏家 恒太郎[1]
*Ayaka Nagate[1], Kohtaro Ujiie[1]

1. 筑波大学
1. University of Tsukuba

Estimation of frictional heat is crucial to evaluate dynamic shear strength and fault behavior during an earthquake. Pseudotachylyte produced by solidification of frictional melt is an unequivocal geological evidence of seismic slip on faults. Here, we estimated frictional heat and amount of wall rock incorporation into coseismic slipping zone during an earthquake, based on microstructural observation and numerical analysis of the pseudotachylyte in the Jurassic accretionary complex. The pseudotachylyte-bearing thrust develops as an out-of-sequence thrust in the coherent chert-clastic sequence, which bounds middle Triassic chert above from early Jurassic siliceous mudstone below. The pseudotachylyte is ~2 mm-thick and sharply separates fractured grey chert above from cataclasite below. The pelagic black carbonaceous mudstone layer is distributed at the stratigraphic equivalent interval of the pseudotachylyte.

The microstructures of the pseudotachylyte are characterized by fault and injection veins, fragments of grey chert and quartz in the dark matrix of illite composition, and irregularly and embayed pseudotachylyte boundaries. The gray chert adjacent to the pseudotachylyte and fragments in the pseudotachylyte consisted of grey chert are intensely cracked, showing jigsaw puzzle-like structure. These microstructural features suggest that thermal erosion, thermal fracturing, and preferential melting of illite occurred during earthquake faulting. Frictional heat, which was estimated from temperature rise, volume fraction of fragments, and pseudotachylyte thickness, is ~7.1 MJ m^{-2}.

The comparison of volume fraction of fragments in the matrix between the pseudotachylyte and the black carbonaceous mudstone layer suggests that half amount of fragments in the pseudotachylyte were derived from wall rocks. The numerical modeling considering temperature rise, heating duration, and thermal properties of gray chert indicates that the temperatures of wall rocks a few millimeters away from the pseudotachylyte boundaries exceed the temperature of a-b transition in quartz (~573 ˚C) during earthquake faulting. This distance is consistent with spatial distribution of crack density, which shows exponentially decrease away from the pseudotachylyte boundaries. Thus, intensely cracked wall rocks are considered to represent thermal expansion of quartz grains in gray chert, which could contribute to unstable fault slip associated with decrease in stiffness of surrounding rocks.

キーワード：摩擦熱、シュードタキライト、ジュラ紀付加体
Keywords: Frictional heat, Pseudotachylyte, Jurassic accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Porosity variation of fault rocks accompanied the Median Tectonic Line in Shikoku, southwestern Japan

*池田 倫治[1]、辻 健[2]、辻 智大[1]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3]
*Michiharu Ikeda[1], Takeshi Tsuji[2], Tomohiro Tsuji[1], Kozo Onishi[3], Naoki Nishizaka[3]

1. 株式会社四国総合研究所、2. 九州大学、3. 四国電力株式会社
1. Shikoku Research Institute Incorporated, 2. Kyushu University, 3. Shikoku Electric Power Company, Incorporated

Petrophysical properties of fault rocks are important information to understand evolution processes of fault rocks. Among their properties, hydraulic properties of fault rocks are closely related to fault dynamics and potential of reservoirs of fluid or gas. In this research, we focused on distribution of porosities through fault rocks of the Median Tectonic Line in Shikoku.

The Median Tecotnic Line (MTL) is the longest geological terrane boundary fault. The northern and southern parts from the MTL are Ryoke Belt composed of low P/T metamorphic rocks, granitic rocks and sedimentary rocks and Sanbagawa metamorphic rocks consisted of high P/T metamorphic rocks, respectively. We drilled a bore hole to obtain a geological core sample penetrating the MTL. The total core length is 250 m-long. The fault plane of the MTL is within 37.45 m-depth. The hanging wall and foot wall zones are Izumi Group in Ryoke Belt and Sanbagawa metamorphic rocks, respectively.

The fault rocks in Izumi Group are composed of three zones, fault breccia zone (ca.4– ca.12.5 m-depth), transition zone (ca.12.5–ca.31.6 m-depth) and fault gouge zone (ca.31.6–ca.37.2 m-depth), based on geological observation. On the other hand, the fault rocks of the Sanbagawa metamorphic rocks are cataclasite just below the MTL fault plane (37.45–ca.47 m-depth) and intact rocks in the deeper parts of the core (ca.47–250.0 m-depth).

We measured 49 samples (24 samples in Izumi Group and 20 samples in Sanbagawa metramorphic rocks) from the core. In addition to them, 5 samples from outcrops of Izumi Group were measured to get porosities of intact rocks of Izumi Group, because all parts of Izumi Group in the core are damaged.

The porosities of the hanging wall (Izumi Group) range between 4.54% and 20.35%, whereas those of the foot wall (Sanbagawa metamorphic rocks) are lower (2.06%–11.4%) than those of the hanging wall. Additionally, the porosities of the outcrop samples of Izumi Group show quite low (0.97%–1.75%), corresponding to those of intact rocks of Izumi Group, whereas those of the intact rocks of Sanbagwa metamorphic rocks are estimated to be ca.2%–ca.3%. These porosities are measured for samples in the deep zone (ca.75–ca.200 m-depth) of the core, which are quite far from the fault plane. The porosities of the three zones of fault rocks in the hanging wall are 5.19%–15.27% for the fault breccia zone, 4.54–15.30% for the transition zone and 11.02–20.35% for the gouge zone. It should be noted that the porosities are corrected on the basis of CT values. As the fault rocks of Izumi Group are composed of matrix and clasts, we measured the porosities of both matrix and clasts (or blocks) for each sample. Then, we calculated the correction porosities based on the ratio of matrix and clasts of CT values.
The porosities in the hanging wall (Izumi Group) widely vary depending on characteristics of fault damage, however those gradually increase toward the fault plane. In addition, the porosities are quite higher than those of intact rocks. On the other hand, the high porosity zone in the foot wall (Sanbagawa metamorphic rocks) is limited in a narrow zone (37.45–ca.50 m-depth). These facts suggest that the hanging wall (Izumi Group) are strongly damaged compared to the foot wall (Sanbagawa metamorphic rocks). This is an

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

intriguing characteristics for understanding petrophysical properties of fault rocks.

キーワード：中央構造線、空隙率、断層岩
Keywords: Median Tectonic Line, porosity, fault rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of inactive section of the Median Tectonic Line from drillcore samples in Shikoku, southwestern Japan

*内田 嗣人[1]、池田 倫治[1]、辻 健[2]、大西 耕造[3]、西坂 直樹[3]
*Hideto Uchida[1], Michiharu Ikeda[1], Takeshi Tsuji[2], Kozo Onishi[3], Naoki Nishizaka[3]

1. 株式会社四国総合研究所土木技術部、2. 九州大学工学研究院、3. 四国電力株式会社
1. Department of Civil Engineering, Shikoku Research Institute incorporated, 2. Department of Earth Resources Engineering, Kyusyu University, 3. Shikoku Electronic Power

The Median Tectonic Line (MTL) is a geological boundary fault that divides southwestern Japan into Inner and Outer zones. The MTL is generally considered to be a long-lived fault system from the middle Cretaceous, although the details of the movement history are complex. On the other hand, it has been revealed from geomorphological and paleo-seismological surveys that the MTL from Shikoku to western Kii Peninsula has caused right-lateral slip during Quaternary. Therefore, the part of the MTL is active, and called as the Median Tectonic Line active fault system (MTLAFS) (e.g., Ikeda et al.,2017). To estimate present seismic condition (or environment) of the MTLAFS, we should understand details of its paleo-activities. However, outcrops widely exposed for geological survey about paleo-activities inactive MTL are limited. In this study, we obtained a geological core sample (125 m-long) penetrating the MTL and conducted downhole logging in Saijyo city, Ehime prefecture.
We focused on three points as follows. Firstly, we observed and described the core samples in detail. Secondly, we obtained structural data from the geological core and a borehole image data in order to predict paleo-stress conditions. Finally, we estimated physical properties around a fracture zone of the MTL based on the geological and geophysical data.

[Description of fault rocks]
The fault plane of the MTL is at about 109.45 m-depth in the borehole. The hanging wall and footwall of the fault system are Izumi Group (mainly alternating beds of mud and sand) and Sanbagawa metamorphic rocks (mainly pelitic schist), respectively. Orientation of the fault plane of the MTL is NE-SW strike with moderate-angle northwest dipping in our study area, and its fault zone is approximately 4m-width. The fault zone is composed of fault gouge, fault breccia and cataclasite. The altered dikes that is Ishizuchi volcanic rocks erupted in c.a. 15 Ma distribute in the fault zone. The MTL in this region reactivated after 15 Ma, because the altered dikes are fragmentated in the fault zone.

[Structural analysis]
Orientations of bedding planes of Izumi Group and schistosity planes of Sanbagawa metamorphic rocks are generally N–S strike with low-angle east dipping and ENE–WSW strike with low-angle north dipping. The dikes intrude into the fault zone in orientation of NE–SW strike with moderate-angle northwest dipping. Orientations of fractures concentrate in N–S strike with east dipping and E–W strike with north dipping based on the borehole camera data.
Moreover, we conducted paleo-stress analysis based on fault orientations and slickenlines and slickensteps on the fault surfaces. We adopted Hough transform inverse method (Sato, 2006) to estimate paleo-stress conditions of the MTL. As the result, a stress condition around the MTL is dominantly normal-faulting stress-regime, however strike-slip and reverse-faulting stress-regimes are also recognized.

[Physical properties]
There is a remarkable trend of the elastic wave velocity data around the fracture zone. P-wave velocity *Vp*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in fracture zone (95–109.5 m-depth) drastically decreases as compared with host rock in the upper zone due to intensive crack and lower elastic moduli. On the other hand, S-wave velocity *Vs* does not change in the fracture zone such as the trend of *Vp*.

The paleo-stress condition data are useful information for inactiveness of the MTL. And the physical properties are also crucial to understand the physical conditions what the MTL in this region have experienced. Therefore, the information derived in this study could contribute to understand fault evolution processes and activities of the MTL.

キーワード：中央構造線、断層岩、古応力場、物性
Keywords: Median Tectonic Line, fault rocks, paleostress field, physical property

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

未固結断層岩のクラストの表面及び内部組織とその重要性
Surface and internal textures of clasts in incohesive fault rocks and their significance

*東郷 徹宏[1]、嶋本 利彦[2]、澤井 みち代[3]
*Tetsuhiro Togo[1], Toshihiko Shimamoto[2], Michiyo Sawai[3]

1. THE EARTH、2. 中国地震局地質研究所、3. 千葉大学
1. THE EARTH, 2. Institute of Geology, China Earthquake Administration, 3. Chiba Univ.

断層岩は個々の粒が肉眼で識別できるクラスト（clast）と、識別できないマトリックスの量比から分類されることが多い（例えばSibson, 1977, J. Geol. Soc. London）．クラストの研究は，少なくとも以下の3点において重要である．第1に，クラストは断層帯が形成されたときに母岩または古い固結断層岩の破壊によって形成されるので，後者の場合にはクラストを調べることによってより深部の断層岩の物質と情報が得られる可能性がある．第2に，クラストは断層帯内部における一連のプロセスを経験しているので，クラストの解析から断層帯内部の物理的・化学的変化の一部を復元できる可能性がある．第3に，クラストの表面及び内部構造をボーリング掘削時に回収されるカッティングスの組織と比べることによって，カッティングスから断層を見つけ出すことが可能かもしれない．全コアを回収するボーリングは非常に高コストなので，カッティングスから断層を発見できれば多くの実用的な応用が期待できる．

クラストの表面組織について，金折らは日本国内の主要断層（多くは活断層）のガウジから石英質クラストを回収して詳しい走査電子顕微鏡（SEM）観察をおこなった（Kanaori et al., 1980, Eng. Geol.; など）．彼らは，クラストの表面には，表面物質が水に溶解することによって新鮮な破壊面とは全く異なる多彩で凹凸に富む組織が発達することを示し，それらの組織はそれまでに多数報告されていた堆積物中の石英砕屑粒の表面組織に似ていることを指摘した．彼らはまた，クラストの表面組織を8タイプ・4グループに分類して，表面組織が時間とともにどのように変化するかを提唱した．金折らの研究の目的は，クラストの表面組織から断層の活動時期をおおまかに見積もることであったが，おそらく断層の活動年代の推定が容易ではなかったために，彼らの先駆的研究は体系的に発展しなかった．

本研究は上記第3の目標から触発されて始まったが，金折らの分類を単純に踏襲するのではなく，より広い視点から断層帯中のクラストを見直してみたいと考えている．調査を進めているのは，有馬・高槻構造線，野島断層，韓半島南東部のYangsan断層とYeongdeok断層の花崗岩質断層帯である．断層ガウジ中の石英質クラストのみならず，断層帯全体の全てのクラストを観察の対象として研究を進めている．発表者らも，金折らのミカン皮状組織，魚鱗状組織などに類似した組織を多くのクラストで認めたが，彼らの4グループ全ての組織を確認することはまだできていない．興味深いのは，Yeongdeok断層ガウジ中の破壊したクラストでその内部構造が明瞭に観察できたことである．そのクラストではおそらく長石の破片の周囲に厚く層状鉱物を多く含む細粒で多孔質な断層岩がマントル状に形成されており，クラストの表面構造は単純な表面物質の溶解のみによって形成されたものではないことを示している．このようなマントル状の組織は，クラストとマトリックス物質間の反応によって形成された可能性があり，今後詳しく調べていく（おそらく上記第2の目的に有用である）．有馬・高槻構造線沿いの幅広い花崗岩質断層帯には衝撃粉砕岩（pulverized rock）が分布することが提唱されている（Mitchell et al., 2011, EPSL）．この岩石では，著しい剪断変形を受けた形跡がないにも関わらず，結晶粒内部は激しく粉砕されており，クラストとマトリックスの区別は必ずしも明瞭でない場合が多い．SEM観察の結果，そのような結晶内部の破断面沿いにも溶解を示す凹凸に富む組織が発達しており，類似の組織はクラスト表面のみならず，岩石内部の破断面沿いにも発達していることがわかる．このような破断面の表面組織は，岩石内部に古くから存在した破断面を認定する上で有用である．これまでの予察的観察によって得られた組織は，ボーリングのカッティングスから断層を見つけるための有用な指標になり得ると考え

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ている.

キーワード：断層ガウジ、断層角礫、カッティングス
Keywords: fault gouge, fault breccia, drill cuttings

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fault Displacement Assessment of Surface-rupturing Earthquakes for Nuclear Installations and the use of Physics-based Rupture Models

*Luis Angel Dalguer[1], Yoshimitsu Fukushima[2]

1. 3Q-Lab GmbH, 2. International Atomic Energy Agency

Surface-rupturing faulting is usually expected from large earthquakes, but this phenomenon has been also observed sometimes in moderate earthquakes. The coseismic fault displacement (defined as the surface rupture offset or slip on the free-surface) associated to earthquakes can seriously compromise the safety of critical infra-structures located near faults, such as bridges, dams, railroads, pipelines, nuclear installations (NI) and nuclear waste repositories. The draft IAEA specific safety requirements (Site Evaluation for Nuclear Installations No.SSR-1, DS484) requires that the capability for surface faulting shall be assessed for the site of a NI. But current practices of fault displacement hazard assessments (FDHA) are in general very challenging and quite limited because recorded fault displacement data to develop empirical models are very sparse, as such, at present very few empirical models with large uncertainty are available for this purpose. IAEA has already recognised this issue and currently is making the effort to implement the physics-based rupture modelling in practice for FDHA. In general for seismic hazard assessments (SHA), the empirical and physics-based rupture models complement each other and all available efforts are encouraged for the nuclear safety. These efforts have been discussed through different international working group activities, being the most outstanding two international workshops on **Best** Practices in **P**hysics-based Fault Rupture Models for **S**eismic **H**azard **A**ssessment of **N**uclear **I**nstallations (BestPSHANI) in 2015 and 2018. Here we discuss the feasibility of the use of Physics-based rupture models for FDHA and presenting couple of examples of fault displacement prediction of past earthquakes.

Keywords: Fault displacement, Fault displacement hazard assessment, Dynamic rupture modeling, Earthquake physics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震ハザード評価のための動力学的震源モデル：布田川断層帯・日奈久断層帯への応用（その2）
Dynamic rupture simulation for seismic hazard assessment: Application to the Futagawa and Hinagu fault zones (Part 2)

*加瀬 祐子[1]
*Yuko Kase[1]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Geological Survey of Japan, AIST

確率論的地震ハザード評価をおこなう上では，想定する地震の規模を推定するための破壊領域及びその発生頻度を評価する必要がある．その基礎情報を提供するために，動力学的破壊シミュレーションを利用することを提案する．加瀬ほか（2017）では，布田川断層帯と日奈久断層帯に手法を適用し，2016年熊本地震以前の情報を用いて作成した動力学的震源モデルによるシミュレーション結果を2016年熊本地震の破壊過程と比較した結果，高野–白旗区間北東端から始まる破壊は，高野–白旗区間と布田川区間に広がり，2016年熊本地震と同様の破壊過程を示した．本稿では，破壊開始点やその他の震源モデルのパラメータのばらつきが，シミュレーション結果に与える影響を調べた．

断層形状及び広域応力場は，加瀬ほか（2017）と同様に設定した．断層形状は，地震調査研究推進本部（2013）の活断層位置を基に，布田川断層帯の布田川区間と，日奈久断層帯高野–白旗区間及び日奈久区間が連続しているとし，長さ74.6 km，幅15 kmの鉛直なモデルを設定した．また，広域応力場は，Matsumoto *et al.*（2015）の応力インバージョン結果を基に，最小水平圧縮応力の向きと応力比を区間ごとに設定し，応力場推定の誤差も考慮して，27通りを設定した．また，主応力は深さに比例，中間主応力の向きは鉛直方向で，大きさはかぶり圧に等しいとした．

上記のモデルに対し，布田川区間南西端と高野–白旗区間南西端の2通りの破壊開始点を設定し，すべりに依存する摩擦構成則を仮定して，差分法（Kase and Day，2006）により動的破壊過程を計算した．最小水平圧縮応力及び破壊の始まる区間の応力降下量の深さに対する比例係数を変えてシミュレーションをおこない，1回の活動による各区間のすべり量を概ね再現できる比例係数を，試行錯誤的に求めた．

布田川断層帯布田川区間南西端から破壊が始まる場合に，破壊が及んだ区間すべてで右横ずれ量が観測値と調和的となったのは，布田川区間のみ破壊した場合だけであった．一方，日奈久断層帯高野–白旗区間南西端から破壊が始まる場合は，高野–白旗区間と布田川区間が連動した場合だけであった．これらの結果は，両区間の北東端から破壊を始めた加瀬ほか（2017）と調和的であり，布田川断層帯布田川区間と日奈久断層帯高野–白旗区間においては，破壊がどちらの端から始まるかは，連動の傾向に影響を与えていない．一方，産業技術総合研究所（2018）では，日奈久断層帯日奈久区間から破壊が始まる場合においては，北東端から破壊が始まる場合よりも，南西端から破壊が始まる場合の方が，高野–白旗区間へ破壊が広がりやすいという結果が得られている．この違いは，区間の長さによって説明できる．布田川区間の長さは18.6 km，高野–白旗区間は16.0 kmと比較的短いのに対し，日奈久区間は40.0 kmと長い．そのため，破壊の伝播の効果で連動しやすい南西端からの破壊と，そうではない北東端からの破壊の差が明瞭になっていると考えられる．

講演では，臨界変位量及び強度と応力降下量の比の値のばらつきによる影響についても述べる．

謝辞：本研究は，原子力規制庁「平成30年度原子力施設等防災対策等委託費（確率論的地震ハザード解析に係る不確かさ要因の検討）事業」により実施されました．

キーワード：動力学的震源モデル、地震ハザード評価、布田川断層帯・日奈久断層帯
Keywords: dynamic rupture model, seismic hazard assessment, Futagawa and Hinagu fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然地震のすべりー長さスケーリング則と室内実験との距離の定量化
Quantification of gaps between slip-length scaling law of earthquakes and stick-slip experiments.

*大庭 伸一[1]、三井 雄太[2]
*Shinichi Oba[1], Yuta Mitsui[2]

1. 静岡大学総合科学技術研究科、2. 静岡大学理学部
1. Graduate School of Science and Tecnology, Shizuoka University, 2. Faculty of Science, Shizuoka University

Scaling relations of natural earthquake (over km scales) have been well studied, but their extension to smaller scales is difficult because of limited observation resolution. This study focuses on experimental stick-slip data and compares them with a slip-length scaling law of natural earthquakes. There seem gaps between the extension of the earthquake scaling and the stick-slip experiments. Here we perform correlation and multivariate analyses to investigate effects of apparatus type, mass and stiffness on the gaps. We find that a characteristic time composed of the mass and the stiffness shows a strong correlation with the gaps against the natural scaling in case of direct shear apparatus.

キーワード：スティックスリップ、地震すべり量-断層長さのスケーリング則
Keywords: stick-slip, earthquake slip-length scaling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

Effect of Wear Process on Earthquake Recurrence

*Wang Jeen-Hwa[1]
*Jeen-Hwa Wang[1]

1. Academia Sinica
1. Academia Sinica

Earthquake recurrence is studied from the temporal variation in slip through numerical simulations based on the normalized form of equation of motion of a one-body spring-slider model with thermal-pressurized slip-weakening friction and viscosity. The wear process, whose effect is included in the friction law, is also taken into account in this study. The main parameters are the normalized characteristic displacement, U_c, of the friction law and the normalized damping coefficient (to represent viscosity), η. Define T_R, D, and t_D to be the recurrence time of events, the final slip of an event, and the duration time of an event, respectively. Simulation results show that T_R increases when U_c decreases or η increases; D and t_D decrease with increasing η; and t_D increases with U_c. The time- and slip-predictable model can describe the temporal variation in cumulative slip. When the wear process is considered, the thickness of slip zone, h which depends on the cumulated slip, $S(t)=\Sigma D(t)$, i.e., $h(t)=CS(t)$ (C=a dimensionless increasing rate of h with S) is an important parameter influencing T_R and D. U_c is a function of h and thus depends on cumulated slip, ΣU, with an increasing rate of C. In the computational time period, the wear process influences the recurrence of events and such an effect increases with C when $C>0.0001$. When viscosity is present, the effect due to wear process becomes stronger. Both T_R and D decrease when the fault becomes more mature, thus suggesting that it is more difficult to produce large earthquakes along a fault when it becomes more mature. Neither the time-predictable model nor the slip-predictable one can describe the temporal variation in cumulative slip of earthquakes under the wear process with large C.

キーワード：Earthquake、Recurrence、Slip、Friction、Viscosity、Wear
Keywords: Earthquake, Recurrence, Slip, Friction, Viscosity, Wear

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

On the Mechanical Relation between Individual Interaction and Collective Behavior of Multiple Fault Sets Subjected to Quasi-Static Loading

*上西 幸司[1,2]、福田 優貴[2]、亀 伸樹[3]
*Koji Uenishi[1,2], Yuki Fukuda[2], Nobuki Kame[3]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻、2. 東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻、3. 東京大学地震研究所
1. Department of Advanced Energy, The University of Tokyo, 2. Department of Aeronautics and Astronautics, The University of Tokyo, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

In order to deepen our essential understanding of the connection between the local and the global or collective mechanical behavior of sets of geological faults in the solid earth, we have been performing laboratory rupture experiments using two-dimensional rectangular, linear elastic solid specimens with preset parallel cracks that model multiple fault planes under quasi-static tensile (mode-I) or tensile with in-plane shearing (mixed mode) loading conditions (Uenishi et al., SSJ Fall Meeting, 2017, 2018). Our special attention has been paid to the identification of when and how ruptures develop on each individual fault plane and interact with one another, and how the interaction influences the global nature of the solid. For that purpose, we have observed the local evolution of the isochromatic fringe patterns, i.e. the contours of the maximum in-plane shear stress, around the modeled fault planes in the photoelastic polycarbonate specimens with a high-speed digital video camera. At the same time, we have measured the global stress-strain relation utilizing a tensile testing machine that externally exerts a prescribed constant displacement rate to the specimen, and have compared its time history with the local observations of the isochromatic fringe patterns. Although the externally applied displacement or strain rate has been still in a relatively low, quasi-static range, the comparison may imply the effect of the local rupture development on the global properties of the solid specimen, and we have found that local rupture may not always propagate unidirectionally in the prepared specimens and ruptures may run into each other even on a single fault plane under very simple external loading conditions. We are now trying to investigate the mechanical characteristics of multiple fault sets that are subjected to more dynamic, impact loads and identify difference in the local-global relation, if any, between the dynamically-controlled and quasi-statically governed ruptures.

キーワード：fault rupture、fault stability、strain rate
Keywords: fault rupture, fault stability, strain rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

過渡的で強制的な伸張水平地殻歪の領域における非弾性変形
Inelastic deformation in a region of the transient and forced extensional horizontal crustal strain

*江口 孝雄、岩瀬 康行[1]
*Takao Eguchi, Yasuyuki Iwase[1]

1. 防衛大学校
1. National Defense Academy, Japan

2011年東北地方太平洋沖地震（*M*～9）による震源域でのリバウンド変動の直後の日本列島では、強制的な水平伸張変動が確認された。例えば、上盤リソスフェアの宮城県から山形県では概略東西方向の伸張であった。

本研究では、このような強制的な東西伸張変動の直後での島弧環境における「過渡的非弾性変形過程」を検討する。

問題を簡略化するため、島弧側での非弾性変形の主たる原因は２軸方向でなく特定の１方向の過渡的な伸長によると考えよう。

島弧は必ずしも等方均質弾性体ではないので、島弧内部での「既存の物質ブロックの境界（弾性定数コントラスト）」、「第四紀火山近傍の地熱地帯」、または「既存の活構造（活断層など）」の幾何学的形態に依存する非弾性変形様式が考えられよう。

上記の一方向伸張が付加された後の環境における非弾性変形体としての島弧での応力-歪の関係を論じよう。

その後の環境下での応力変化に対する応答は、少なくとも過渡的には時空間依存性のある非線形現象となり、線形弾性体の場合と異なるであろう。

特に、その後の応力変化が僅かであっても線形弾性体の場合よりも大きな歪がもたらされよう。

本論では、チキソトロピーなどのレオロジーを導入しつつ、幾何学的ブロック変形などを伴う島弧での非弾性変形に関する幾つかの考察モデルを提示する。

キーワード：非弾性変形、海溝型巨大地震直後の島弧系、ブロック変形、チキソトロピー
Keywords: inelastic deformation, island-arc system just after a greater interplate earthquake, block deformation, thixotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

表現定理とグリーン関数 (3) ー 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ー
Representation Theorem and Green's Function (3) -- Strain, Stress, and Density Perturbation Fields due to a Point Source Using 2nd Derivative of Green's Function in an Unbounded Homogeneous Isotropic Elastic Medium --

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]
*Masaya Kimura[1], Nobuki Kame[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo

地震発生に伴う物理現象の数理モデルにおいて，弾性変形場の歪み・応力・密度摂動との相互作用を考える問題においては，グリーン関数の空間2階微分の評価がしばしば必要となる．断層面上で応力と滑り速度の間に成り立つ境界積分方程式を用いた動的破壊問題の定式化はその典型である．近年，地震の即時検知の高度化の可能性として，地震発生に伴い光速で伝わる重力場・電磁場摂動の検出が提案されている．弾性波速度で広がっていく応力や密度の摂動は，ピエゾ電気・磁気や重力変化を引き起こす．このようなモデルにおいてもグリーン関数の2階微分の評価が必要になる．これらの研究では，震源をダブルカップル点震源とし，関連する物理量（電磁場摂動研究の場合は応力，重力場摂動研究の場合は密度摂動）に対して全無限グリーン関数（全無限均質等方弾性媒質中における動弾性グリーン関数の解析解）の空間2階微分を含む表現を導出している．全無限グリーン関数の空間2階微分の導出は，特段の難しさはないものの高次テンソルのため大変煩雑である．任意の力源に対して関連する物理量が全て統一的に記された公式を利用できれば，各自の研究テーマに専念でき便利であろう．

そこで本研究では，全無限グリーン関数の空間2階微分，およびこれを用いたモーメントテンソルで記述される点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現を導き公式として記す．この過程で得られるシングルフォース震源に対する表現式も同時に記す．次に，近年注目を集める地震の即時重力変化検出の研究について紹介し，弾性体中のダブルカップル震源が引き起こす重力摂動の理論モデル波形が，本稿の公式により簡便に，任意の震源に拡張されることを示す．また，公式の応用例として，地震により4象限型に動的に再分配される質量をマグニチュードの関数として導き概算を示す (Table 1).

Table 1. The relationship between M_w of an earthquake and dynamically induced quadratic earthquake mass redistribution.

Reference: 木村将也・亀伸樹, 2018, 表現定理とグリーン関数 (3) ー 全無限グリーン関数の２階微分を用いた点震源が引き起こす歪み・応力・密度摂動場の表現 ー, 地震2, 71, 153-160, doi:10.4294/zisin.2017-20

キーワード：グリーン関数
Keywords: Green's Function

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

M_w	$\delta m^{DQM}(M_w) = 10^{1.5M_w+1}[\mathrm{kg}]$
1.0	$10^{2.5} \sim 3 \times 10^2$
2.0	$10^{4.0} \sim 1 \times 10^4$
3.0	$10^{5.5} \sim 3 \times 10^5$
4.0	$10^{7.0} \sim 1 \times 10^7$
5.0	$10^{8.5} \sim 3 \times 10^8$
6.0	$10^{10.0} \sim 1 \times 10^{10}$
7.0	$10^{11.5} \sim 3 \times 10^{11}$
8.0	$10^{13.0} \sim 1 \times 10^{13}$
9.0	$10^{14.5} \sim 3 \times 10^{14}$

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層面上における高周波励起現象の解釈を可能にするすべり速度・破壊伝播速度変化の可視化手法

Development of a method of visualization of abrupt changes in slip-rate and rupture velocity toward better understanding of high-frequency radiation on a fault.

*鮎貝 崇広[1]、八木 勇治[2]、奥脇 亮[3]、茅野 奎太[3]、清水 宏亮[3]
*Takahiro ayukai[1], Yuji Yagi[2], Ryo Okuwaki[3], Keita Kayano[3], Kousuke Shimizu[3]

1. 筑波大学生命環境学群、2. 筑波大学大学院 生命環境系、3. 筑波大学大学院生命環境科学研究科
1. School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, 3. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

地震破壊時に断層にて放射される地震波の高周波成分は，断層面上におけるすべり速度と破壊伝播速度の急変によって励起されることが理論的研究 (例えばSpudich and Frazer, 1984, BSSA) によって予想されてきた．波形インバージョン法は，観測波形を説明しうる震源過程モデルを構築することで，断層面上におけるすべり速度の時空間分布を推定する手法である．波形インバージョン法では，平面断層を仮定した上でそれを格子状に分割し，その分割領域ごとのすべり速度の時間変化が重み付けされた基底関数の重ね合わせによって計算される．一方，Back Projection (BP) 法（Ishii et al., 2005, Nature）やHybrid BP (HBP) 法（Yagi et al., 2012, EPSL）は，観測波形を用いて地震波の放射源を推定する手法である．BP/HBP法は，波形インバージョン法では取り扱うことが難しい地震波の高周波成分に適用することができ，高周波励起源の推定に用いられてきた．これまで，BP/HBP法と波形インバージョン法を用いた統合的な解析によって高周波励起現象と破壊過程の関係が議論されてきたが，BP/HBP法によって求まる高周波イメージとすべり速度や破壊伝播速度との物理的な対応は必ずしも確立されておらず，断層面上での高周波励起現象と破壊過程の議論は，間接的かつ定性的な性質に留まっていた．

本研究は，波形インバージョン法によって得られるすべり速度の時空間分布を用いて，断層面上におけるすべり速度の変化と破壊伝播速度の変化を直接計算する手法を開発し，高周波励起に関係する破壊過程を定量的に検証することを目的とする．本手法において，断層面上のある領域におけるすべり速度時間関数のうち最大となる時のすべり速度をその領域での代表的なすべり速度，また，すべり速度時間関数が最大となるときの時刻を代表的な破壊の時刻であるとし，代表的なすべり速度の分布に対して空間勾配を計算することで，すべり速度の変化を求めた．また，代表的な破壊の時刻と破壊が一定の速度で伝播した時の時刻との差の空間勾配を計算することで，破壊伝播速度の変化を求めた．すべり速度・破壊伝播速度変化の抽出には，Yagi and Fukahata (2011, GJI) の手法 (以下，YF11とする) で求めた震源過程モデルを用いた．YF11は，グリーン関数の不確定性を観測誤差の共分散成分として考慮することで，従来手法に比べてすべり速度時間関数に対する基底関数の数を増加させることを可能とし，推定されるすべり速度時間関数の高い分解能を実現したことで，観測波形の高周波成分をより説明できるすべり速度時間関数を得ることに成功している．したがって，YF11により求められたモデルを用いることで，高周波励起に関与するすべり速度・破壊伝播速度の変化を抽出できることが期待される．

本研究で開発した手法を，2015年ネパール・ゴルカ地震 (M_W 7.9) と2010年チリ・マウレ地震 (M_W 8.8) に適用し，すべり速度・破壊伝播速度の急変域を求めた．すべりモデルはそれぞれ，Yagi & Okuwaki (2015, GRL)，Pulido et al. (2011, EPS) を用いた．解析の結果，両者の地震において，大すべり域のうち震源に近い方の端においてすべりが急加速し，震源から遠い方の端においてすべりが急減速している様子が推定された．また，破壊が大すべり域に差し掛かる直前と大すべり域から抜けた直後に破壊が急減速しており、すべり

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

速度の急変よりも破壊伝播速度の急変の方が早いタイミングで生じている様子も推定された．さらに，本解析結果とHBP法により求めた高周波励起源 (Yagi and Okuwaki, 2015, GRL; Okuwaki et al., 2014, Sci. Rep) の比較を行った．2つの地震について，本解析で得られた急変域の空間分布とHBP法による強い高周波励起の空間分布は調和的であった．本研究によって，高周波励起源の原因であるすべり速度と破壊伝播速度の急変が時空間的に独立して生じていることが明らかとなり，本結果は，大すべりを伴う巨大地震の破壊過程を理解する上で重要となる．

キーワード：高周波励起、波形インバージョン法、すべり速度、破壊伝播速度、2015年ネパール・ゴルカ地震、2010年チリ・マウレ地震
Keywords: High frequency, Waveform inversion, Slip rate, Rupture velocity, 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, 2010 Maule, Chile, earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インバージョン法を用いた震源過程解析に見られる諸問題
Issues in earthquake-source-inversion analysis, evaluated through singular value decomposition

*茅野 奎太[1]、八木 勇治[1]、奥脇 亮[1]、清水 宏亮[1]
*Keita Kayano[1], Yuji Yagi[1], Ryo Okuwaki[1], Kousuke Shimizu[1]

1. 筑波大学
1. Tsukuba University

震源過程のインバージョン解析では，震源過程に対して先験的に得られた情報を用いることで,観測データに対する震源過程モデルの構築を安定化することができる．とくに観測データに対する先験的情報の重みの評価に赤池・ベイズ情報量規準(ABIC; Akaike, 1980) を用いることで，観測データがモデルを拘束する強さを一意に決めることができる．しかし，観測データ・先験的情報それぞれが拘束する像が，モデルでどのように発現するか把握しない限り，仮定した先験的情報とその重みの妥当性を評価することは難しい．モデルの拘束は，震源過程モデルから観測データ・先験的情報を写像するカーネルが実行するため，カーネルの構成要素を基準にモデルを眺めることで，観測データ・先験的情報が拘束する像の特性を捉えることができる．そこで本研究は, 2016 年熊本地震(M_W7.0) の震源過程に対する線形インバージョン解析において，カーネルを特異値分解して得られた特異値・特異ベクトルによりモデルを基底展開した. さらに，観測データに対する先験的情報の重みを ABIC 評価値より強化，および弱化したときの特異値・特異ベクトルの特徴を, モデルの平滑化条件および L2 ノルム最小化条件をそれぞれ先験的情報とした場合で調べた．観測データ・先験的情報の誤差はガウス分布に従うとし，観測データに対する先験的情報の分散比を先験的情報の重みとした．観測データには，Global Seismographic Network 27 地点で記録された遠地実体波P 波速度波形の上下動成分を用いた．そして，断層破壊領域として仮定した長さ42 km，幅12 km の矩形領域に対して, 空間方向へ 2 km 間隔，時間方向へ0.3 秒間隔で与えた5 成分の基底モーメントテンソル(Kikuchi & Kanamori, 1991) の重みをモデルパラメターとした．5成分の基底モーメントテンソルをモデルの記述に用いることで，断層滑りと断層形状の時空間変化を同時に震源過程としてモデル化することができる(Shimizu et al., 2019, under review).

2016 年熊本地震では北西傾斜・北東走向の日奈久断層・布田川断層でそれぞれ，右横ずれ・正断層を伴う右横ずれの滑りが発生したことが，余震分布, 地表地震断層の露出位置・変位から示唆されている(Yoshida et al., 2016; Shirahama et al., 2016). 平滑化条件下の解析で推定されたモーメント速度テンソルの空間分布は, ABIC を用いた場合，破壊開始後5 秒で北東走向の右横ずれ滑り，破壊開始後9 秒で北東走向の正断層を伴う右横ずれ滑りを示し，余震分布・地表地震断層の特徴と整合的であった．一方, 先験的情報の重みを強めた場合では，破壊開始後5 秒において東西走向で北側隆起の垂直滑りが卓越し, 弱めた場合では，破壊開始後9 秒において逆断層滑りが見られたため, 余震分布・地表地震断層の特徴を説明できなかった. 平滑化条件下で特異値分解を行い, どのような因子がモデルを定めているか検討したところ, 先験的情報の重みを強めた場合は, グリーン関数(観測データのカーネル)の振幅特性を有する特異ベクトルが強調されたモデルが, 弱めた場合では, 先験的情報に対するカーネルが定める特異ベクトルの特性が反映されたモデルが得られていることがわかった. 観測データ・先験的情報に対するカーネルはそれぞれモデルを歪める因子を内包しており, 先験的情報の重みの強弱によりそれぞれの因子の発現の強弱が変化し, モデルが歪められる構造になっていた. L2 ノルム最小化条件下の解析で推定されたモーメント速度テンソルの空間分布は，ABIC を用いたにも関わらず破壊開始後5 秒において東西走向・北側隆起の垂直滑りが卓越していた．L2 ノルム最小化条件下では, グリーン関数から構築される特異値・特異ベクトルの特性が保持されているため，先験的情報の重みに関係なく，グリーン関数の振幅特性を有する特異ベクトルでモデルが強調されていた.

本研究から，平滑化条件下では, ABIC に基づいたインバージョン解析が, 観測データ・先験的情報が持つモ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

デルを歪める因子の発現が顕著にならないように機能することがわかった．さらに，ノルム最小化条件を用いたインバージョン解析は，たとえABIC に基づいたとしても, グリーン関数の振幅特性がモデルが歪めるため, うまく機能しないことがわかった.

キーワード：特異値分解、先験的情報、平滑化、L2 ノルム最小化、グリーン関数、赤池・ベイズ情報量規準
Keywords: singular value decomposition, prior information, smoothing, L2 norm minimization, Green’s function, Akaike's Bayesian Information Criterion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Source process of recent M6-class inland earthquakes in Japan

*柴田 律也[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、井出 哲[2]
*Ritsuya Shibata[1], Naofumi Aso[1], Junichi Nakajima[1], Satoshi Ide[2]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

In recent years, inland earthquakes frequently occur in Japan including the 2016 Kumamoto earthquake (Mw7.0). Among them, M6-class events are the best targets to study the mechanics of two-dimensional rupture propagation, since smaller events are more difficult to study finite slip distribution while rupture area of larger events tend to be restricted in depth. For this purpose, we investigate the source process of the 2016 Central Tottori earthquake (Mw6.2) and the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (Mw6.6), which are characterized by strike-slip and reverse-fault types, respectively, by applying slip inversion to strong-motion seismograms.

We use KiK-net stations deployed and maintained by NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience) within 50 km from the epicenter for both earthquakes. Fault geometry is assumed to be same as Kubo et al. (2017) for the 2016 Central Tottori earthquake, while we assume the fault geometry of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake from the aftershock distribution. Fault discretization, source duration, source time discretization, and band-pass filters are optimized manually for each event.

Regarding 2016 Central Tottori earthquake, there has been discrepancies between previous studies. While Kubo et al. (2017) reported the slip of 0.3–0.6 m widely distributed over 5×8 km^2, Ross et al. (2018) estimated concentrated slip of >4 m in 3×3 km^2. Recently, Meneses-Gutierrez et al. (2019) obtained the slip of 1–2 m over 5×5 km^2 by analyzing GNSS (Global Navigation Satellite System) data. Our results mainly agree with Kubo et al. (2017), but larger slip is distributed more heterogeneously in our model because we do not apply smoothing. The concentration of slip near the hypocenter as reported by Ross et al. (2018) is also confirmed especially when we use finer model resolution. Therefore, the discrepancy reported in the previous studies may be due to the resolvability of slip with strong directivity in ordinary finite fault inversion, which usually requires sparse discretization and/or a smoothing constraint.

As a result of slip distribution of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, we obtained the slip in between right-lateral strike-slip type and reverse-fault types at the beginning, which is consistent with the mechanism determined by JMA (Japan Meteorological Agency) using first-motion polarities, while total slip is predominated by the reverse-fault component, which is consistent with the CMT (centroid moment tensor) solution determined by NIED using surface wave amplitudes. The final slip is separated in the shallow part and the deep part, similar to the distribution of aftershocks.

In both earthquakes, the rupture tends to expand in the direction parallel to the slip regardless of the rake direction. The prevailing mode II rupture over mode III rupture is consistent with the expectation from rupture mechanics (e.g., Day, 1982; Madariaga et al., 1998).

キーワード：鳥取県中部地震、北海道胆振東部地震、内陸地震

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 2016 Central Tottori earthquake, 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, inland earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Expected slip direction on assumed fault planes of large earthquakes inferred from stress field after the 2016 Kumamoto earthquake sequence, in central Kyushu, Japan

*光岡 郁穂[1]、松本 聡[2]、志藤 あずさ[2]、清水 洋[2]、2016年熊本地震 合同地震観測グループ
*Ayaho Mitsuoka[1], Satoshi Matsumoto[2], Azusa Shito[2], Hiroshi Shimizu[2], Group for urgent joint seismic observation of the 2016 Kumamoto earthquake

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University

In order to understand generation of earthquake, knowing the force acting on a fault plane is the great interest problem for us. We should find with which direction and magnitude a fault plane slips. Shear and normal stresses on a fault plane can be estimated from the stress field around a fault. Maximum shear stress direction on a fault plane constrains the slip direction of an earthquake on the fault based on Wallace-Bott hypothesis. In this study, we estimated the maximum shear stress directions on some fault planes from the stress field at hypocentral area of the 2016 Kumamoto earthquake sequence.
The 2016 Kumamoto earthquake sequence occurred at Hinagu and Futagawa fault zones in Kumamoto prefecture, central Kyushu Island, Japan. The area was high seismicity area before the sequence. The largest foreshock with Mj 6.5 (Mj: magnitude by Japan Metrological Agency) on April 14, 2016 was located in Hingau fault zone. The mainshock (Mj 7.3) occurred on April 16, 2016. Many earthquakes occurred around these faults after the mainshock and continue until now. Some fault planes are determined from the aftershock hypocenter distribution.
Maximum shear stress direction on a fault is a projection of a traction vector that is calculated from the fault geometry and the stress field. In other word, we can consider slip direction on a fault from stress tensor and fault geometry. In the hypocentral area of the 2016 Kumamoto Earthquake sequence, evaluation of strong ground motion is important to mitigate damage of further coming earthquake. Slip direction is one of the key for the evaluation. Here, we showed expected slip direction on fault plane proposed by Iwata et al. [2019] from their geometry and the stress field estimated by Mitsuoka et al. [2019] using the seismic moment tensors.Most of the expected slip direction on the assumed faults reveal either simple strike slip or normal fault types. However the maximum shear stress directions on some faults change to have large upward component at shallow depth. The result suggests complicated slip could occur on the candidate faults in a case of large earthquake faulting.

キーワード：応力場、剪断応力、2016年熊本地震
Keywords: stress field, shear stress, 2016 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震による繰り返し地震の震源パラメータ変化
Spaciotemporal change of source parameters of repeaters due to the 2011 Tohoku-Oki earthquake

*立岩 和也[1]、岡田 知己[1]、河野 俊夫[1]、内田 直希[1]
*Kazuya Tateiwa[1], Tomomi Okada[1], Toshio Kono[1], Naoki Uchida[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

東北日本の太平洋プレート沈み込み帯では多くの小繰り返し地震が発生している。これら繰り返し地震の震源特性やその時空間変化を理解することは、プレート運動に伴う載荷速度や繰り返し地震と同じ構造で発生すると考えられる大規模地震の発生メカニズムなどを理解するうえで重要な手掛かりとなる。本研究では2011年東北地方太平洋沖地震（本震）の前後（2011年の前後５年）にプレート境界で発生した繰り返し地震について、地震観測波形を用いて推定される震源パラメータの変化について調べた。なお、本研究で解析対象となる繰り返し地震は約3000系列で総数は約7000個である。本発表では岩手県釜石沖と岩手県岩泉で発生した繰り返し地震の特徴について述べる。

釜石沖では繰り返し間隔がおよそ５年でM4.9前後の地震が起きていたのだが、本震直後は繰り返し間隔が非常に短くなり、またマグニチュードも非常に大きくなった。その後は繰り返し間隔、マグニチュード共に本震前の傾向に近づいている。スペクトル比法から求めた応力降下量については、本震前は約14 MPaであったが、その後はバラつきがあるものの本震前よりも小さくなっていき、1-3 MPa程度に落ち着いていく様子が見られる。コーナー周波数から断層半径を推定しその時間変化を見ると、本震前は約1 kmであったが本震直後はおよそ５倍にまで大きくなったことが分かった。また、断層半径についても時間の経過とともに本震前のサイズに戻っていく様子が見られたが、これはすべりインバージョンによって破壊域を求めたUchida et al. (2015)の結果と一致するものである。このような本震前後の変化は本震の余効すべりの影響によると考えられる。

一方、岩泉で発生する繰り返し地震は本震前後での明瞭なマグニチュードの変化や応力降下量の変化は見られなかった。もし、この地域が釜石沖よりも本震の余効すべりの影響をあまり受けていないとすれば、釜石沖と異なり、東北沖地震の影響が小さい可能性が考えられる。一方、コーナー周波数の方位分布から破壊の指向性を推定すると、M4以上の繰り返し地震では指向性が現れないのに対して、小さな地震では指向性が現れることが分かり、これらの繰り返し地震が複雑な破壊からなることが示唆される。岩泉の繰り返し地震は複合的な破壊を起こすことがあるという先行研究（荒尾・他, 2007）もあるため、この地域では、複合的な破壊や小破壊間の相互作用も繰り返し地震の発生様式に関わることが考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総スロースリップイベントのすべり分布とすべり速度ー応力の関係
Slip distributions and relation of slip-rate and shear stress for the Boso slow slip events

*小林 琢磨[1]、佐藤 利典[2]
*Takuma Kobayashi[1], Toshinori Sato[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 千葉大学大学院理学研究院
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. Graduate School of Science, Chiba University

房総半島沖合のプレート境界では地震波を放射せずにゆっくりとすべるスロースリップイベント（SSE）が、GNSS観測が開始した1996年から2018年までに6回検出されている。本研究ではこれまでの6回のSSEを統一的な手法に基づいて解析を行い、プレート境界面の摩擦特性の理解に迫ることを目的としている。

用いたデータは国土地理院による日々の座標値（F3解）である。SSEによる変動を抽出するために線形トレンドや季節変動などを除き、なめらかなフィッティングを行って3日間ごとの変動を取り出した。次にその変動データからABICインバージョン法を用いてすべり分布を推定した。求めたすべり分布からCoulomb 3.3を用いて応力変化の計算を行った。

解析の結果、各SSEですべり量やすべり中心の場所に違いがあることがわかった。最大すべり量が1996年と2014年は7 cmほど、その他の年（2002, 2007, 2011, 2018）では14-20 cmであった。また1996年と2014年はすべりの発生から収束までほぼ同じ領域で推移したのに対し、他の4つのイベントはすべりがより浅い南方へと広がった。剪断応力変化は主なすべり領域で0.1-0.3 MPaほどであった。対数すべり速度と剪断応力変化の関係から、SSEの開始期から安定活動期、収束期の流れが見え、安定活動期の軌跡の傾きは深さとともに大きくなっていた。

断層面のすべりを考える際に速度状態依存摩擦則を用いた。定常状態の摩擦強度を表す式から、対数すべり速度と摩擦強度のグラフ上で定常状態摩擦の線の傾きは、摩擦パラメータ$a-b$　と有効法線応力σnの積で表せる。SSEは準静的な安定すべりであり、その場の剪断応力変化は摩擦抵抗と釣りあっていると考えられる。上の摩擦則を用いた準静的すべりシミュレーションのモデル実験結果と本研究の結果を組み合わせることで、SSEの安定活動期の対数すべり速度と剪断応力変化の傾きを利用して、房総沖のイベント時の摩擦パラメータや有効法線応力を推定する事ができる。$a-b$=-0.003と仮定すると、傾きから有効法線応力は2ー20MPaほどであることが分かった。これはその深さにおける静岩圧よりはるかに小さな値であり、非常に高い間隙水圧の存在を示唆している可能性がある。

謝辞：解析では国土地理院の日々の座標値（F3解）とUSGSのCoulomb 3.3プログラムを使用しました。記して感謝します。

キーワード：スロースリップ、すべり速度、応力変化、有効法線応力、速度状態依存摩擦則
Keywords: slow slip, slip rate, stress change, effective normal stress, rate and state dependent friction low

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震後に活発化した茨城県北部の地震活動：内陸地震の繰り返し

Repeating inland earthquakes in northern Ibaraki Prefecture activated after the 2011 Tohoku-Oki earthquake

高橋 諒[1]、*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、松澤 暢[1]
Ryo Takahashi[1], *Keisuke Yoshida[1], Akira Hasegawa[1], Toru Matsuzawa[1]

1. 東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター
1. Tohoku University

2016年12月28日に茨城県北部で発生した M6.3の地震は，2011年3月19日 のM6.1茨城県北部の地震と同一の断層で，再び滑りを生じさせた可能性が指摘されている (Fukushima et al., 2018; Uchide, 2017, JpGU)。内陸断層においてそのような短期間に同一の場所で繰り返し地震が発生するという報告例は非常に珍しく，その発生過程を詳細に調べることは地震発生サイクルの理解のために非常に重要であると考えられる。本講演では，空間分解能の上では地表で得られる測地データよりも高い解像度を持つ地震の震源データを用いることにより，2011年と2016年の地震の発生過程について調べている内容について紹介する。

最初に，地震波形の相互相関を用いて茨城県北部で発生した地震の震源位置の再決定を行った。対象としたのは気象庁一元化カタログ記載の 2003年から 2018年10月31日までM_{JMA}>2の地震 13,410個である。Yoshida & Hasegawa (2018)と同様に，波形相関により求めた精密な P, S波の相対到達時刻差データを用いた Double-Difference法 (Waldhauser & Ellsworth, 2002)により，相対震源決定精度を大幅に向上させた。

得られた震源分布は複雑な特徴を持つものの，茨城県北部地域においては西傾斜する一枚の卓越した面構造が見られ，メカニズム解との比較からもこの面が 2011年や2016にM6の地震を生じさせた断層面に対応すると考えられる。 2016年のM6地震後に周辺で震源の面構造が新たに生じると言うことは無く，余震のほとんどは以前から見えていたと同じ面に集中して分布する。このことは，2016年のM6.3の地震が 2011年に発生した M6.1の地震と同じ断層面で滑りを生じさせたとする Fukushima et al. (2017)らの推定結果を支持する。

M6規模の地震が同一場所で繰り返して発生したとすると，それより小さい規模の地震も同様に同じ場所で繰り返し生じていたかもしれない。詳細な震源位置と波形相関に基づき，M>2の地震の発生場所を調べた結果，M6規模の地震の主要な破壊域（Fukushima et al., 2018）の周囲に，それを取り囲むように繰り返し地震と推定される多数の地震群が見出だされた。これらの小繰り返し地震は、M6規模の地震の後に生じた余効滑りが原因で発生したと考えられる。Nadeau & Johnson (1998)による地震モーメントと滑り量の関係式に基づくと，場所にもよるが同一箇所で数十センチ程度と，本震滑りと同程度のすべりが生じていたことが推定され，その大きさはおよそ本震の滑り量と同程度であった。また、2011年の地震後の方が、2016年の地震後よりも滑り量が大きく、Fukushima et al. (2018)の推定と一致する。これらのことは，余震の発生や地震発生サイクルの理解のために，本震による応力変化の影響のみならず，本震後の余効滑りが大きく影響していることを意味する。

キーワード：earthquake cycle、northern Ibaraki earthquake、aftershock
Keywords: repeating earthquake, afterslip, the 2011 Tohoku-Oki earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

Introduction

9:15 ~ 9:30

[SSS15-05] 北海道東部，標津断層帯における新たな断層変位地形とその活動性調査

*吾妻 崇[1]、廣内 大助[2]、奥村 晃史[3]、谷口 薫[4]、小俣 雅志[4]、郡谷 順英[4] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.信州大学、3.広島大学、4.株式会社パスコ)

9:30 ~ 9:45

[SSS15-06] 六ヶ所断層の活動による海成面の変形

*渡辺 満久[1] (1.東洋大学社会学部)

9:45 ~ 10:00

[SSS15-07] 奄美群島喜界島におけるサンゴマイクロアトールの分布と年代からみた過去約600年の地殻上下変動

*宍倉 正展[1]、前杢 英明[2]、越後 智雄[3]、行谷 佑一[1]、石山 達也[4]、金城 遼[2]、井上 直人[3] (1.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、2.法政大学、3.一般財団法人地域地盤環境研究所、4.東京大学地震研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS15-08] 活断層の地震時変位量は地震サイクル毎にどう変化するか—糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層における例

*高橋 直也[1]、遠田 晋次[2] (1.東北大学理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所)

10:15 ~ 10:30

[SSS15-09] 糸魚川―静岡構造線活断層系神城断層における高解像度極浅層S波反射法地震探査

*池口 直毅[1]、松多 信尚[2]、楮原 京子[3]、岡田 真介[4]、廣内 大助[5]、石山 達也[1]、野田 克也[6]、佐藤 比呂志[1] (1.東京大学地震研究所、2.岡山大学大学院教育学研究科、3.山口大学教育学部、4.東北大学大学院理学系研究科、5.信州大学教育学部、6.株式会社ジオシス)

北海道東部，標津断層帯における新たな断層変位地形とその活動性調査
Paleoseismological survey on the Shibetsu fault zone in the eastern part of Hokkaido, Japan

*吾妻 崇[1]、廣内 大助[2]、奥村 晃史[3]、谷口 薫[4]、小俣 雅志[4]、郡谷 順英[4]
*Takashi Azuma[1], Daisuke Hirouchi[2], Koji Okumura[3], Kaoru Taniguchi[4], Masashi Omata[4], Yorihide Kohriya[4]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 信州大学、3. 広島大学、4. 株式会社パスコ
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Shinshu University, 3. Hiroshima University, 4. Pasco CORPORATION

北海道東部に位置する標津断層帯において，活動履歴及び平均変位速度に関する調査を実施した．標津断層帯は，北海道東部の知床半島の付け根（目梨郡羅臼町，標津郡標津町，中標津町）に位置する長さ約52 ㎞以上におよぶ断層帯である．活断層研究会編（1990）が示した丸山西方付近，古多糠断層，開陽断層，荒川ーパウシベツ川間の4つの逆断層で構成される．地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は，北海道が2003年度と2004年度に実施した活断層調査の成果に基づいて断層帯の活動性を評価し，平均変位速度，最新活動時期，平均活動間隔を不明とした．一方，産総研の活断層データベースでは，同地域の活断層を，「古多糠活動セグメント」からなる「古多糠起震断層」と「開陽活動セグメント」と「養老牛活動セグメント」からなる「開陽起震断層」に区分し，それぞれの活動セグメントにおける平均変位速度と平均活動間隔について，暫定的な値を与えている．今回，文部科学省から受託した「内陸および沿岸海域の活断層調査」（2016-2018年度）の一部として，2018年度に標津断層帯の活動履歴および平均変位速度を明らかにすることを主目的とした地質調査を実施した．調査内容は，空中写真を用いた地形判読調査，露頭調査，トレンチ調査，ボーリング調査，航空レーザー測量の3項目である．調査の結果，これまで認定されていた活断層の周辺に，最終氷期に形成された扇状地面の変形が認められた．本発表では，標津町古多糠地区で新たに見出された断層崖で実施したトレンチ調査および群列ボーリング調査の結果について報告する． 標津町古多糠地区には，比高2～5 m程度の西側隆起の崖地形が南北方向に約2 kmにわたって分布する．この崖地形は，これまで認定されていた活断層とは異なるものであり，既往の航空レーザー測量データに基づく地形解析によって新たに見出された地形であり，扇状地面を流向とほぼ直交する方向に直線的に横切ることから断層崖である可能性が高いと判断した．今回の調査では，この崖地形を横切ってトレンチ１孔（長さ約25 m，幅約8 m，深さ約4 m）と群列ボーリング4孔（KTN-01～KTN-04，掘削深度各5 m）を掘削した．トレンチ壁面では，この周辺に広く分布する摩周Ⅰ軽石（約12,000年前）とそれを覆う黒色土に約40 ㎝の西側隆起の変位を与える高角な断層が確認された．また，段丘礫層直上から採取された腐植質シルトから22,140-21,690 cal.BCおよび20,587-20,343 cal.BCの放射性炭素年代が得られた．断層崖を挟んだ群列ボーリング掘削地点（KTN-01およびKTN-04）間における地形面の比高は約2 m，礫層上面の比高は約3 mである．崖地形基部付近のトレンチ壁面で観察された細粒堆積物には，周氷河作用を受けたと思われる地層の変形が認められるため，これらの変形と断層変位とを見極めながら，断層活動時期および平均変位速度について検討を行った結果を報告する．

キーワード：活断層、古地震調査、トレンチ調査、火山灰編年、標津断層帯、北海道
Keywords: active fault, paleoseismology, trenching survey, tephrochronology, the Shibetsu fault zone, Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

六ヶ所断層の活動による海成面の変形
Deformation of marine terrace surfaces associated with active Rokkasho fault in southern Shimokita peninsula, northern Japan

*渡辺 満久[1]
*Mitsuhisa Watanabe[1]

1. 東洋大学社会学部
1. Faculty of Sociology, Toyo University

1 はじめに

青森県の下北半島南東部には、複数の海成段丘面を大きく変形させる逆断層（六ケ所断層）がある。この活断層は、下北半島の東方海域に分布する長大な大陸棚外縁断層の南端部に相当する。六ヶ所断層の活動により、本地域の海成段丘面は東（海側）へ傾いて六ケ所撓曲が形成されている（渡辺ほか、2008；渡辺、2016）。いくつかの露頭において、MIS 5eの海成層は東（海側）へ5度以上傾斜していることや、MIS 5cの海成層が2度程度傾斜していることが確認されている。また、変形がやや不明瞭なMIS 5cの海成面が分布する撓曲崖東部においても、MIS 5eの海成層は東へ約2度傾斜しており、六ヶ所断層の活動による変形の範囲がより明瞭となってきた（渡辺、2018）。本研究では、上記した活構造を整理し、六ヶ所断層の特性を明確にする。現地調査には、平成30年度科学研究費補助金（基盤研究（C）研究代表者：渡辺満久）の一部を使用した。

2 海成面と海成層の傾斜

本地域においては、複数の海成段丘面が分布しているが、六ヶ所断層の活動を明瞭に記録しているのは、MIS 5eとMIS5cに形成された海成段丘面である。六ヶ所断層による変形を受けていない地域では、MIS 5eの海成段丘面はほとんど水平分布しており、東（海側）へ0.3～0.6度程度傾斜しているにすぎない。六ヶ所断層の活動によって、両海成段丘面は東西幅数100 m～1 km程度の範囲で変形し、1～2度程度以上の傾斜で東へ傾斜している。

老部川北方の撓曲崖の中央部では、MIS 5eの海成層（Toya火山灰に覆われる）にアバットするMIS 5cの海成層（To-RD等に覆われる）が確認されている。前者は約5～6度、後者は約2～3度、ともに東へ傾斜している。

老部川南方の撓曲崖東部においては、MIS 5cの海成層が東へ1.3度傾斜しており、複数の液状化跡が確認されることがある。また、MIS 5cの海成層（Toya火山灰が挟在する）がMIS 5eの海成層（Toya火山灰に覆われる）にアバットすることが確認される露頭があり、上位のMIS 5cの海成層は1.3度程度、下位のMIS 5eの海成層は2度以上東へ傾斜している。その基盤である新第三系は東方へ30度程度傾斜している。

3 逆向き低断層崖と層面滑り断層

上記したように、老部川南方の六ヶ所撓曲東部では、MIS 5cの海成層はMIS 5eの海成層にアバットしている。ところが、両段丘面の境界部には低崖があり、東側が2m程度高くなっている。すなわち、MIS 5cの海成段丘面の方が高い位置にあるので、この低崖は変動崖であると判断できる。日本原燃（2015）のトレンチ調査によれば、この低崖の位置に、東へ傾く新第三紀層の層理面に沿って東上がりの逆断層運動が発生していることが図示されている。逆断層近傍の鉛直変位量は約0.8 mとされているが、より広範囲に見ると鉛直変位量はその2倍程度ある。すなわち、地形的に認定される変動崖と調和するような東上がりの逆断層が確認されている。層面滑り断層は、新第三系の東への傾斜が継続するために発生していると考えられる。

4 まとめ

MIS 5eおよびMIS 5cの海成段丘面は、東西幅数100 m～1 kmの範囲で東へ折れ曲がり傾斜を増してい

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る。このような変形は露頭でも確認され、同程度の範囲においてMIS 5eの海成層は2～5度以上、MIS 5cの海成層は1度程度以上東へ増傾斜している。

海成層の基盤をなす新第三系も東へ30度以上傾斜しており、その層理面に沿って東上がりの逆断層運動が発生している。その活動の痕跡は地形的にも明瞭に認識できる。このような断層運動は、新第三系の傾斜によって発生するのであり、新第三系の構造が活構造であることを示している。

日本原燃が実施した多数のボーリング調査結果（日本原燃、2015など）によれば、六ケ所撓曲と一致する範囲で新第三紀層が東へ急傾斜していることが明示されている。層面滑り断層の存在は、この構造が活構造であることを示している。変動地形学的に認定される六ケ所撓曲が活構造であることに疑いはない。幅1 km程度の撓曲は、地下における逆断層（六ヶ所断層）の活動によってもたらされているはずである。断層運動なしに、たとえば「緩慢な変形」といったことが生じているとは考えられない。

なおこの地域には、西上がりの逆断層である出戸西方断層が存在する。この活断層は、幅広い撓曲崖の中央部に位置しており、六ケ所断層に付随する活断層であることは確実である。

【文献】 日本原燃、2015、第46回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合資料：渡辺ほか、2008、活断層研究、29：渡辺、2016、活断層研究、44：渡辺、2018、科学、88.

キーワード：海成段丘、撓曲崖、層面すべり逆断層、活断層
Keywords: marine terrace, flexural scarp, bedding reverse fault, active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

奄美群島喜界島におけるサンゴマイクロアトールの分布と年代からみた過去約600年の地殻上下変動

Vertical crustal movement during the past 600 years in the Kikai Island, deduced from the height distribution and ages of coral microatolls

*宍倉 正展[1]、前杢 英明[2]、越後 智雄[3]、行谷 佑一[1]、石山 達也[4]、金城 遼[2]、井上 直人[3]
*Masanobu Shishikura[1], Hideaki Maemoku[2], Tomoo Echigo[3], Yuichi Namegaya[1], Tatsuya Ishiyama[4], Ryo Kinjo[2], Naoto Inoue[3]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2. 法政大学、3. 一般財団法人地域地盤環境研究所、4. 東京大学地震研究所
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Hosei University, 3. Geo-Reserch Institute, 4. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

喜界島は最終間氷期のサンゴ礁段丘が200 m以上の高度にあることから，隆起運動の活発な地域として知られている．その隆起過程は4面に区分される完新世海成段丘から1500-2000年ごとに1-2 m程度，間欠的に隆起していると考えられてきた（Sugihara et al., 2003など）．しかし最近，定常的な隆起とわずかな地震性隆起をきっかけとした侵食作用が段丘形成の主要因であるとのシミュレーション結果も提示されている（Shikakura, 2014）．測地観測によると，GNSSの観測では年間2 mm程度で隆起しているが，水準測量の結果（1997年9月と2014年4月の比較）では年間約1 mmで沈降しているという，相反した結果が得られている（伊藤ほか，2015）．このように喜界島の地殻上下変動様式については様々な見解や観測結果がある．そこで我々は，天然の検潮儀であるサンゴマイクロアトールに着目し，その分布と年代から喜界島の長期的な地殻上下変動を復元することを試みた．

ハマサンゴの仲間が形成するマイクロアトールは，低潮位を基準に成長するため，海面変動を年単位で記録しており，地殻上下変動の復元において非常に優れた旧汀線指標である．我々は喜界島の北部，東部，南部の3地点で合計25個体の現成マイクロアトールと，1個体の離水マイクロアトールを発見した．現成マイクロアトールのうち5個体の詳細な断面測量を行うとともに，離水マイクロアトールについては切断してCTスキャン撮影を行い，年縞の観察を行った．さらに一部の試料について^{14}C年代測定を行い，海洋リザーバー効果についてはHirabayashi *et al.* (2017)による喜界島のデータに基づいて較正を行った．

北部小野津地区における現成マイクロアトールは，いずれも頂面の高度が-1.01−-1.07 m（TP）でほぼフラットであり，最大のものは半径が78.8 cmであった．また本地域で発見した離水マイクロアトールは半径が270 cmあり，頂面はほぼフラットであるものの，中心付近の高度が-0.80 m（TP），縁辺部が-0.87 m（TP）で，中心から縁辺部へ向かってごくゆるやかに高度を減じている．しかしながら現成マイクロアトールと比較して20 cm程度高く，生息可能深度を超えていることは明らかである．CTスキャン画像から，水平方向への成長が明確な260 cmの範囲で年縞を計数したところ，237年分が確認できた．すなわち平均約1.1 cmずつ成長していることがわかる．^{14}C年代は中心付近でAD1305-1425，縁辺部付近でAD1489-1650であり，年縞と調和的である．縁辺部のさらに外側の海中には，さらに40-50 cm程度拡大していたことを示す外縁部分が原型をとどめたまま崩れて沈んでおり，その縁辺部の^{14}C年代はAD1537-1690であった．離水マイクロアトールの解析から得られた成長速度に基づけば，本地域の現成マイクロアトールの成長開始年代はおよそ72年前まで遡ることができる．

東部嘉鈍地区で確認した現成マイクロアトールのうち最大のものは半径145.6 cmあり，成長開始年代を推定

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

すると，およそ132年前まで遡ることができる．中心に近い部分の^{14}C年代はAD1680-1880であり，やや古い値だが矛盾はない．頂面の形状は成長期間を通じておおよそ水平だが，高度は-1.06 m（TP）から-1.20 m（TP）の間で若干の凹凸もあり，外縁部がやや盛り上がっている．

南部上嘉鉄地区でも頂面がほぼ水平な現成マイクロアトールを確認し，最大のものは半径80 cmで，北部小野津地区とほぼ同じくおおよそ72年前まで遡ることができる．

以上の結果に基づけば，喜界島の相対的海水準変動は14世紀頃から17世紀頃まで300年近くかけて緩やかに7 +α cm低下し，17世紀頃もしくはその後19世紀までの間に20 -α cm 急速に低下したことがわかる．また少なくとも137年前以降，海面は最大で10 cm程度の変動をしながらトータルでは島全体としてほぼ安定している．これらの変動の成分について，地殻変動とユースタティックな海面変動との分離は難しいものの，仮にすべて地殻変動の影響と考えた場合，少なくとも過去約600年に渡って一定速度で隆起しているというわけではないということが言える．また17世紀頃もしくはその後19世紀頃までの間の急速な変動は地震性の間欠的な隆起であった可能性がある．

CTスキャン画像取得においては公益財団法人地球環境産業技術研究機構にお世話になった．本研究は文部科学省（JAMSTEC委託）の南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの一環として実施している．

キーワード：喜界島、地震、地殻変動、海水準変動、サンゴマイクロアトール
Keywords: Kikai Island, earthquake, crustal movement, sea level change, coral microatoll

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活断層の地震時変位量は地震サイクル毎にどう変化するか―糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層における例

Variation of coseismic fault displacements on multiple seismic cycles at a site: An example from the Kamishiro fault, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system, central Japan

*高橋 直也[1]、遠田 晋次[2]
*Naoya Takahashi[1], Shinji Toda[2]

1. 東北大学理学研究科地学専攻、2. 東北大学災害科学国際研究所
1. Graduate school of Science, Department of Earth Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

活断層における地震時の変位量を適切に予測することは，将来の地震規模推定に役立つだけではなく，近年注目されつつある断層変位ハザードの評価にも重要である．これに関して従来は，「活断層上のある地点での変位量は地震サイクル毎に概ね変わらない」という固有地震モデル（Schwartz & Coppersmith, 1984）を前提とする場合が多かった．一方で，近年の大量の古地震データやLiDAR等の定量的地形解析，年代測定手法の進歩から，活断層上の変位量は地震サイクル毎に有意に変化することが指摘され始めた（例えば，Zielke，2018；Schlagenhauf et al. 2010; DuRoss et al. 2011）．ただし，研究事例のほとんどが横ずれ断層であることや，非常に多くの変位基準を要するために調査可能な場所が限られることなどが課題として残っている．

本研究では，糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層を対象として古地震時の変位量を推定し，地震サイクル毎のばらつきについて検討した．神城断層を選定したのは，地表踏査やLiDAR差分解析から最新活動時（2014年長野県北部の地震，Mw6.2）の変位量が詳細に把握されていることに加え，過去数千年間に形成された段丘が複数存在しており，地震サイクル毎の変位量のばらつきを議論するのに適しているからである．また，複数のトレンチ調査や古文書記録から，2014年に先行する活動が西暦1714年の正徳小谷地震，2回前が約1200年前（西暦841年もしくは762年）の地震であることもほぼ特定されている．本研究ではまず，米軍撮影の空中写真をもとに長野県白馬村大出地区周辺に分布する低位段丘群を5面（上位から, T1～T5）に分類した．その後，各段丘面で30本ずつ作成した地形断面上でWolfe et al. (2018)の手法を用いて変位量を計算し，30本の平均と標準偏差を段丘の累積変位とした．この手法は，断層の浅部傾斜角，上・下盤の地形の平均傾斜角などの不確実性を考慮してネット変位量を推定するもので，より客観的に変位量を推定することができる．また，各段丘の離水年代を，新たに測定したT5面の^{14}C年代と既存研究から推定した．これらの結果から古地震時のネット変位量を見積もると，それぞれ1714年の地震で1.5±0.2m，1200年前の地震で2.7±0.4mとなった．次に，この結果をふまえて，大出地区における地震時変位量のCV（変動係数）を計算した．CVは不偏標準偏差を算術平均で除した無次元の値であり，0に近いほど地震ごとの変位量のばらつきが小さいことを意味し，1に近いほど変位量のばらつきが大きいことを意味する．既存の掘削調査結果からは，T1面（4960～2710 yBP）離水以降に2014年の地震を含めて４～6回の地震が発生していたと考えられる．このうち，上記のように具体的に明らかになっている直近3回より前の地震時変位量を推定するため，大出地区の段丘の累積変位量を再現でき，2014年の変位量（1.1±0.2m）よりも大きく1200年前の地震の変位量よりも小さいという拘束条件のもと，不明な1~3つの地震変位量の組み合わせをモンテカルロ法によって求めた．その後，これらの変位量の組を用いてCVを計算するとおよそ0.3～0.5になることがわかった．したがって，大出地点では，固有の変位が繰り返されているのではなく，極端ではないが無視できないほどの変動が生じている可能性がある．ただし，この結果はあくまで断層上の1点の結果であるため，この結果を断層全体の活動と関連づけるには，さらなる検討が必要である．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

【謝辞】
^{14}C年代は，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センターで測定していただきました．記して御礼申し上げます．

【文献】

DuRoss C. B. et al., (2011),*Bulletin of Seismological Society of America*, 101, 6, 2765-2781.
Schlagenhauf A. et al., (2010), *Geophysical Journal International*, 182, 36-72.
Schwartz D. P. and Coppersmith K. J., (1984),*Journal of Geophysical Research*, 89, B7,5681-5698.
Wolfe F. D. et al., (2018), *American Geophysical Union fall meeting*, S41D-0575
(https://github.com/wolfefranklin/mc_fault_slip_codes).
Zielke O., (2018), *Bulletin of Seismological Society of America*, 108, 3A, 1399-1413.

キーワード：活断層、古地震、地震時変位量、モンテカルロ法
Keywords: Active fault, Paleoseismology, Co-seismic slip, Monte Carlo simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川ー静岡構造線活断層系神城断層における高解像度極浅層S波反射法地震探査

High-resolution shear-wave seismic reflection surveys across the Kamishiro fault, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system, central Japan

*池口 直毅[1]、松多 信尚[2]、楮原 京子[3]、岡田 真介[4]、廣内 大助[5]、石山 達也[1]、野田 克也[6]、佐藤 比呂志[1]
*Naoki IKEGUCHI[1], Nobuhisa Matsuta[2], Kyoko Kagohara[3], Shinsuke Okada[4], Daisuke Hirouchi[5], Tatsuya Ishiyama[1], Katsuya Noda[6], Hiroshi Sato[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 岡山大学大学院教育学研究科、3. 山口大学教育学部、4. 東北大学大学院理学系研究科、5. 信州大学教育学部、6. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Resarch Institute University of Tokyo, 2. Graduate School of Education, Okayama University, 3. Faculty of Education, Yamaguchi University, 4. Graduate school of Science, Tohoku University, 5. Faculty of Education, Shinshu University, 6. GEOSYS Inc.

上盤プレート内の上部地殻における地震を評価するためには，震源断層の特性を明らかにすることが重要な課題である．それらの情報は、地表近傍の活断層から推定していくことになるが，その基礎として地表地震断層の実すべり量を把握しておくことは重要である．実すべり量を算出するためには極浅層の断層の形状を知る必要がある．そこで，筆者らは2014年11月22日に長野県北部白馬村を震源とした地震（Mw 6.2）に伴い神城断層沿いに出現した地表地震断層（廣内ほか, 201; 石村ほか, 2015; 勝部ほか, 2017; Okada et al., 2015など）の地下数10 mにおける断層の形状および地質構造を高解像度でイメージングすることを目的として，可搬型スィープ震源Elvis Seismic Vibrator（ELVIS）を用いた極浅層S波反射法地震探査を実施した．本探査は，2017年11月3日から同11月10日および2018年11月1日から同11月9日にかけて長野県白馬村内の地表地震断層を横切る6測線（塩島測線・大出北測線・大出南測線・ウイング21測線・飯森測線・堀之内測線）において実施した．震源にはGEOSYM社製の可搬型S波スィープ震源ELVISを用いた．スイープ周波数は20～120 Hz，スィープ長は10秒である．受振には96チャンネルのSHジオフォンを装備したランドストリーマー（固有周波数14 Hz）を使用した．発震点間隔は1 m（ウイング21測線のみ発震点間隔2 m），受振点間隔は50 cmとした．また，探鉱器にはGeoMetrix社製のGEODEを使用し，サンプリング間隔を1 msecとして観測を行った．

一般的な共通反射点重合法による解析の結果を表層地質や近傍のボーリングデータと対比した結果，地表近傍から最大で深度100 mまでの断層の規模・形状および地質構造を高解像度にイメージングすることができた．明らかになった断層の位置と形状は，現地踏査（東郷・長谷川, 2015; Lin et al., 2015; Okada et al., 2015など）や地中レーダ探査（木村・谷口, 2015; 中埜・宇根2015）などから推定されるものと概ね調和的であった．また，これまで確認されておらず，2014年の地震時にも活動していない伏在逆断層の存在も明らかにすることができた．この結果により，可搬型スィープ震源Elvis Seismic Vibrator（ELVIS）を用いた極浅層S波反射法地震探査の有用性が示された．

本発表では，イメージングの結果明らかになった断層・地質構造および既往研究との比較について紹介する．

キーワード：反射法地震探査、神城断層、活断層、地表地震断層、糸魚川ー静岡構造線、地下構造

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: seismic reflection survey, Kamishiro fault, active fault, coseismic surface rupture, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[SSS15-10] 糸魚川−静岡構造線断層帯・神城断層の未破壊区間における古地震調査

*近藤 久雄[1]、黒澤 英樹[2]、平倉 瑶子[2]、高田 圭太[3]、阿部 恒平[2]、伊藤 美和子[2]、五十嵐 厚夫[3]、池田 哲哉[3]、三輪 敦志[2] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2.応用地質（株）、3.復建調査設計（株）)

11:00 ~ 11:15

[SSS15-11] 糸魚川−静岡構造線活断層系中北部区間におけるP波反射法地震探査

*木村 治夫[1]、近藤 久雄[2]、秋永 康彦[3]、岡本 茂[3]、末廣 匡基[3] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.国立研究開発法人 産業技術研究所、3.株式会社 阪神コンサルタンツ)

11:15 ~ 11:30

[SSS15-12] 関東地震発生履歴解明のための房総半島離水低地の堆積構造調査

*小森 純希[1]、宍倉 正展[2]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS15-13] ボーリングコア解析と物理的断層モデルに基づく富士川河口断層帯入山瀬断層の位置と活動性推定

*並木 亮[1]、安藤 亮輔[1]、宍倉 正展[2] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS15-14] 珪藻化石群集と大型植物化石から推定される静岡県浮島ヶ原低地の沈水イベント

*澤井 祐紀[1]、百原 新[2]、松本 弾[1]、嶋田 侑眞[1,3] (1.産業技術総合研究所、2.千葉大学、3.筑波大学)

12:00 ~ 12:15

Discussion

糸魚川–静岡構造線断層帯・神城断層の未破壊区間における古地震調査
Paleoseismic investigations on the un-ruptured section during the 2014 earthquake along the Kamishiro fault, ISTL active fault zone, Central Japan

*近藤 久雄[1]、黒澤 英樹[2]、平倉 瑶子[2]、高田 圭太[3]、阿部 恒平[2]、伊藤 美和子[2]、五十嵐 厚夫[3]、池田 哲哉[3]、三輪 敦志[2]
*Hisao Kondo[1], Hideki Kurosawa[2], Yoko Hirakura[2], Keita Takada[3], Kohei Abe[2], Miwako Ito[2], Atsuo Igarashi[3], Tetsuya Ikeda[3], Atsushi Miwa[2]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2. 応用地質（株）、3. 復建調査設計（株）
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. OYO Cooperation, 3. Fukken Co., Ltd

糸魚川ー静岡構造線断層帯の北端部を構成する神城断層では，2014年長野県北部の地震（Mj6.7）に伴い地表地震断層を生じた．長野県北安曇郡白馬村堀之内周辺より南の神城断層では明瞭な地表地震断層を伴う活動は生じておらず，神城断層は小規模な断層不連続や走向変化を伴いながら，大町市平木崎湖の南方に至る約15km区間にわたり連続して分布する．この未破壊区間は約1200年前の歴史地震で活動したと解釈されているものの，具体的なデータは依然として乏しい．そこで，近い将来の地震発生可能性評価に資する最新活動時期，地震時変位量，平均変位速度を明らかにするため，未破壊区間で実施した古地震調査の結果を概略する．

１．中綱湖地区

（１）中綱湖岸ボーリング調査

中綱湖周辺の神城断層は，後期更新世の湖成/河成段丘面および沖積面に東側隆起の撓曲崖やテクトニック・バルジを形成し連続的に延びる．比高約15mの低断層崖を挟んで隆起側の段丘面と低下側の低地で実施したボーリング調査の結果，少なくとも1.0mm/yrの平均上下変位速度が推定された．隆起側のボーリングには表土直下から細粒な砂層とシルト層の互層が堆積し，下位には粘土・シルトの互層からなる湖成層が堆積する．湖成層は大峰帯とみられる弱溶結凝灰岩及び角礫岩を不整合に覆い，凝灰岩が深度-25mで傾斜25°の逆断層により切断される．

一方，低下側のボーリングでは，深度-3.5ｍまで細粒な砂層とシルト層の互層が堆積し，上述の湖成層に対比される層準が深度-3.5～-11mで観察される．湖成層の最上部付近から19640±70y.B.P.の放射性炭素同位体年代が得られた．湖成層の下位には深度-33ｍまで扇状地礫層が厚く堆積し，深度-29ｍ付近に傾斜20°の低角逆断層が認められる．低下側の湖成層と隆起側の段丘面構成層との対比から累積上下変位量は約19ｍと見積もられ，平均変位速度は1.0mm/yrと推定される．ただし，深度-29ｍでみられる逆断層の存在から判断して，ボーリング掘削位置よりも西側を逆断層フロントが延びる可能性がある．湖岸付近の湖底は比高７～８ｍ程度の急崖をなしており（Adhikari and Kumon, 2001），この低崖基部が神城断層の変形フロントである可能性が高い．今後，中綱湖内でも層序や断層構造を確認し，変形帯全体の平均変位速度を精度よく求める必要がある．

（２）中綱湖岸ジオスライサー調査

最新活動時期，地震時変位量を推定するため，中綱湖東岸で認められる比高２ｍ程度の低断層崖を横断して群列ジオスライサー・簡易ボーリング調査を実施した．深さ２～３ｍ程度までの地形地質断面を作成した結果，下位から，扇状地礫層と腐植質シルト層及び砂層の互層，人工改変土層，東側隆起の撓曲変形と東傾斜の逆断層が認められる．変形の程度の差異や低下側でアバットする細粒堆積層の地質構造等から判断して，扇状地礫層堆積以降に２回の古地震イベントが識別できる．暫定的な年代測定の結果では，最新活動は1290±30y.B.P.以降（西暦664年以降）に生じた可能性が高い．今後，さらに年代測定等を実施して各イベントの発生年

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

代を明らかにし，未破壊区間の最新活動時期や活動間隔，地震時変位量等について検討する．

２．木崎湖南方地区

神城断層の南端付近に位置する木崎湖南方地点において，ボーリング調査を実施した．ここでは，奥村ほか（2006）により群列ジオスライサー・ボーリング調査が実施され，沼池性細粒堆積層の撓曲変形から最近３回の古地震イベントが識別されている．その後，近藤（2018）の再検討により，低角逆断層の推定，さらに古いイベントを含めた５～６回の古地震イベントと地震時上下変位量の復元が試みられている．今回は，逆断層の存在を確定し，古地震イベント認定の信頼性を高めるため，深さ20～25ｍまでのボーリングを４孔掘削し，より詳細な断層変位・変形構造を明らかにした．ボーリングコアでは地表から深さ10～15ｍに，東傾斜20°程度の明瞭な低角逆断層が確認され，さらに深さ20ｍ前後に伏在する逆断層が新たに確認された．暫定的な年代測定の結果，約12ｍの累積上下変位を示す細粒堆積層が約1.2万年前であることから，平均上下変位速度は1.0mm/yrと推定される．今後，さらに年代測定を実施し，各イベントの発生年代や変位履歴を精緻化する．

なお，本研究の一部は，文部科学省委託事業「主要活断層帯から生じる連動型地震の発生予測へ向けた活断層調査研究」の一環として実施した．関係各位に御礼申し上げます．

キーワード：活断層、古地震、糸魚川ー静岡構造線活断層帯
Keywords: active fault, paleoseismology, ISTL active fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川–静岡構造線活断層系中北部区間におけるP波反射法地震探査
P-wave seismic reflection profiling across the northern central ISTL active fault system, central Japan

*木村 治夫[1]、近藤 久雄[2]、秋永 康彦[3]、岡本 茂[3]、末廣 匡基[3]
*Haruo Kimura[1], Hisao Kondo[2], Yasuhiko Akinaga[3], Shigeru Okamoto[3], Masaki Suehiro[3]

1. 一般財団法人　電力中央研究所、2. 国立研究開発法人 産業技術研究所、3. 株式会社 阪神コンサルタンツ
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Hanshin Consultants Co., Ltd.

本研究では糸魚川–静岡構造線活断層系の中北部区間について，震源断層モデルを構築する上で重要な活断層地下形状を明らかにする目的でP波反射法地震探査を実施した．結果断面に対して地質学的解釈を行い，最大で深度約2 kmまでの糸魚川–静岡構造線活断層系中北部区間の地下構造を得た．

糸魚川–静岡構造線活断層系は本州の中央部を南北に横断する全長約160 kmの活断層系であり，そのうち，安曇野市から茅野市に至る長さ約45 kmの中北部区間（明科–諏訪湖南方区間）は左横ずれが主体であると考えられている（例えば，地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015）．同断層系中北部区間は．松本盆地東縁断層（明科以南），牛伏寺断層，岡谷断層，諏訪湖南岸断層群などといった主に北北西－南南東走向の断層によって構成されている（例えば，地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015）．ただし，これらの主要な断層に斜交して，松本市の北部では北北東－南南西走向の全長約5 kmの断層が分布する．本研究では，上記の松本盆地東縁断層（明科以南）と断層長の短い北北東－南南西走向の断層を探査の対象とした．

本探査は2測線（田沢測線および岡田測線と名付けた）において実施した．田沢測線は長野県安曇野市徳次郎周辺から大口沢周辺に至る約4.3 kmの区間であり，岡田測線は長野県松本市浅間温泉西方から岡田神社周辺に至る約1.3 kmの区間である．それぞれの探査測線は対象とする活断層に対してほぼ直交するように設定した．データ取得は共通中間点重合法（例えば，物理探査学会, 1998）によって行った．発震は田沢測線では中型バイブレータ震源（米国IVI社製のEnviro Vibe），岡田測線では中型油圧インパクタ震源（株式会社地球科学総合研究所製のJMI-200）で行い，標準発震点間隔は10 m（田沢測線），5 m（岡田測線）である．受振器は固有周波数15 Hzのもの（米国Geospace社製のOMNI-2400）を用いて，標準受振点間隔が10 mとなるように受振点を配置し，同時収録チャネル数は130 チャネル（田沢測線），140チャネル（岡田測線）とした．データ記録は独立型レコーダー（米国Geospace社製のGSR/GSX）を用いて，サンプリング間隔0.5 msで行った．

一般的な共通反射点重合法によるデータ処理の結果，マイグレーション深度変換断面を得て，田沢測線では深度2 km程度まで，岡田測線では深度300 m程度までの地下構造をイメージングすることができた．田沢測線の断面の特徴を概説すると，都市圏活断層図松本図幅で示された松本盆地東縁断層の地表推定位置（松多ほか, 1999）の付近よりも西側の領域では，連続性が非常に良く浅部ではほぼ水平で深部では緩やかに東傾斜する反射面群が見られた．それに対して，松本盆地東縁断層の東側かつ山地盆地境界の西側では水平あるいはやや西傾斜であるが連続性の悪い短い反射面群が見られた．さらに山地盆地境界の東側山地内では断面内での半波長が1 km以下の規模の褶曲列が見られた．次に，岡田測線の断面の特徴を概説すると，断面の東部（段丘および沖積低地が分布）ではほぼ水平な連続性の良い反射面群で特徴付けられる．また，断面の中部（段丘が分布）でも反射面の連続性は良いが，緩やかに東傾斜しており一部は上に凸の形状を示している．対して，断面の西部（山地）では反射面の連続性が悪くなっている．

田沢測線の結果断面における水平および緩やかな東傾斜の反射面群の東端に注目すると，表層では松本盆地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東縁断層の推定地表位置（松多ほか, 1999）にほぼ相当する．したがって，この反射面群の途切れは松本盆地東縁断層を示すものと考えられる．表層から深度500 m程度まではこの断層を挟んで西側には上述した水平な反射面群が，東側には連続性は悪いものの水平あるいは西傾斜する特徴を持つ反射面群が見られる．さらにより深部を見ると反射面群の途切れの位置は深くなるほどやや東側によっており，田沢測線の断面から解釈される松本盆地東縁断層の地下形状は75度前後の東傾斜となる．また，岡田測線では，水平な連続性の良い反射面分布域（東部），東傾斜した連続性の良い反射面分布域（中部），反射面の連続性が悪い領域（西部），のそれぞれ表層付近での境界位置は都市圏活断層図松本図幅（松多ほか, 1999）に示された断層の地表位置に相当する．また，上述した東部領域－中部領域および中部領域－西部領域の地下での境界部では反射面の途切れ・食い違いが見られ，これらは断層によるものであると解釈した．くわえて，中部領域の内部でも特徴的な反射面の食い違いが見られ，これも断層と解釈した．岡田測線の断面で解釈した3条の断層はすべて30度～45度程度の西傾斜である．

キーワード：糸魚川–静岡構造線活断層系、松本盆地東縁断層、活断層、反射法地震探査、地下構造
Keywords: Itoigawa–Shizuoka tectonic line active fault system, East Matsumoto Basin fault, active fault, seismic reflection profiling, subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

関東地震発生履歴解明のための房総半島離水低地の堆積構造調査
History of interplate earthquakes along the Sagami Trough from uplifted coasts in the Boso Peninsula

*小森 純希[1]、宍倉 正展[2]、安藤 亮輔[1]
*Junki Komori[1], Masanobu Shishikura[2], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学、2. 産業技術総合研究所
1. The University of Tokyo, 2. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

相模トラフで発生する沈み込み地震の発生履歴を解明するために、千葉県房総半島南端部に位置する平砂浦海岸の離水低地で掘削調査を行った。関東地方南部に位置する相模トラフでは、1703年元禄関東地震(M8.2)に代表される沈み込み地震が繰り返し発生してきたことが知られている。房総半島に分布する離水海岸段丘（沼段丘）を対象としたこれまでの調査で、元禄関東地震と同規模の地震は2,000年を超える間隔で発生してきたと考えられてきた。しかし近年行われた段丘の形成年代調査によると、その発生間隔は最短で500年から800年程度である可能性が指摘され、より詳細な推定が必要となっていた。本研究が対象とした平砂浦海岸は、従来地表面に段丘のような地形がみられないことからあまり調査が行われてこなかった。しかし、周辺の段丘分布の調査から平砂浦海岸の平均隆起速度は同沿岸地域で最大規模であることが指摘され、地下の堆積構造には離水記録が残されている可能性があった。これを受けて、今回我々はジオスライサーを用いた詳細な堆積構造の調査を初めて行った。海岸線と垂直な測線上の８地点で深さ約2mの掘削調査を行い、その堆積構造を調べた。本調査の結果、調査地域の地表面下0.5–1.0m以深に、貝殻を含む海成の堆積砂層が認められた。また、周辺の段丘分布から予想される旧汀線アングルの標高を境として、堆積構造に変化がみられた。このことから、平砂浦海岸の堆積構造には、従来調査されていなかった地殻隆起の痕跡が記録されていることが考えられる。平砂浦での堆積構造調査は、相模トラフの沈み込み地震のメカニズム、および将来の発生予測を考えるうえでの重要な情報をもたらすことが期待される。

キーワード：相模トラフ、プレート間地震、海岸段丘
Keywords: Sagami Trough, interplate earthquakes, marine terrace

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ボーリングコア解析と物理的断層モデルに基づく富士川河口断層帯入山瀬断層の位置と活動性推定

Inferring location and activity of the Iriyamase fault, the Fujikawa-kako fault zone, based on boring core sample analyses and physical fault model

*並木 亮[1]、安藤 亮輔[1]、宍倉 正展[2]
*Namiki Ryo[1], Ryosuke Ando[1], Masanobu Shishikura[2]

1. 東京大学、2. 産業技術総合研究所
1. The University of Toyko, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

富士川河口断層帯は駿河トラフの北縁に位置し、南海トラフ巨大地震と連動して周辺地域に大きな被害をもたらす可能性が指摘されている。入山瀬断層は富士川河口断層帯の中で最も活動性の高い断層の一つと考えられている。しかし、富士川扇状地では明瞭な変動地形が見られないため、入山瀬断層の活動性を評価するには困難が多く、今でもその実態は明らかとはいえない。宍倉ほか (2018) による富士川河口付近で掘削された３つのボーリングコアの分析を行った。KNBコアは富士川河口の西側で産総研 (2016) の推定した入山瀬断層の上盤側、SKBコアは富士川河口の西側で入山瀬断層の下盤側、FGBコアは富士川河口の東側で入山瀬断層の下盤側に位置する。分析の結果より、入山瀬断層の平均変位速度は約1～3m／千年と従来よりも低く推定され、さらに隆起側であるKNBコアで陸成堆積物が地下に埋没していることから、長期的には入山瀬断層の両側とも沈降している可能性が指摘された。また、縄文海進最盛期の層準の深度に基づくと、この長期的沈降傾向は概ね約3m／千年程度と見積もられる。

本発表では、KNB・SKB・FGBコアの分析をさらに進め、新たに判明した放射性炭素年代及び珪藻分析結果を示す。また、これらの結果に基づいた物理モデルの構築を行った。

本研究で得られたSKBコアの珪藻分析結果では、深度約56m以浅では珪藻化石は認められず、深度55m付近から淡水性の珪藻化石が確認された。従って深度約56m以浅の層準は陸成と考えられるため、この結果は宍倉ほか (2018) で指摘された富士川河口地域の長期的沈降傾向を支持する。また、断層を挟んだ２つのコア (SKBとKNB) の珪藻分析結果を対比すると、入山瀬断層の平均変位速度は、約2m／千年程度と推定される。これらの結果に基づいて本研究では、富士火山モデル及び断層モデルを構築し富士川河口地域の沈降傾向の説明を試みた。富士火山モデルでは、富士火山形成に伴うアイソスタシー効果による富士川河口地域の沈降量を計算した。過去1.7万年間での富士火山体積の増加41.37km^3 (宮地, 2007) による富士川河口地域の沈降量は約0.7mであり、ボーリングコアから見積もられる沈降量は説明できない。断層モデルでは、 Okada(1992) に基づき半無限弾性体中に有限の大きさを持つ矩形断層により入山瀬断層の平均変位速度を見積もった。また断層モデルでは、KNBコア地点での沈降傾向とKNB・SKBコアの層序のずれの両方を説明するために、KNBコアとSKBコアの間を通る断層(Fault A)とKNBコアの西側を通る断層 (Fault B) の二枚を仮定した。その結果、Fault Aの上盤側において、Fault Aによる隆起を打ち消して沈降させるためにFault Bの平均変位速度はFault Aより十分に大きい必要があることがわかった。

なお、本研究は文部科学省 (JAMSTEC委託) による南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの一環として実施した。

キーワード：富士川河口断層帯、駿河トラフ、東海地震、活断層、ボーリング調査

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Fujikawa-kako fault zone, Suruga trough, Tōkai earthquake, Active fault, Boring survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

珪藻化石群集と大型植物化石から推定される静岡県浮島ヶ原低地の沈水イベント

Coastal submergence events identified by fossil diatoms and plant macrofossils at Ukishima-ga-hara adjacent to the Suruga Trough (eastern Nankai Trough), central Japan

*澤井 祐紀[1]、百原 新[2]、松本 弾[1]、嶋田 侑眞[1,3]
*Yuki Sawai[1], Arata Momohara[2], DAN MATSUMOTO[1], Yumi Shimada[1,3]

1. 産業技術総合研究所、2. 千葉大学、3. 筑波大学
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Chiba University, 3. University of Tsukuba

静岡県富士市の海岸に位置する浮島ヶ原低地においてボーリング調査を行い，得られた試料の珪藻化石および大型植物化石の分析を行った．その結果，過去5000年間に8回の沈水イベントを検出することができた．

本研究で確認された沈水イベントは，下位の層準では大型植物化石の変化として（抽水植物から沈水植物への変化），上位の層準では珪藻化石の変化として（陸生珪藻から水生珪藻への変化）記録されていた．例えば，深さ8.0 m付近では，それまで優占していた抽水植物であるハリイ属（*Eleocharis*）やフトイ（*Scirpus tabernaemontani*）が急激に減少し，入れ替わるように沈水植物であるイバラモ（*Najas maritima*）が優占するようになる．また，深さ2.3 mと3.1 m付近では，それまで優占していた陸生珪藻である*Diadesmis contenta*が急激に減少し， その代わりに浮遊生珪藻である *Aulacoseira*属や *Thalassiosira*属が優占するようになる．こうした変化は，当時の水位が上昇することによる植生の変化を表していると考えられたため，急激な沈水イベントが調査地で複数回発生したと推定された．

化石群集から復元した沈水イベントの年代を推定するため，群集が変化する層準から産出した大型植物化石の放射性炭素同位体年代を計測した．また，オクスフォード大学が提供するプログラムOxCalを用い，沈水イベントの発生年代を再計算した．その結果，最も新しい沈水イベントは1707年宝永地震か1498年明応地震，2番目に新しいイベントは1498年明応地震か1361年正平（康安）地震，3番目に新しい沈水イベントは1096年永長地震か887年仁和地震に対応する値を示した．仮にこれらの沈水イベントが南海トラフ沿いで発生した地震や富士川河口断層帯における地震活動と関係するのであれば，過去の地震に破壊領域や地震発生間隔の理解に貢献できる．

キーワード：沈水イベント、珪藻、大型植物化石、放射性炭素同位体年代、富士川河口断層帯
Keywords: submergence event, diatom, plant macrofossil, radiocarbon dating, Fujikawa-kako fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SSS15-15] 高分解能反射法地震探査から明らかになった石狩低地帯北部の伏在断層とその変動地形

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、佐藤 比呂志[1]、小池 太郎[2]、野田 克也[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ジオシス)

14:00 ~ 14:15

[SSS15-16] 熊本県西原村，出ノ口断層における古地震調査

*石村 大輔[1]、堤 浩之[2]、高橋 直也[3]、小田 龍平[1]、松風 潤[1]、金田 平太郎[4]、小林 幹也[4]、熊原 康博[5]、小林 淳[6]、市原 季彦[7] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室、2.同志社大学理工学部環境システム学科、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.千葉大学大学院理学研究院、5.広島大学大学院教育学研究科、6.首都大学東京火山災害研究センター、7.堆積環境リサーチ)

14:15 ~ 14:30

[SSS15-17] 熊本県日奈久断層帯の古地震調査：八代市トレンチ調査結果速報

*宮下 由香里[1]、吾妻 崇[1]、小峰 佑介[2]、亀高 正男[2]、岸山 碧[2] (1.国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.株式会社ダイヤコンサルタント)

14:30 ~ 14:45

[SSS15-18] 日奈久断層帯海域部におけるサイスミックトレンチング −横ずれ海底活断層の三次元構造と活動履歴の解明

*大上 隆史[1]、阿部 信太郎[2]、向山 建二郎[3]、須田 茂幸[4] (1.産業技術総合研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.川崎地質株式会社、4.地球科学総合研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS15-19] 2016年熊本地震において断層すべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造

*山口 覚[1]、山中 裕斗[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、古川 大悟[1]、後藤 忠徳[3]、小路 久稔[3]、川口 草太[3]、相澤 広記[4]、高倉 伸一[5] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学理学部、3.京都大学大学院工学研究科、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、5.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

15:00 ~ 15:15

[SSS15-20] ネパール中部ブトワル周辺におけるヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期

*奥村 晃史[1]、Soma Nath Sapkota[2]、Prakash Pokhrel[2]、近藤 久雄[4]、拓哉 古橋[3] (1.広島大学大学院文学研究科、2.Department of Mines and Geology、3.太平洋セメント株式会社、4.産業技術総合研究所)

高分解能反射法地震探査から明らかになった石狩低地帯北部の伏在断層とその変動地形

Shallow structures and tectonic geomorphology of active blind thrusts imaged by new hi-resolution seismic reflection profiling, Hokkaido, Northern Japan

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、佐藤 比呂志[1]、小池 太郎[2]、野田 克也[2]
*Tatsuya Ishiyama[1], Naoko Kato[1], Hiroshi Sato[1], Taro Koike[2], Katsuya Noda[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Geosys, Inc.

Active structures of central Hokkaido are characterized by north-striking active thrusts along the western flanks of the Hidaka Mountains and eastern flanks of the Kabato Mountains. Whereas structural styles and positions of active thrusts along the Umaoi and Kurisawa Hills are clearly related to frontal Hidaka fold-and-thrust belt, structural relations between east-facing folded fluvial terraces along the eastern flanks of the Kabato Mountains and pre-Neogene basement-cored folds remain poorly understood. In addition, geomorphic expression of active faults/folds along the northern Yubari Mountains is quite insufficiently recognized in contrast to both their northern southern extension. To define these unsolved questions, we collected new seismic reflection data from the eastern flank of the Kabato Mountains, through alluvial plain of the Ishikari River to the western flank of the northern Yubari Mountains, by use of both ca. 14.5 km long array of seismic recorders at 20 m intervals and a vibroseis truck as seismic sources at 10 m intervals. Our processed seismic profile based on standard CMP stacking and its preliminary interpretation suggest the eastern flank of the Kabato Mountains is underlain by a tight, east-vergent, asymmetric anticline that deforms Paleogene to Pliocene sediments. Synclinal and anticlinal axial surfaces newly identified on folded, middle to late Pleistocene fluvial terraces on the eastern flank of the Kabato Mountains are apparently consistent with those recognized in the seismic section. This may suggest recent growth of the fault-related anticline and activities of underling west-dipping blind thrusts imaged in this experiment. In contrast to the east-vergent asymmetric anticline beneath the eastern flank of the Kabato Mountains, structural styles beneath the western flank of the northern Yubari Mountains in the eastern half of the section include more gentle westerly dipping Pliocene-Pleistocene (?) sedimentary units with steeper dip panels, possibly suggesting an east-dipping blind thrust fault. Previously unrecognized, very subtle, west facing scarps on alluvial plain and late Pleistocene fluvial terraces are consistent with these underlying thrusts and may indicate their recent fault activities.

キーワード：活断層、石狩低地帯、反射法地震探査、伏在逆断層、北海道
Keywords: Active fault, Ishikari Lowland, Seismic reflection profile, Blind thrust, Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県西原村，出ノ口断層における古地震調査
Paleo-seismological survey on the Idenokuchi fault, Nishihara village, Kumamoto prefecture

*石村 大輔[1]、堤 浩之[2]、高橋 直也[3]、小田 龍平[1]、松風 潤[1]、金田 平太郎[4]、小林 幹也[4]、熊原 康博[5]、小林 淳[6]、市原 季彦[7]
*Daisuke Ishimura[1], Hiroyuki Tsutsumi[2], Naoya Takahashi[3], Ryuhei Oda[1], Jun Matsukaze[1], Heitaro Kaneda[4], Motoya Kobayashi[4], Yasuhiro Kumahara[5], Makoto Kobayashi[6], Toshihiko Ichihara[7]

1. 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室、2. 同志社大学理工学部環境システム学科、3. 東北大学理学研究科地学専攻、4. 千葉大学大学院理学研究院、5. 広島大学大学院教育学研究科、6. 首都大学東京火山災害研究センター、7. 堆積環境リサーチ
1. Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, 2. Department of Environmental Systems Science, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 3. Department of EarthScience, Tohoku University, 4. Graduate School of Science, Chiba University, 5. Graduate School of Education, Hiroshima University, 6. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University, 7. Sedimentary Environments Research

2016年熊本地震の際には，主断層である布田川断層沿い以外にも多くの地表変位が現れた（Fujiwara et al., 2016）。その中でも布田川断層の約2 km南を並走する出ノ口断層沿いには，長さ約10 km，最大2mにも及ぶ正断層変位が現れた（Toda et al., 2016）。Toda et al.（2016）では，これら布田川断層と出ノ口断層でスリップパーティショニングが生じたとし，両者には構造的に関連性があるとされている。また，2016年熊本地震を考慮すると，出ノ口断層が布田川断層の活動と毎回連動しているかという疑問が浮かぶ。布田川断層については，2016年以降の古地震調査（熊原ほか，2017；Lin et al., 2017；岩佐ほか，2018；白濱ほか，2018；遠田ほか，2018；堤ほか，2018；上田ほか，2018，など）から鬼界アカホヤ（7.3 ka；町田・新井，2003）テフラ以降に2016年を含めて3〜4回活動した可能性があること，変動地形学的調査から横ずれ・縦ずれ変位速度が共に1 mm/yrを超える可能性があること（石村，2018）が示されている。もし出ノ口断層が布田川断層と連動して活動するのであれば，出ノ口断層も高い活動度を示すと考えられる。そこで本研究では，出ノ口断層沿いでトレンチ調査を行い、布田川断層の活動との同時性について検討する。このような主断層と副断層の関連性を示すことは，活断層のリスク評価をする上でも重要である。

調査地点は，熊本県西原村小森牧野であり，この牧野内では出ノ口断層沿いに数10 cmから1 mの北落ち変位が確認されている。トレンチ掘削は，その北落ち変位の共役断層である南落ち（山側落ち）変位30〜60 cmを示す地表地震断層上で行なった。トレンチは長さ14 m，幅6 m，深さ3 mである。室内分析として，火山灰分析と放射性炭素年代測定を行なった。年代値については，発表までに測定結果が得られるため、それらを整理して個々の断層イベント年代を推定する。

トレンチ調査の結果、壁面には明瞭な正断層が多数認められた。地表地震断層の直下には、基盤となる火山岩類と風成堆積物が接する高角の正断層（以後、主断層）が認められた。主断層の上盤側には、共役をなす北傾斜の断層が複数認められた。一方、最も南側には逆断層運動を示す断層も認められ、複雑な断層分布を示す。上盤側の風成層中には層厚最大40 cmに及ぶ黄褐色テフラが認められ、その火山ガラスの形態と屈折率（1.510-1.512）からK-Ahに対比される。上盤側に認められる風成層は上位より、表土、褐色土、黒色土（埋没土壌1）、褐色土、K-Ah、黒色土（埋没土壌2）、黄褐色土である（ただし、これらの土層はさらに細分される）。

トレンチ壁面では、確実度の高い4回の断層イベント（2016年を含む）を認定した。新しいイベントから以下に述べる。イベント1（2016年）は、主断層沿いに認められ、不明瞭ではあるが表土を変位させる。また、上位の土壌の落ち込みも認められる。イベント2は、最も南に分布する逆断層から読み取れる。この断層は埋没土壌1を変位させているが、上の褐色土の上部は変位を受けていないため，2016年には活動していな

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

い。したがって、埋没土壌1と2016年の間にイベント2が推定される。イベント3は、イベント2同様に最も南に分布する逆断層から読み取れる。ここではイベント2の上下変位を差し引いても、K-Ahには上下変位が残るため、K-Ahと埋没土壌1の間にイベント3が推定される。イベント4は、北傾斜の共役断層から読み取れ、埋没土壌2の堆積中に認められる。埋没土壌中に挟在する褐色土は明瞭に変位しているが、その上位のK-Ahの基底には変位が認められない。したがって、埋没土壌中に挟在する褐色土とK-Ahの間にイベント4が推定される。また、上記に比べて確実度が劣るイベントも複数認められたが、これらについてはさらなる議論が必要である。

上記の確実度の高いイベントのみを考慮しても、2016年を含めてK-Ah以降少なくとも3回のイベントが読み取れる。この回数は、布田川断層沿いのトレンチ結果と同様であり、頻度だけみても布田川断層の活動と整合的である。したがって、出ノ口断層は、布田川断層の活動と連動している可能性が高いと言える。今後、放射性年代測定結果を踏まえて、イベント年代の同時性も検討する。

キーワード：2016年熊本地震、出ノ口断層、古地震調査、鬼界アカホヤ（K-Ah）テフラ、正断層
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake, Idenokuchi fault, Paleo-seismological survey, K-Ah tephra, Normal fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県日奈久断層帯の古地震調査：八代市トレンチ調査結果速報
Paleoseismic investigations of the Hinagu fault zone, Kumamoto, Japan: Preliminary result of trenching survey at Yatsushiro city

*宮下 由香里[1]、吾妻 崇[1]、小峰 佑介[2]、亀高 正男[2]、岸山 碧[2]
*Yukari Miyashita[1], Takashi Azuma[1], Yusuke Komine[2], Masao Kametaka[2], Midori Kishiyama[2]

1. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2. 株式会社ダイヤコンサルタント
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Dia Consultants Co. Ltd.

日奈久断層帯は，2016年熊本地震の発生を受け，地震活動が活発化するエリアに属することが指摘されている．しかし，日奈久断層帯の古地震履歴は不明な点が多い．産総研は，熊本地震以降，3年間にわたって日奈久断層帯の陸域及び海域において古地震調査を実施してきた．その結果，日奈久断層帯はこれまでに考えられてきたよりも，高頻度で地震を起こしてきたことが明らかとなりつつある．プロジェクト最終年度にあたる今年度は，八代市でトレンチ調査を行った．速報的な結果と過去2年間の調査結果，今後の課題を紹介する．

トレンチ調査は，八代市川田町西地点で行った．トレンチは昨年度同地点で掘削したトレンチ南側に隣接する場所で掘削した．トレンチ掘削に先立ち，7孔のボーリングを掘削して，堆積物の層相と分布を把握し，断層通過位置を推定した．トレンチは2段階に分けて掘削した．1個目のトレンチでは，西側導入路部分に断層が露出したため，断層がトレンチ壁面の中央にくるように2個目のトレンチを掘削した．

2個目のトレンチは，長さ17m，幅10m，深さ6m程度で，2段堀とした．トレンチ壁面の地層は，南北両壁面において，上位より，A：人工改変土，B：河川成のシルト，砂，C：チャネルを充填するシルト，砂，砂礫，D：河川成のシルト，砂，砂礫の各層に大別される．B層は古代の土師器を含む．D層は上部の縄文後期の土器を含むシルト・砂，中部の腐植質シルト，下部のK-Ah火山灰層を含むシルト／砂互層，最下部の砂礫層から構成される．

断層は，南北両壁面で観察され，北東一南西走向，高角西傾斜の見かけ正断層である．D層以下を変位・変形させる．北壁面では，断層はD層中で上方に向かって分岐する．C層に削り込まれるが，C層最下底は変形に伴う開口亀裂を充填しているようにも見える．以上より，D層／C層境界付近にイベント層準を認定した．D層を構成する地層中では，断層両側での変位量の差違，引きずり変形の程度の違い，断層低下側での層厚の変化などが認められ，D層中に1回の古地震イベントがある可能性がある．南壁面では，平行な2条の断層面が認められる．いずれもD層上部で不明瞭となるが，B層には確実に覆われる．予察的な年代測定の結果，C層から1130±30 yBP，D層から6240±30 yBPが得られている．以上より，1130±30 yBPと6240±30 yBP間に，2回以上の古地震イベントが推定される．

キーワード：日奈久断層帯、2016年熊本地震、古地震履歴、トレンチ
Keywords: Hinagu fault zone, 2016 Kumamoto Earthquake, paleoseismology, trenching survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日奈久断層帯海域部におけるサイスミックトレンチング –横ずれ海底活断層の三次元構造と活動履歴の解明

Seismic trenching on offshore part of the Hinagu Fault Zone, Kyushu, Japan –3D structure and paleo-seismicity of offshore dextral strike-slip fault

*大上 隆史[1]、阿部 信太郎[2]、向山 建二郎[3]、須田 茂幸[4]
*Takashi OGAMI[1], Shintaro Abe[2], Kenjiro Mukaiyama[3], Shigeyuki Suda[4]

1. 産業技術総合研究所、2. 地震予知総合研究振興会、3. 川崎地質株式会社、4. 地球科学総合研究所
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. ADEP, 3. Kawasaki Geological Engineering Co. Ltd., 4. JGI Inc.

文部科学省「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」の一環として，日奈久断層帯の海域部における活動履歴の解明を目的として，高分解能マルチチャンネル音波探査と海上ボーリング調査にもとづいた海底活断層調査を実施した（阿部ほか，2017；Ogami et al. 2018）．我々は，超高分解能三次元音波探査（UHR3D：猪野ほか，2018）にもとづく詳細な地質構造と堆積物コア試料にもとづく堆積情報を統合した活断層調査，いわばサイスミックトレンチングを実施することによって，過去20,000年間における堆積層の形成プロセスと過去の断層活動を検討してきた．本発表では，以上の検討結果にもとづく日奈久断層帯海域部の活動履歴について報告する．

調査対象海域には，熊本県葦北郡津奈木町の八代海を選定した．既存の音波探査記録によれば，調査対象海域には沖積層に相当する堆積物が10 m以上の厚さで形成されている．評価対象断層が含まれる1 km×2 kmの領域において，高分解能マルチチャンネル反射法音波探査を実施して三次元音波探査記録を取得した．海上ボーリング調査によって，評価対象断層を挟んで低下側（GS-TNK-2，孔口水深：–30.2 m）および隆起側（GS-TNK-1，孔口水深：–28.7 m）において，深度25 mおよび20 mまでの堆積物コアを採取した．

三次元音波探査記録にもとづいて，評価対象断層の詳細な形状を検討した．評価対象断層は，概ね北東–南西の走向で，断層の北西側が相対的に沈降する正断層である．さらに，評価対象断層は右ステップしてextensional duplexを形成しているため，右横ずれ成分を有していると判断される．Extensional duplexに伴う構造的な凹地の近傍では上下変位量が大きくなると推察される．よって，この領域で堆積物試料を採取して縦ずれ成分を解読すれば，活動履歴を精度良く解明できる可能性が高い．

海上ボーリング調査で取得した堆積物は，最終氷期以前の堆積物（堆積ユニットＢ）と，それ以降の堆積物（堆積ユニットＡ）からなる．堆積ユニットＡは，さらに4つのサブユニット（下位からA4–Ａ1）に分けられる．音波探査記録，堆積相，放射性炭素年代結果を参照すると，各ユニットは以下のよう整理できる（括弧内は各ユニットで得られた放射性炭素年代値）．ユニットA4：水平な堆積構造を持って累重する氾濫原堆積物（17.57–13.18 cal kBP）．ユニットA3：侵食面を介してユニットA4に累重する水平な堆積構造を持つ内湾泥質堆積物（10.24–8.56 cal kBP）．ユニットA2：ユニットＡ3を傾斜不整合で覆う内湾砂質堆積物（8.31–1.65 cal kBP）．ユニットA1：ユニットA2にダウンラップする砂層を挟在する内湾泥質堆積物（1.59–0.29 cal kBP）．なお，ユニットA/B境界は，最終氷期において最も海水準が低下した約18 kaに形成された侵食面と解釈できる．

音波探査記録によって，評価対象断層がユニットＡを累積的に変位させていることを認めることができる．連続的に追跡可能な反射面にもとづいて，ユニットAに対比される堆積体を7つの音響層序ユニット（下位からU7–U1）に区分した．U7は堆積ユニットA4およびA3に，U6–U3は堆積ユニットA3に，U2は堆積ユ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ニットA2に，U1は堆積ユニットA1に概ね対応する．断層を挟んだ音響層序ユニットの層厚変化に着目すると，U7，U5，U3，U2，U1において層厚の変化が認められ，少なくとも5回の断層活動（下位からE5–E1）が確認できる．E5–E3の時期は，GS-TNK-2コア掘削地点の堆積曲線から求めた音響層序ユニットの形成年代によって，E5：18 ka–12.01 cal kBP，E4：9.96–9.50 cal kBP，E3：8.86–8.62 cal kBPと算出できる．また，E2の時期については，U2が堆積ユニットA2に対比されることから，8.31–1.65 cal kBPと解釈できる．また，さらに，最新の断層活動E1に伴う変位は，U2層上面の反射面において明瞭だが，U1層内部および海底面付近においては変位が確認できない．このことから，U1層はU1/U2境界が受けた上下変位を埋めて形成されたと推察される．断層の沈降側において，U1層に対比される堆積ユニットA1の基底付近からは1.59 cal kBPの年代値が得られている．よって，E1の時期は約1.59 cal kBPまたはそれ以前である可能性がある．以上のように，本研究では最近1万年間において4回，それ以前に1回の断層活動が確認された．

本研究で示したように，横ずれ活断層を対象とした海底活断層調査において，三次元音波探査および複数地点における海上ボーリング調査をセットで実施することによって，詳細な断層形状・横ずれ成分を含む断層の変位様式・完新世における断層の活動履歴についてのパラメータを精度良く取得することが可能である．海上ボーリングを掘削して横ずれ海底活断層の活動履歴を解明する上で，三次元的な音波探査にもとづくサイトサーベイを実施して，断層の詳細形状および地質構造を把握することがきわめて重要である．

引用文献：阿部ほか（2017）JpGU2017，大上ほか（2018）JpGU2018，猪野ほか（2018）物理探査．

キーワード：海底活断層調査、完新世、活動履歴、海上ボーリング、三次元音波探査
Keywords: offshore active fault survey, Holocene, paleo-seismicity, offshore drilling survey, 3D-seismic survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震において断層すべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造

Conductivity Structure models of large and small slip regions at the 2016 Kumamoto earthquake sequence

*山口 覚[1]、山中 裕斗[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、古川 大悟[1]、後藤 忠徳[3]、小路 久稔[3]、川口 草太[3]、相澤 広記[4]、高倉 伸一[5]
*Satoru Yamaguchi[1], Yuto Yamanaka[2], Akira Mimura[1], Kazuki Fkue[1], Daigo Furukawa[1], Tada-nori Goto[3], Hisatoshi Koji[3], Sota Kawaguchi[3], Koki Aizawa[4], Shinichi Takakura[5]

1. 大阪市立大学大学院理学研究科、2. 大阪市立大学理学部、3. 京都大学大学院工学研究科、4. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、5. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
1. Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2. Faculty of Science, Osaka City University, 3. Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 4. Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University, 5. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

平成28年（2016年）4月14日21時26分に，熊本県熊本地方M_{JMA}6.5の地震が発生し，熊本県益城町で震度7を観測した．その約28時間後の4月16日01 時25分，同じ熊本地方でM_{JMA}7.3 の地震が発生し，熊本県西原村と益城町で再び震度7を観測した．

Asano and Iwata (2016), Kobayashi *et al.* (2017) およびKubo *et al.* (2016）は地震時の断層破壊モデルを決定し，2016年熊本地震において, 布田川断層および日奈久断層に沿って断層すべり量が大きく, 破壊が地表付近まで達した領域（ここでは大すべり領域と記す）と断層すべり量が小さく, 破壊が地表付近までには達していない領域（同じく小すべり領域と記す）があることを報告している. 本研究では,このすべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造を明らかにし，両者に違いがあるか否かを，もし，ある場合には，断層すべりの大きさや地表断層変位の分布とどのように関連しているかを明らかにすることを目的として，両地域の2次元比抵抗構造を求めた．

観測条件を勘案して，大すべり領域として熊本県上益城郡益城町を，小すべり領域として熊本県阿蘇郡西原村を選定した．探査には浅部の空間分解能が良いAMT（Audio- frequency Magnetotelluric）法を用いた．両地域において，布田川断層の地表トレースとほぼ直交するようにそれぞれ長さ約2kmの観測測線（前者をMSK測線，後者をNSH測線と記す）を設定し，MSK測線に沿っては11点で, NSH測線に沿っては14点で測定を行った．測定から得られた電場水平2成分，磁場水平2成分のデータから算出したMT応答関数から，ABIC最小化による平滑化拘束付き2次元比抵抗インバージョンコード（Ogawa and Uchida, 1996）を用いて2次元比抵抗モデル（それぞれMAKモデルとNSHモデルと記す）を決定した．

両モデルに共通して，地表断層トレースの直下付近にほぼ鉛直な低比抵抗領域が存在するが，その位置はNSHモデルではMSKモデルよりも断層地表トレースに対して南側に位置する．また，この低比抵抗領域域を含む．中深度の幅広い低比抵抗領域はMSKモデルの方がNSHモデルよりも浅くまで広がっていることが見いだされた．これらの特徴は断層破壊モデルと整合的である．また，本モデルは断層破壊モデルよりも，特に浅部構造を詳細に描き出していると言える．

キーワード：2016年熊本地震、布田川断層、地磁気地電流法、比抵抗、活断層
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake sequence, Futagawa fault, magnetotellurics, resistivity, active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ネパール中部ブトワル周辺におけるヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期
The Timing and Extent of the Last Surface Rupture Event on the Himalayan Frontal Thrust in Central Nepal around Butwal

*奥村 晃史[1]、Soma Nath Sapkota[2]、Prakash Pokhrel[2]、近藤 久雄[4]、拓哉 古橋[3]
*Koji Okumura[1], Soma Nath Sapkota[2], Prakash Pokhrel[2], Hisao Kondo[4], Takuya Furuhashi[3]

1. 広島大学大学院文学研究科、2. Department of Mines and Geology、3. 太平洋セメント株式会社、4. 産業技術総合研究所
1. Graduate School of Letters, Hiroshima University, 2. Department of Mines and Geology, 3. Taiheiyo Cement Corporation, 4. Geological Survey of Japan, AIST

2015年ゴルカ地震 (Mw 7.8) ではヒマラヤ前縁衝上断層の深さ約５～10 kmの領域が活動し，最も浅い部分，断層幅にして約 40 km の領域に動きはなかった．2015年に活動しなかった領域では，近い将来の大地震発生の可能性も考えられ，ネパール中部地震ヒマラヤ前縁衝上断層の地震ポテンシャルの解明が緊急の課題となっている．最新活動時期については，Mishra et al. (2016)，Bollinger et al. (2016)，Wesnousky et al. (2017) は最新活動時期として，それぞれ 1100 CE，1344 CE または 1408 CE，1221 CE から 1262 CE (特に1255 CE)を報告し，一致した見解は得られていない．また，この地域より西のネパール西部・インド北部のヒマラヤ前縁衝上断層では，1505 CE に広い範囲で破壊が起きたことが報告されているが（Malik et al., 2016）その東方延長とネパール中部の地震との関係も不明である．筆者らは 2015年の未破壊領域の南西端近くのブトワル周辺の２地点でヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期を確定するための古地震調査を実施した．ブトワル西方 12 km のソラウリ (27.70˚N 83.36˚E) で行ったトレンチ発掘調査では，断層を露出させることはできなかったが，断層上盤で断層に向けて傾斜する細砂～シルト層が地震後のアバットする地層によって覆われる状況を確認できた．傾斜する細砂～シルト層上面をイベント層準とした場合，ベーズ理論に基づく放射性炭素同位体年代モデルからは，1328--1435 CE のイベント年代値が得られた．この年代は最新イベントが1344 CE または 1408 CEに起きた可能性を指示する．１回前のイベントを認めることはできなかったが，676 CE 以降の地層には最新イベント１回の変位だけが認められた．ブトワル東方約 60 kmのソスト (27.48˚N 83.86˚E) では，扇状地性段丘面を変位させる低断層崖を開析する小河川の作る扇状地にトレンチを掘削した．ここでも断層を露出させることはできなかったが，断層推定値を横切って下盤に向け急傾斜する細砂～シルト層が地震後のアバットする地層によって覆われる状況を確認できた．イベント層準をソラウリと同様に認定して年代測定を実施した．

キーワード：ヒマラヤ前縁衝上断層、古地震学、トレンチ発掘調査
Keywords: Himalayan frontal thrust, paleoseismology, trenching study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

15:30 ~ 16:00

[SSS15-21] SARで見るお付き合い地震断層 ー 熊本地震、大阪府北部の地震及び北海道胆振東部地震

★招待講演

*藤原 智[1]、宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、森下 遊[1] (1.国土地理院)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-22] 小型UAVを用いたレーザ測量による森林下の微地形取得―2008年岩手宮城内陸地震時の地震断層を例に―

*今野 明咲香[1]、鈴木 太郎[2]、遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.早稲田大学)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-23] 不確定な活動時期をもつ繰り返し地震に対する更新過程のベイズ推論と予測

*野村 俊一[1]、尾形 良彦[1] (1.統計数理研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-24] **Slip rate of the Chaman fault: estimates based on ^{10}Be exposure dating for offset geomorphic surfaces in Afghanistan**

*Zakeria Shnizai[1]、Yuki Matsushi[2]、Hiroyuki Tsutsumi[1] (1.Doshisha University、2.Kyoto University)

16:45 ~ 17:00

Discussion

SARで見るお付き合い地震断層 ー 熊本地震、大阪府北部の地震及び北海道胆振東部地震

Linear surface ruptures detected by SAR -- *the Kumamoto earthquake, the Northern Osaka earthquake and the Hokkaido Eastern Iburi earthquake*

*藤原 智[1]、宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、森下 遊[1]
*Satoshi Fujiwara[1], Hiroshi Une[1], Takayuki Nakano[1], Hiroshi Yarai[1], Tomokazu Kobayashi[1], Yu Morishita[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

１．はじめに

2016年熊本地震（M7.3）について「だいち2号」（ALOS-2）のSARデータを用いてその変位を面的に検出している。これらの地表変位の大部分は震源断層の断層運動で説明できるものの、震源断層から離れた場所で断層運動を示唆する線状の変位（リニアメント）が数多く見つかっている（Fujiwara *et al.*, 2016）。

こうした特徴的な変位は、2018年6月の大阪府北部の地震（M6.1）や2018年北海道胆振東部地震（M6.7）でも捉えられており、それぞれの地震で現れた変位の数や変位量等は異なるものの、周辺状況から大地震に付随して発生した「お付き合い地震断層」と呼ぶべきものとなっている。

本講演では、これらのお付き合い地震断層の特徴について報告する。

２．お付き合い地震断層に共通する特徴

お付き合い地震断層は、寒川他（1985）が駿河湾西岸南部地域の活断層について示したもので、単独に活動して大きな地震を引き起こしたものではなく、他の大きな地震の結果として断層が動いたもの、という考え方である。

これらのお付き合い地震断層に共通な特徴には下記が挙げられる。

(1) 標準的な長さは数kmで、直線もしくはゆるやかな曲線状の変位が連続しており、断層を挟む変位量は数cmから数10cm程度である。
(2) 震源断層から離れており、震源断層そのものや直接の分岐断層である可能性は低い。
(3) 大きな地震動を出したとする証拠は確認されていない。
(4) 自ら動かずに、受動的に動かされたと考えられ、大きな地震の原因ではなく結果としての断層変位が生じたと考えられる。
(5) 地形と変位分布に相関があり、その地形的特徴から「活断層」と認識されていたものもあるため、過去から類似の運動が蓄積している可能性がある。
(6) 走向や変位の向きは周辺の応力場と整合的である。

３．地震毎の特徴

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

３－１）2016年熊本地震

(1) 全体で約230本のお付き合い地震断層が確認されており、検出された数が桁違いに多い。

(2) 変位の形態は正断層が大部分を占める。

(3) 場所ごとに、複数の断層の走向・間隔・深度・変位の向き・変位量等がほぼ一定で揃った「群」を形成している。

(4) 九州中部の別府湾から雲仙にかけて、類似した形状の正断層群がいくつか存在しており、九州中部では、類似したお付き合い地震断層が発生してきている可能性がある。

(5) 熊本地震の震源断層となった布田川断層帯・日奈久断層帯の断層モデルによるΔCFFでは、お付き合い地震断層の変位の成因を説明できない。

３－２）2018年6月18日大阪府北部の地震

(1) 有馬-高槻断層帯の真上断層と一致する場所でお付き合い地震断層が認められた。真上断層は1596年慶長伏見地震（M7.5）での変位が確認されている。

(2) 右ずれ成分が卓越しているが、地表まですれが到達しているのではなく、すれ成分の変位は数百mほどの幅をもって広がっている。

(3) お付き合い地震断層直上では、南落ちの縦ずれ成分が見られる。

(4) 地震前の長期の観測によれば、お付き合い地震断層を含むやや広い範囲が継続的に沈降している。

(5) 大阪府北部の地震の本震による地殻変動はお付き合い地震断層以外でも小さく、最大でも数cm程度である。

３－３）2018年北海道胆振東部地震

(1) お付き合い地震断層を挟んで東西短縮の変位を示し、上下成分はほとんどない。このことから、低角逆断層を形成していることが推定される。

(2) 地表面でのトレースが直線ではなく、地形に沿うようなやや複雑な曲線となっており、上記の低角逆断層の性質と整合的である。

(3) 現時点で、お付き合い地震断層付近は活断層とは認定されていない。

(4) 地震波探査（横倉他，2014）でお付き合い地震断層直下にずれが認められており、伏在断層として存在している可能性がある。

キーワード：熊本地震、大阪府北部の地震、北海道胆振東部地震、地殻変動、活断層、ALOS-2
Keywords: Kumamoto earthquake, Northern Osaka earthquake, Hokkaido Eastern Iburi earthquake, Crustal deformation, Active fault, ALOS-2

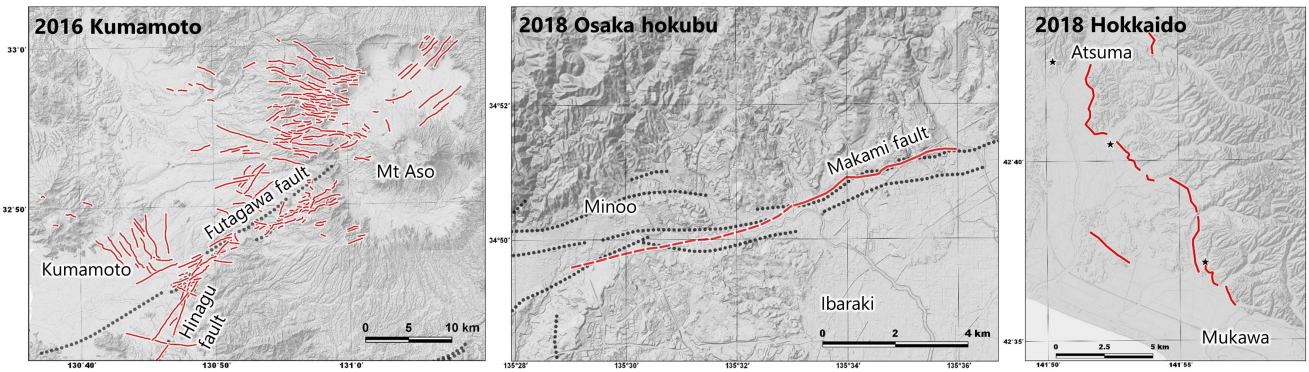


Figure Comparison of linear surface ruptures for three earthquakes.
The red lines demote linear surface ruptures. The black dotted lines demote known active faults by HERP.
The stars denote estimated fault positions by seismic reflection survey (Yokokura et al., 2014)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小型UAVを用いたレーザ測量による森林下の微地形取得ー2008年岩手宮城内陸地震時の地震断層を例にー
Acquisition of micro-landforms in the forest using small UAV-LiDAR: An example from surface rupture of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, earthquake

*今野 明咲香[1]、鈴木 太郎[2]、遠田 晋次[1]
*Asaka Konno[1], Taro Suzuki[2], Shinji Toda[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 早稲田大学
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Waseda University

近年盛んに行われているUAV (Unmanned Aerial Vehicle)を用いた地形計測として，主として多視点写真画像によるSfM(Structure from Motion)が用いられている。しかし，この方法は，撮影範囲に基準点（GCP: Ground Control Point）を設置する必要があるため，UAVの運用性を十分に生かしきれない。さらに，上空から写真撮影ができない森林下などには適用できない。LiDARを用いたUAVレーザ計測は，上記SfMの欠点を克服できる有効な手段となることが期待されている。ただし，UAVでのレーザ測量にも，レーザースキャニングのための高精度姿勢計測センサの搭載重量の問題，GNSS（Global Navigation Satellite System）の単独測位精度（3ｍ以下）による位置情報精度の問題などがあった。しかし最近，センサの小型化が進み，高精度な位置姿勢情報の推定技術が確立し（例えばSuzuki et al.，2016），UAVレーザ測量による詳細な地形情報の取得が現実的なものとなってきた。

そこで本研究では2008年岩手宮城内陸地震において森林下に出現した地震断層を対象に，UAVレーザ計測を試み，既存の地上レーザ計測結果（Maruyama et al.,2008；Yoshimi et al., 2010）と比較することで，断層調査への適用性と手法の有効性を検証した。調査対象は，2008年岩手宮城内陸地震によって出現した荒砥沢ダム北東に位置する長さ約0.7ｋｍ，比高数十cm～2ｍの地震断層である。計測は2018年11月15日に実施した。計測時の飛行高度は50～70ｍ程度である。対象範囲はスギ植林と広葉樹により覆われ，空中写真からは地震断層を確認することはできない。UAV航空レーザ測量には，早稲田大学所有のDJI社Matrice 600 Proを使用した。機体にはu-blox社の一周波GNSS 受信機6台搭載し，これらの位置関係から姿勢（0.1°）と位置（1㎝）を高精度に求めることができる。この位置情報に基づき，Velodyne社のVLP-32Cを用いてレーザ測量を行い，森林下の詳細な地形データを取得した。得られた点群データはISP社のLandFormsを使用してフィルタリングを行い，地表点のみ抽出した。

地震断層が出現した合計約0.16㎢の範囲を測量し，約15分間の飛行で約6900万点の点群データが得られた。ここから樹木等のデータを除くと地上の点群データは約20万点となった。地上レーザ計測で得られた地表点群データ（約800万点）と比較すると，UAV航空レーザ計測の方がデータ数が少ないものの，点密度に偏りが無くデータの欠損部分が少なかった。地上レーザ計測は，設置した機械点から水平方向にレーザを照射するため点密度に粗密が生じ，機械点から影となる場所ではデータが取得できないという欠点がある。得られた点群から作成した3Dモデルを比較すると，UAVレーザ測量，地上レーザ測量ともにセンチメートルオーダーで地震断層崖の地形を取得できた。

以上のことから，UAVレーザ測量は地上レーザ測量とほぼ同等の地形情報取得能力と精度があり，地上レーザ測量よりも作業時間は圧倒的に短く，データの均一性が高いことが分かった。したがって，森林域などの地震断層調査において非常に有効な手段となり得る。また，センチメートルオーダーでの地形情報が取得可能であり，断層崖の高精度の三次元形状やその後の経時変化などの調査にも有効であることが明らかと

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なった。

※本研究は革新的研究開発プログラム（ImPACT，代表：東北大 田所諭教授）の成果である。

引用文献

Taro Suzuki, (2010) Precise UAV Position and Attitude Estimation by Multiple GNSS Receivers for 3D Mapping, in The 29th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2016), pp. 1455 –1464.

Maruyama, T., Toda, S., Yoshimi, M., Omata, M., Kohriya, Y., & Nihei, T. (2008). Ground-based LiDAR Mapping of Surface Rupture Associated with the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, Earthquake (Mw 6.9). In Eos Trans. AGU, Vol. 89, p. Meet. Suppl., Abstract T53D-1998.

Yoshimi, M., Maruyama, T., & Toda, S. (2010). Surface deformation extracted from trees ’ tilt around surface ruptures of the 2008 Iwate-Miyagi inland earthquake, Japan, using ground-based LiDAR point clouds. In Eos Trans. AGU, Vol. 91, p. West. Pac. Geophys. Meet. Suppl., Abstract T33A-07.

キーワード：UAVレーザ測量、地上レーザ測量、微地形、地震断層、2008年岩手宮城内陸地震
Keywords: UAV LiDAR, Terrestrial LiDAR, Micro-landforms, Surface rupturing, 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

不確定な活動時期をもつ繰り返し地震に対する更新過程のベイズ推論と予測

Bayesian Inference and Forecast on Renewal Processes for Recurrent Earthquakes with Uncertain Occurrence Times

*野村 俊一[1]、尾形 良彦[1]
*Shunichi Nomura[1], Yosihiko Ogata[1]

1. 統計数理研究所
1. The Institute of Statistical Mathematics

不確定な発生時期をもつ繰り返し地震の更新過程におけるパラメータ推論と予測について議論する。点過程理論における厳密な尤度および将来発生確率の評価は、不確定な発生年代に関する多重積分を含むため、数値的に計算することさえしばしば困難となる。代わりに、不確定な発生履歴のモンテカルロシミュレーションは、それぞれのシミュレートされた履歴について尤度や将来確率を計算し、それらの単純平均をとることによって評価に利用することができる。本稿ではBrownian Passage Time (BPT)分布更新過程をベースとしたベイズモデルを提案し、地震本部が公開する日本の内陸主要活断層カタログのうち、少なくとも2つ以上の最新のイベントが特定されたセグメントへと適用する。モンテカルロシミュレーションは数値積分とほぼ同じ結果をもたらすことが示される。パラメータ推論では、地震本部と同様に全国の内陸主要活断層で共通した再来間隔の変動係数を仮定する。日本の73の内陸主要活断層のカタログから、共通の変動係数として0.50というベイズ推定値が得られる。これは、地震本部による長期評価で現在適用されている0.24という変動係数の推定値よりも相当に大きい。変動係数の推定値の違いは、いくつかのセグメントにおける長期確率予測に重大な影響を及ぼす。また、仮想活断層のパラメータ推論と予測の数値実験を示し、ベイズ推定およびベイズ予測を最尤推定に基づくプラグイン法と比較する。

キーワード：ベイズ予測、変動係数、更新過程
Keywords: Bayesian forecast, Coefficient of variation, Renewal process

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Slip rate of the Chaman fault: estimates based on ^{10}Be exposure dating for offset geomorphic surfaces in Afghanistan

*Zakeria Shnizai[1], Yuki Matsushi[2], Hiroyuki Tsutsumi[1]

1. Doshisha University, 2. Kyoto University

Afghanistan is located in a tectonically active part of the world near the collision boundary between the Eurasian and Indian plates. The Chaman fault traverses the eastern part of the country and is a major left-lateral strike-slip fault that accommodates much of the differential movement between the Indian and Eurasian plates. The fault starts from Makaran coast and extends to northeast through the Chaman City, Pakistan. Then it extends to north-northeast into Afghanistan and runs in west of Kabul and finally merges with the Pamir faults system. It is ~1000 km long and strikes from N10°E to N35°E. High slip-rates of the fault are known by previous works in the Pakistan side. In Afghanistan no research has been done, therefore we prepared a detailed fault map based on visual images interpretation and previous literatures. The fault offset older and younger alluvial fans and stream deposits of late Pleistocene and Holocene age. Along the fault, relative ages of geomorphic surfaces are known but their absolute ages are unknown. In the absence of absolute ages for faulted deposits, it is not possible to determine the fault slip-rate. Therefore we have conducted cosmogenic dating as was done in Pakistan side to provide age controls for fluvial deposits in the study area. Terrestrial Cosmogenic Nuclide (TCN) uses the interactions between cosmic rays and nuclides in transported boulders, and therefore is an excellent method to directly date alluvial deposits. TCN is particularly useful in Afghanistan due to lack of terrestrial organic materials for radiocarbon dating. Our study focuses on three different areas located at Wardak Province. One of the sites is Ghat Bandakul south of Kabul where the distal part of alluvial fan deposited at the mouth of a stream channel is offset left-laterally. The fan slopes 3-5° westward for ~1 km from the foot of the Syah-Tapa Mountain. The deposits are composed of clay, sandstone and granitic clasts originating from bedrocks. Analysis of ALOS images and field work indicate that younger and older terrace risers are displaced left-laterally along the fault for 165 m and 235 m respectively. We collected 6 samples from the top 1-3 cm of each desired sandstone boulders that were >1m in diameter and well-embedded in surface to ensure their long-term stability. The sandstone has large amounts of quartz mineral, which yields ^{10}Be TCN nuclide ideal for dating deposits over Quaternary timescale. Samples were processed at the laboratories of DPRI, Kyoto University and MALT, University of Tokyo.
Based on ~165 m displaced alluvial fan with a ^{10}Be exposure age of ~46 kyr, we obtained the first geomorphologically determined slip-rate of 3.5 mm/yr along the Chaman fault. This slip-rate is considerably smaller than the geologically and geomorphologically defined slip-rates of 19–24 mm/yr and 33 mm/yr along the fault in the border region of Afghanistan and Pakistan. Along the southern section at Ghazni and Zabul Provinces, we mapped east-dipping thrust faults as well as the multiple fault splays indicating a complex interplay between left-lateral faulting and northwest compression, which may cause slower slip-rate at the northern end of the fault. We plan to date two other alluvial surfaces in the southern part of the study area to determine exact slip-rate of the fault in Afghanistan.

Keywords: Chaman fault, 10Be exposure dating, offset geomorphic surface , Afghansitan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)、座長:麻生 尚文、行竹 洋平

火山深部のマグマ供給系は、長期スケールの地球のダイナミクスおよび地球の進化を考える上で重要であり、様々な地震学的アプローチを駆使することにより、更なる理解が期待される。特に活火山直下のモホ面付近に発生する深部長周期地震は、マグマ供給系と密接に関連していると考えられているが、詳細な活動様式や発生機構については未解明な部分が多い現象である。マグマ供給系における深部長周期地震の役割を明らかにすることは、深部マグマ溜りなど下部地殻付近のマグマ供給過程を理解するために鍵となる。そのために、例えばマッチドフルター法や精密震源決定などの最新技術を駆使し詳細な活動時系列や震源分布を得たり、波形インバージョンなどにより同現象の発震機構解に関する情報を推定したりすることが重要である。加えて、雑微動解析の利用など最新のトモグラフィー技術により、稠密な観測網を活用して高解像度で火山深部の物性分布をイメージングすることも、マグマ供給系の詳細な描像を明らかにする上で重要である。本セッションは、上述のアプローチに限らず、様々な地震学的アプローチから火山深部のマグマ供給系を明らかにしようとする研究を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SSS17-01] 富士山で発生する深部低周波地震のスペクトルの特徴

★招待講演

*鵜川 元雄[1] (1.日本大学)

14:00 ~ 14:15

[SSS17-02] 霧島山における2011年と2018年噴火に対応した深部低周波地震活動

*栗原 亮[1]、小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS17-03] 東北日本の深部低周波地震における長い継続時間の起源と浅部低周波地震活動

*小菅 正裕[1]、春山 太一[1]、松野 有希[2]、成田 伊織[2]、前田 拓人[1] (1.弘前大学理工学研究科、2.弘前大学理工学部)

14:30 ~ 14:45

[SSS17-04] 活火山域の深部構造・低周波地震とマグマ供給系

★招待講演

*趙 大鵬[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

14:45 ~ 15:00

[SSS17-05] 地震波でみる火山の深部構造

*中島 淳一[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:00 ~ 15:15

[SSS17-06] 深部低周波地震の発生と火山深部のマグマ供給との関係について

*中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)

富士山で発生する深部低周波地震のスペクトルの特徴
Spectral characteristics of deep low frequency earthquakes at Mount Fuji

*鵜川 元雄[1]
*Motoo Ukawa[1]

1. 日本大学
1. Nihon University

火山下の地殻中部からマントル最上部で発生する深部低周波地震は、火山深部の状態を知るための貴重な信号である。しかし深部低周波地震の規模は大きくてもM3程度であるために地震波から得られる情報が限られ、まだ震源の物理的な状態の理解は進んでいない。地震の発生メカニズムの解明には、地震波の振幅とともにそのスペクトルも重要な情報源である。例えば相似則が成り立つ断層のずれが震源であれば、地震の規模と卓越周波数の間には相関が現れる。また特徴的な長さを有する振動現象であれば、規模に関係ないスペクトル・ピークが現れることが期待される。本研究では、富士山で発生する深部低周波地震の中でも特に続発性が強く、比較的大きい活動を対象にスペクトル解析を行い、震源に関する情報を引き出すことを目的としている。

スペクトル解析の対象とした地震活動は、2012年～2015年に発生した低周波地震活動の中から振動継続時間が5～20分程度の11回の活動を選択した。それぞれの活動は複数の低周波地震の続発的発生で形成されている。気象庁の震源をもとにすると1回の活動中に発生した最大地震の規模はM0.9～M1.8の範囲、震源の深さは11～20kmの範囲である。

観測データはV-net観測点（防災科学技術研究所）のボアホール観測点（固有周期1Hz）のデータを使用した。スペクトル解析には、Morlet ウェーブレットをアナライジング・ウェーブレットとしたウェーブレット解析を用いた。深部低周波地震の波形には、周波数が数Hz以下の振動と10Hz程度の振動が含まれ、時間的に変動しているので、スペクトルの時間変化を調べるにはウェーブレット解析が適している。ここではウェーブレット解析結果に対して、1秒ごとに幅が4秒のウィンドを設定してスペクトルが最大になる周波数を求め、卓越周波数の時間変化を描いた。

ウェーブレット解析の結果、下記のスペクトルの特徴が分かった。
① 今回調査した11個の低周波地震活動の主たる卓越周波数は、最大地震の規模に関係なく、いずれも1Hz～2Hzの比較的狭い周波数範囲で安定している。
② 振幅が大きい振動には、数Hz～10Hz程度の比較的高周波の振動が重畳する傾向が見られる。
③ 約5分間の活動中に卓越周波数が1.5Hzから1Hzに時間とともに漸次的に変化したものが、11個のなかの1個のみであるが、見られた。

今回対象とした低周波地震のスペクトルの特徴は、富士山の深部低周波地震では震源で安定して1～2Hzの振動を大きく励起し、振幅が大きいときは比較的高周波振動も励起できるものでなければならないという制約を震源モデルに与える。

キーワード：深部低周波地震、スペクトル、富士山
Keywords: Deep low frequency earthquakes, Spectra, Mount Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島山における2011年と2018年噴火に対応した深部低周波地震活動
Deep low-frequency earthquakes corresponding to the 2011 and 2018 eruptions in Kirishima volcano

*栗原 亮[1]、小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、田中 優作[1]
*Ryo Kurihara[1], Kazushige Obara[1], Akiko Takeo[1], Yusaku Tanaka[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

深部低周波地震は同規模の通常の地震と比べて低い周波数に卓越する地震である．気象庁のカタログによると日本列島の内陸に発生する深部低周波地震の多くは卓越周波数が1-10 Hzで深さ30 km付近に分布するが，霧島山では深さ10-15 km付近と深さ20-25 km付近に分かれて分布している．深部低周波地震と火山噴火の関係としては，1991年のピナツボ山の噴火の前に深部低周波地震が発生したこと(White, 1996)や，カムチャッカのKlyuchevskoy火山では，噴火を伴う火口付近での長周期(低周波)地震と深部低周波地震の対応が良いことがわかっている(Shapiro et al., 2017)．しかしながら，日本の火山ではこれまで，火山活動と深部低周波地震の活動の関係は明らかではなかった(高橋・宮村, 2009)．霧島山においても，気象庁のカタログによると観測開始以降ほぼ一定レートで深部低周波地震が観測されており，2011年や2018年の噴火と対応した深部低周波地震活動の変化は確認されていない．本研究では，噴火などの火山活動の推移と深部低周波地震活動の推移を比較するため，波形の相関を用いてイベント間の相対震源位置を決定するネットワーク相関係数法(Ohta and Ide, 2011)を用いて，2004年4月から2015年12月に発生した気象庁カタログ中の深部低周波地震の震源再決定を行うことでより正確な空間分布を求め，マッチドフィルタ法(Gibbons and Ringdal, 2006; Shelly et al., 2007)を用いて2004年4月から2018年3月までの期間で深部低周波地震の網羅的な検出を行い，その活動の時系列変化を調べた．

まず，震源再決定の結果，深さ13 km付近と22 km付近の狭い範囲に集中した震源分布を得た．特に深さ22 km付近に多くの深部低周波地震の震源が集中していた．次にマッチドフィルタ法での検出結果から，2011年の新燃岳の準プリニー式噴火の前後に当たる2010年から2011年にかけて深部低周波地震の検出数が多いことがわかった．この深部低周波地震の増加の期間は新燃岳の北東にあるえびの高原付近の地下約8kmにあるマグマ溜りの膨張(Nakao et al., 2013)による地殻変動が発生している期間と対応していた．震源再決定の結果とマッチドフィルタ法の結果を組み合わせると，2011年の噴火前後の2年間に増加した深部低周波地震は深さ23-25 kmに分布している．一方で，2004年から2018年にかけて定常的に発生した深部低周波地震は深さ13 km付近と22 km付近に分布していることから，2011年の噴火前後の2年間に発生した深部低周波地震の震源はやや深いことがわかった．さらに2011年の噴火前後の2年間に発生した深部低周波地震の波形を観察すると，定常的に発生する深部低周波地震と比べて，より低周波に卓越し，P波が不明瞭であるという特徴があった．この2年間においても活動の活発な深部低周波地震の位置は狭い範囲内で変化しており，噴火の推移とともに活発な深部低周波地震の震源がより深くなる傾向が見られた．また，2010年3月から7月の水蒸気噴火や2011年6月から9月のマグマ水蒸気噴火の時期のみに集中して発生する深部低周波地震が存在することも明らかとなった．2017年から2018年にかけての新燃岳・硫黄山の噴火と対応する深部低周波地震の増加も見られたが，その深部低周波地震には2011年の噴火前後に発生した深部低周波地震のような特徴は見られず，震源位置や波形の特徴は定常的に発生している深さ20-23 km付近の深部低周波地震と同様であった．

これら噴火との時間的対応は，深部低周波地震が深部での流体の移動など火山活動と対応していることを示す．一方で，2回の噴火で発生する低周波地震の位置や特徴が異なることは，噴火による流体の流路の違いなどを示す可能性がある．また，深さ13 km付近の深部低周波地震ではいずれの噴火の際にもその活動度の変化は確認できず，この深部低周波地震はこの時に噴火をしていない御鉢火山と関連している可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：深部低周波地震、霧島火山
Keywords: Deep low-frequency earthquake, Kirishima volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本の深部低周波地震における長い継続時間の起源と浅部低周波地震活動

Origin of long-duration of deep low-frequency earthquakes and activity of shallow low-frequency earthquakes beneath northeastern Japan

*小菅 正裕[1]、春山 太一[1]、松野 有希[2]、成田 伊織[2]、前田 拓人[1]
*Masahiro Kosuga[1], Taichi Haruyama[1], Yuki Matsuno[2], Iori Narita[2], Takuto Maeda[1]

1. 弘前大学理工学研究科、2. 弘前大学理工学部
1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 2. Faculty of Science and Technology, Hirosaki University

We investigated the origin of long duration of deep low-frequency (DLF) earthquakes and the activity of shallow low-frequency (SLF) earthquakes beneath northeastern Japan. Source mechanism of DLF events has attracted attention because the events are anomalous with very low predominant frequencies and with a very deep hypocentral location, suggesting a possible link to a magma transport system. Previous studies have shown that the source mechanisms are variable, double couple, CLVD, and single force, among the events. However, the other aspect of the characteristics of DLF events, long duration of the seismic signal, has not been well studied. We firstly searched for typical DLF events with low frequency and long duration. ThenWe we evaluatedthe frequency content by employing frequency index (FI) defined by the logarithm of the amplitude ratio of spectra between high- low-frequency ranges. We specify specified the range as 2–4 Hz and 10–20 Hz for low- and high-frequency ranges, respectively. These ranges correspond to the predominant frequencies of DLF and shallow ordinary earthquakes. We specified determined the location of typical DLF eventsbased on the FI and durationmeasurements. For the case of Hijiori in Yamagata prefecture, long-lasting (> 10 s) monochromatic vibration is was in phase among the stations, which suggests that the source effect is the origin of extended coda is a source origin rather than some path effects. Spectrogram of this event shows no hint of overtones expected from a resonance mechanism. We next numericallysimulated seismograms from several source models by the OpenSWPC code for seismic wave propagation in 2D/3D media. Simulation indicates that the resonance of seismic waves in a low-velocity body could produce monochromatic vibration, but under an exceptional condition of the size and physical properties of the resonant body, and restricted location of the initial source that trigger the resonance. We are conducting the following simulation for a moving source through multiple channels of the fluid transport system.

Event detection using FI is effective for SLF earthquakes that have no low-frequency flag in the JMA earthquake catalog. We searched for the SLF events in the Hakkoda area in Aomori prefecture and the Hakodate area in southern Hokkaido. SLF events in Hakkoda exhibit a cylindrical distribution beneath the Odake volcano in a depth range from the surface to about 5 km, clearly separated from the distribution of VT earthquakes around the volcano. Since the activity of SLF events are restricted in time when the expansion of volcanic body was suggested by GNSS observation, the SLF activity probably related to a magmatic activity of the volcano. In Hakodate area, the SLF earthquakes are located apart from the active volcano, Esan, and with focal depths shallower than 10 km. We confirmed the depth of several SLF earthquakes by adding travel time data from our two temporary seismic stations just above the SLF sources. Thus, the SLF events in this area are collocated with ordinary high-frequency events.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of the generation mechanism of SLF earthquakes in the brittle regime is also important to comparably understand the mechanism of DLF earthquakes in the ductile regime.

キーワード：低周波地震、周波数インデックス、継続時間
Keywords: low-frequency earthquakes, Frequency Index, duration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活火山域の深部構造・低周波地震とマグマ供給系
Deep low-frequency earthquakes, tomography and magmatic system beneath active volcanoes

*趙 大鵬[1]
*Dapeng Zhao[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Department of Geophysics, Tohoku University

We made a systematic study of deep low-frequency earthquakes, high-resolution tomography and magmatic system beneath active volcanoes on the Japan Islands. Low-frequency earthquakes (LFEs) in the lower crust and uppermost mantle are widely observed, and they occur not only along the subducting Philippine Sea (PHS) slab interface but also beneath active arc volcanoes. The volcanic LFEs are still not well understood because of their limited quantities and less reliable hypocenter locations. We used seismic tomography to determine detailed three-dimensional (3-D) P and S-wave velocity (Vp and Vs) models of the crust and upper mantle beneath the Japan Islands, and used the obtained 3-D Vp and Vs models to relocate the volcanic LFEs precisely (Niu et al., 2008; Yu et al., 2018). Our results show that the volcanic LFEs can be classified into two types: pipe-like and swarm-like LFEs, and both of them are located in or around zones of low-velocity (low-V) and high-Poisson’s ratio (high-σ) in the crust and uppermost mantle beneath the active volcanoes. The pipe-like LFEs may be related to fluid migration from the lower crust or the uppermost mantle, whereas the swarm-like LFEs may be related to local magmatic activities or small magma chambers. The number of LFEs sometimes increases sharply before or after a nearby large crustal earthquake that may cause cracks and fluid migration. The spatiotemporal distribution of the LFEs may indicate the track of migrating fluids. As compared with the tectonic LFEs along the PHS slab interface, the volcanic LFEs are more sensitive to fluid migration and local magmatic activities. High pore pressures play an important role in triggering both types of LFEs.

We also investigated the 3-D seismic structure of source areas of the 6 October 2000 Western Tottori earthquake (M 7.3) and the 21 October 2016 Central Tottori earthquake (M 6.6) that occurred near the Daisen volcano in SW Japan (Zhao et al., 2018a). The two large events took place in a high-velocity (high-V) zone in the upper crust, whereas low-V and high-σ anomalies are revealed in the lower crust and upper mantle. LFEs (M 0.0–2.1) occurred in or around the low-V and high-σ zones, which reflect upward migration of magmatic fluids from the upper mantle to the crust under the Daisen volcano. The nucleation of the Tottori earthquakes may be affected by the ascending fluids. The flat subducting PHS slab has a younger lithosphere age and so a higher temperature beneath the Daisen and Tottori area, facilitating the PHS slab melting. It is also possible that a PHS slab window has formed along the extinct Shikoku Basin spreading ridge beneath SW Japan, and mantle materials below the PHS slab may ascend to the shallow area through the slab window. These results suggest that the Daisen adakite magma was affected by the PHS slab melting and upwelling flow in the upper mantle above the subducting Pacific slab.

Detailed 3-D Vp, Vs and σ images of the crust and upper mantle beneath Kyushu are determined, with a focus on the source area of the 2016 Kumamoto earthquake (M 7.3) that occurred in the Beppu-Shimabara graben (BSG) where four active volcanoes and many active faults exist (Zhao et al., 2018b). The 2016 Kumamoto earthquake took place in a high-V and low-σ zone in the upper crust, which is surrounded and underlain by low-V and high-σ anomalies in the upper mantle. This result

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

suggests that, in and around the source zone of the 2016 Kumamoto earthquake, strong structural heterogeneities relating to active volcanoes and magmatic fluids exist, which may affect the seismogenesis. Along the BSG, low-V and high-σ anomalies do not exist everywhere in the upper mantle but mainly beneath the active volcanoes, suggesting that hot mantle upwelling is not the only cause of the graben. The BSG was most likely formed by joint effects of northward extension of the Okinawa Trough, westward extension of the Median Tectonic Line, and hot upwelling flow in the mantle wedge beneath the active volcanoes.

References

Niu, X., D. Zhao, J. Li (2018). Precise relocation of low-frequency earthquakes in Northeast Japan: New insight into arc magma and fluids. *Geophys. J. Int.* 212, 1183-1200.

Yu, Z., D. Zhao, X. Niu, J. Li (2018). Spatiotemporal distribution of low-frequency earthquakes in Southwest Japan: Evidence for fluid migration and magmatic activity. *J. Asian Earth Sci.* 151, 148-172.

Zhao, D., X. Liu, Y. Hua (2018a). Tottori earthquakes and Daisen volcano: Effects of fluids, slab melting and hot mantle upwelling. *Earth Planet. Sci. Lett.* 485, 121-129.

Zhao, D., K. Yamashita, G. Toyokuni (2018b). Tomography of the 2016 Kumamoto earthquake area and the Beppu-Shimabara graben. *Scientific Reports* 8, 15488.

キーワード：深部低周波地震、地震波トモグラフィー、活火山
Keywords: deep low-frequency earthquakes, seismic tomography, active volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波でみる火山の深部構造
Seismic imaging of deep structure beneath active volcanoes

*中島 淳一[1]
*Junichi Nakajima[1]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Seismological observations clearly show that flux melting in the mantle wedge is a deep source of magmatism in subduction zones and generated melts are transported to the continental crust through a mantle upwelling flow. However, physical processes of magmatism beneath deep crust are poorly understood. Here I review seismological structures (seismic velocity and attenuation, S-wave reflectors, and low-frequency earthquakes) beneath active volcanoes in Japan, focusing on deep magma chambers and possible pathways of magmatic fluids to the upper crustal levels.

キーワード：S波反射面、地震波トモグラフィ、低周波地震
Keywords: S-wave reflector, seismic tomography, low-frequency earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深部低周波地震の発生と火山深部のマグマ供給との関係について
Deep low-frequency volcanic earthquakes and their implication for deep crustal processes in the magmatic arc

*中道 治久[1]
*Haruhisa Nakamichi[1]

1. 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター
1. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Under temperatures and pressures of the lower crust and the upper mantle, rocks typically deform in a ductile manner, and it is unlikely that a sufficient deviatoric stress accumulates to generate brittle failure. However, earthquakes do occur in the upper mantle and in the lower crust beneath active volcanoes, and they are known as volcanic deep low-frequency earthquakes (VDLFs). They release energy mostly in the low-frequency range (<5 Hz), and are characterized by emergent arrivals and long-duration codas. VDLF activity observed at depths of 10-50 km in Japan, the Philippines, Alaska, and the Western US (Power et al., 2004; Ukawa, 2005; Nichols et al. 20011) has generally been attributed to magma transport in the mid-to-lower crustal and uppermost mantle regions. However, because VDLF seismicity is infrequent, with relatively weak and emergent signals, the relationship between deep magma transport and seismic radiation remains poorly understood. Dense seismic observation systems in boreholes, such as the high-sensitivity seismograph network “Hi-net” in Japan (Obara et al. 2005), are effective at detecting not only non-VDLFs (Obara, 2002) but also VDLFs. Since 1997, the Japan Meteorological Agency has routinely detected and located DLFs using the Hi-net dataset, and have identified DLFs in and around most quaternary volcanoes in Japan (Takahashi and Miyamura, 2009). Several studies have attempted to estimate source mechanisms of VDLFs in Japan. The first attempt, carried out by Ukawa and Ohtake (1987), provided a single force as the source mechanism of a VDLF beneath Izu-Ohshima by using the particle motion directions of *S*-waves. More recently, strike-slip type and non-double-couple source mechanisms were obtained using waveform inversions for VDLFs in Northeast Japan (Nishidomi and Takeo 1996; Okada and Hasegawa, 2000). Nakamichi et al. (2003; 2004) estimated the source mechanisms of Mts. Iwate and Fuji through the moment tensor inversion of spectral ratios of body waves, using data from a dense seismic network. The authors explained the source mechanisms as the motion of a tensile crack coupled either with a shear crack or with a chamber. No significant common features have been found in these estimated source mechanisms of VDLFs in Japan. The depths of VDLFs correspond to the depth interval where CO_2-rich fluids are expected to be liberated from ascending basaltic magmas, suggesting that such fluids play an important role in facilitating earthquake instabilities in the presence of tectonic stresses. The striking temporal correlation between VDLF activity and CO_2 gas emissions has been pointed out by Mammoth Mountain (Hill, 1996) and Izu-Ohshima (Watanabe, 2013). However, a temporal correlation between the VDLF activity and surficial geological and shallow geophysical activity is currently debated. The intrusion of basaltic magma before the eruption of Mt. Pinatubo in 1991 was correlated with VDLFs (White, 1996), and temporal correlations are clear for the 1998-1999 unrest of Mt. Iwate, where VDLF seismicity started 5 days before the initiation of the volcano tectonic (VT) seismicity (Nakamichi et al., 2003). We are currently investigating this correlation for the volcanic activity of Sakurajima, which is located in the southern part of the Aira caldera. There is a correlation between VT and VDLF seismicity in the Aira caldera since 2000. For example, both VT and VDLF increased in number between 2017 and 2018. On the other hand, no clear correlation between the VDLF seismicity and the eruption activity of Sakurajima volcano has been identified thus far.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火山性深部低周波地震、ノンダブルカップル、火山活動
Keywords: Deep low-frequency volcanic earthquake, Non-double-couple source mechanism, Volcanic activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)

火山深部のマグマ供給系は、長期スケールの地球のダイナミクスおよび地球の進化を考える上で重要であり、様々な地震学的アプローチを駆使することにより、更なる理解が期待される。特に活火山直下のモホ面付近に発生する深部長周期地震は、マグマ供給系と密接に関連していると考えられているが、詳細な活動様式や発生機構については未解明な部分が多い現象である。マグマ供給系における深部長周期地震の役割を明らかにすることは、深部マグマ溜りなど下部地殻付近のマグマ供給過程を理解するために鍵となる。そのために、例えばマッチドフルター法や精密震源決定などの最新技術を駆使し詳細な活動時系列や震源分布を得たり、波形インバージョンなどにより同現象の発震機構解に関する情報を推定したりすることが重要である。加えて、雑微動解析の利用など最新のトモグラフィー技術により、稠密な観測網を活用して高解像度で火山深部の物性分布をイメージングすることも、マグマ供給系の詳細な描像を明らかにする上で重要である。本セッションは、上述のアプローチに限らず、様々な地震学的アプローチから火山深部のマグマ供給系を明らかにしようとする研究を歓迎する。

[SSS17-P01] 東北地方　米沢-喜多方地域における地震波反射面の空間分布

*鈴木 真奈美[1]、長谷見 晶子[1]、岡田 知己[1]、松澤 暢[1]、海野 徳仁[1]、中山 貴史[1]、津村 紀子[2]、山品 匡史[3]、2011年東北地方太平洋沖地震 合同余震観測グループ (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.千葉大学理学部、3.高知大学理工学部)

[SSS17-P02] 地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明

*長岡 優[1]、西田 究[2]、青木 陽介[2]、武尾 実[2]、大倉 敬宏[3]、吉川 慎[3] (1.気象研究所火山研究部、2.東京大学地震研究所、3.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

[SSS17-P03] 箱根火山の地形効果を考慮した火山性深部低周波地震に対する有限要素法による3次元地震波形計算

*山谷 里奈[1]、望月 公廣[1]、市村 強[1]、藤田 航平[1]、悪原 岳[1]、堀 高峰[2]、本多 亮[3]、行竹 洋平[3] (1.東京大学地震研究所、2.海洋研究開発機構、3.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P04] 箱根火山深部低周波地震活動様式から見るマグマ供給過程

*行竹 洋平[1]、安部 祐希[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P05] 蔵王山深部低周波地震の震源分布と波形特性

*池谷 拓馬[1]、山本 希[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS17-P06] Mechanisms transition of LFEs beneath Zao volcano due to the stress change induced by the 2011 Tohoku earthquake

*及川 元己[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、松澤 暢[2] (1.東京工業大学、2.東北大学)

[SSS17-P07] Magma/gas intrusion process of Shinmoedake Eruption in 2017 suggested by volcanic tremors location with ASL method

今村 翔哉[1]、*大久保 慎人[2] (1.高知大学 理学部、2.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS17-P08] GNSSデータのL1インバージョンに基づく2008-2010年富士山膨張イベントの力源深さ推定

*三井 雄太[1]、加藤 隆寛[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学理学部地球科学科)

東北地方　米沢-喜多方地域における地震波反射面の空間分布
S-wave reflectors beneath the earthquake swarm in the Yonezawa-Kitakata area, NE Japan

*鈴木 真奈美[1]、長谷見 晶子[1]、岡田 知己[1]、松澤 暢[1]、海野 徳仁[1]、中山 貴史[1]、津村 紀子[2]、山品 匡史[3]、2011年東北地方太平洋沖地震 合同余震観測グループ
*Manami Suzuki [1], Akiko Hasemi[1], Tomomi Okada[1], Toru Matsuzawa[1], Norihito Umino[1], Takashi Nakayama[1], Noriko Tsumura[2], Tadashi Yamashina[3], Group for the aftershock observations of the 2011 off the Pacific of Tohoku Earthquake -

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 千葉大学理学部、3. 高知大学理工学部
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Faculty of Science and Technology, Kochi University

火山地域や内陸地震震源断層周辺において、自然地震波形の後続波に含まれるS波反射波に関する研究は日本各地で行われてきた。例えば、Mizoue et al. (1982)は日光・足尾地域においてS波反射点の空間分布を求め、SxP波とSxSの振幅比から推定される反射体の内部構造から反射体は部分溶融体からなる可能性が高いと示した。東北地方ではUmino et al. (2002)や堀・他(2004)などにより、上昇したメルトが冷却する過程で放出された水が、S波反射面を形成すると考えられてきた[Hasegawa et al., 2005]。このとき放出された水は内陸地震発生のメカニズムにも関与している可能性が指摘されており、東北地方の地殻内における流体の一層の挙動の解明が望まれる。

本研究の対象地域としている米沢-喜多方地域では、2011年東北地方太平洋沖地震から7日後に群発地震が発生し、その原因のひとつは流体圧の上昇による強度低下だと指摘されている[e.g., Okada et al., 2015]。震源域には中新世に形成された大峠カルデラ[山本・他., 1994]が存在しており、メルトから排出された流体が存在する可能性は十分考えられる。先行研究である長谷見・他(2016)によって米沢-喜多方地域のS波反射波はすでに発見されており、本研究ではS波反射面の空間分布を求めることを目的とする。この地域では2011年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループによって稠密に臨時観測点が展開されており、本研究ではこれらの臨時観測点およびHi-netによる定常観測点での地震波形データを使用する。また、正確にS波反射面の空間分布を求めるため、臨時観測点データを使用してDouble Difference法で再決定した震源を使用する。

まずS波反射波の走時を目視で読み取る。顕著にS波反射波が確認できた10個の観測点・震源クラスターの組み合わせで、Inamori et al. (1992)のように、地震波形の走時を深さに変換し、南北・東西方向に設定した測線に沿うように地震波形を並べた(以下これを記録断面図と呼ぶ)。記録断面図中、周囲の振幅よりもおよそ1.5倍以上、同じ深さで3つ以上揃った場合は反射波だと考え、その初動を読み取った。この時、測線の交点付近で同じ深さに反射波を検出した場合、同じ反射面から反射したものと解釈した。一つの記録断面図中に複数の反射波が確認できる場合はそれぞれ読み取りを行った。その結果、北東部のクラスターで16個、中央部で14個、南西部で3個の反射面を読み取った。

次に、読み取った走時を使用して鏡像観測点をグリッドサーチで求めた[例えば、 Horiuchi et al., 1988]。具体的には、反射面を一枚の面、波線を直線、速度構造を3.4km/sの一様構造と仮定し、読み取った走時と鏡像観測点への理論走時の残差二乗平方根が、最も小さくなる反射面を求めていく。求めた反射面の方程式から走向、傾斜、および個々の震源に対する反射点位置を求めた。

その結果、反射面は震源域の下で深さ10-20kmに位置し、走向は円や弧を描くように、傾斜は震源域に近いものほど水平に近く遠いものほど垂直に立っているように見えた。これをシームレス地質図[産総研]と比較すると、大峠カルデラ直下にある反射面はカルデラの縁に沿うような走向を、西側にある反射面は会津盆地西縁

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層帯や地質構造に沿うような走向に見える。これを地震波速度構造と比較すると、低速度域の上部付近に位置するように見え、Umino et al. (2002)や堀・他(2004)で求めた結果と整合的である。仮にS波反射面を流体により構成されていると考えると、米沢-喜多方地域における群発地震を誘発した流体は、震源域下にあるメルトから排出され既存の地質構造から上昇してきた可能性が考えられる。

キーワード：地震波反射波、地殻流体
Keywords: reflected wave, crustal fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明
Imaging of the magma pathway beneath Kirishima volcanoes by seismic interferometry

*長岡 優[1]、西田 究[2]、青木 陽介[2]、武尾 実[2]、大倉 敬宏[3]、吉川 慎[3]
*Yutaka Nagaoka[1], Kiwamu Nishida[2], Yosuke Aoki[2], Minoru Takeo[2], Takahiro Ohkura[3], Shin Yoshikawa[3]

1. 気象研究所火山研究部、2. 東京大学地震研究所、3. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
1. Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

2011年1月の霧島山新燃岳の噴火に際し、地殻変動の圧力源が新燃岳の北西5km、深さ約8kmの位置に検出され、噴火に関わるマグマだまりであると考えられている（Nakao et al., 2013）。地震波速度構造の推定によりマグマだまりの全体像をイメージングできれば、マグマ供給系に対して定量的な制約を与えられることが期待される。

本研究では、地震波干渉法により霧島山周辺の観測点間を伝播する表面波を用いて、マグマだまりの検出を試みた。地震波干渉法は脈動などのランダムな波動場の相互相関関数を計算することによって観測点間の地震波の伝播を抽出する手法である。相互相関関数は観測点間の速度構造に敏感であるため、地震波干渉法は局所的な構造推定に適している。

解析には、霧島山周辺の38観測点（東大地震研、京大火山研究センター、防災科研、気象庁）の3成分で記録された2011年4月～2013年12月の脈動記録を用いた。脈動記録の上下動成分の相互相関関数を計算することにより観測点間を伝播するRayleigh波を、Transeverse成分の相互相関関数からLove波を抽出した。抽出された表面波の位相速度推定では、まず解析領域全体の平均的な1次元構造に対して分散曲線を測定し、次に各パスの位相速度を領域平均構造に対する速度異常として測定する、という2段階の手順を踏んだ。各パスの位相速度を用いて表面波位相速度トモグラフィーを行い（Rawlinson and Sambridge, 2005）、各グリッド点の位相速度から、S波速度構造（V_{SV}, V_{SH}構造）を線形化インバージョン（Tarantola and Valette, 1982）を用いて推定した。

浅部では、V_{SV}, V_{SH}構造ともに標高に沿った基盤の盛り上がりに対応する高速度異常が見られた。海抜下約7 km以深では、V_{SV}構造で霧島山山体直下から北西にかけて水平方向に約15 kmにわたる大きな低速度体が見られたが、V_{SH}構造ではこの低速度体は確認できなかった。2011年噴火に伴う地殻変動源はこの低速度体の北西上端に対応していることから、低速度体は噴火に関わるマグマだまりであると推定される。また、V_{SV}とV_{SH}は海抜下約2 km以深で一致しておらず（V_{SV}の方が低速度）、radial anisotropyの存在が確認された。

霧島山の下では、本研究で求まったマグマだまりの南東下端に当たる海抜下10 kmからさらに深部（海抜下25 kmまで）の山体下で低周波地震が発生している。求まったマグマだまりと、深部低周波地震の震源と地殻変動源との位置関係から、マグマは山体の深部からマグマだまり内へ供給され、山体北西の地殻変動源の位置を出口として浅部へ上昇する、というマグマ供給系の描像が得られた。また、マグマだまり内のradial anisotropyは、部分溶融したメルトを含む薄い低速度層が多重に重なった構造によって説明できることから、マグマだまり内はシル状構造になっていると考えられる。

今後同様の手法を他の火山に適用し、マグマだまりやradial anisotropyの存在を系統的に調べることは、活動的火山のマグマ供給系を理解する上で重要だろう。

キーワード：霧島山、地震波干渉法、脈動記録、異方性
Keywords: Kirishima, seismic interferometry, ambient seismic noise, radial anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

箱根火山の地形効果を考慮した火山性深部低周波地震に対する有限要素法による3次元地震波形計算

Finite element three-dimensional seismic waveform calculations of volcanic deep low frequency earthquake including true topographic effects of Hakone volcano

*山谷 里奈[1]、望月 公廣[1]、市村 強[1]、藤田 航平[1]、悪原 岳[1]、堀 高峰[2]、本多 亮[3]、行竹 洋平[3]
*Lina Yamaya[1], Kimihiro Mochizuki[1], Tsuyoshi Ichimura[1], Kohei Fujita[1], Takeshi Akuhara[1], Takane Hori[2], Ryou Honda[3], Yohei Yukutake[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 神奈川県温泉地学研究所
1. Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Hot Springs Research Institute of Kanagawa

Volcanic deep low frequency (DLF) earthquakes play an important role on revealing magma volcanic system because they are thought to reflect movements of volcanic fluid. Nakamichi et al. (2003) showed that the DLF earthquakes occurring beneath Iwate volcano have compensated linear vector dipole components, which suggests the relation with volcanic fluid.

Hakone volcano also has DLF earthquakes whose depths are from 10 to 30 km. Yukutake et al. (2018) showed that the number of DLF earthquakes increased just before crustal movement or increase of volcanic tremors in 2006, 2013, 2015, but mechanisms of the DLF earthquakes are still unrevealed. JMA reported that DLF earthquakes occur not just beneath Owakudani (the main crater of Hakone volcano) but around 10 km north from Owakudani, which is needed to be studied in detail. One of the difficulties to infer the source mechanisms and centroids is that the volcanic structure is complex not only due to its velocity structure but also due to its geometry. Calculation of three-dimensional seismic wave propagation are still challenging due to its computational cost, but it has become less difficult due to the recent development of efficient calculation techniques of computational science.

In this study, we used a technique of finite element three-dimensional waveform computation (Ichimura et al., 2017) to calculate the synthetic waveforms of the DLF earthquakes in Hakone volcano with respect to two different structure representations; direct inclusion of topography and flat surface with squashed topography in to the subsurface (Aagaard et al. 2008), and compared the resulted synthetic waveforms. We assumed the modified seismic velocity model reported in Yukutake et al. (2014). We used K computer and calculated the synthetics up to 1.5 Hz. As a result, although the arrival times of direct waves are similar, shapes of subsequent arrival phases are different. The amplitudes of subsequent arrival waves calculated including the true topography are larger than those calculated for the flat surface model with squashed topography. Observed data have such large amplitudes in subsequent arrival phases. Therefore, it is needed to calculate the synthetics including true topography for comparisons between data and synthetics. We further investigate generation mechanisms of such DLF earthquakes by synthetic modeling of the observed waveforms.

キーワード：深部低周波地震、有限要素法による3次元地震波形計算、京コンピュータ
Keywords: Deep low frequency earthquake, Finite element three-dimensional seismic waveform calculation, K computer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

箱根火山深部低周波地震活動様式から見るマグマ供給過程
Magma transport system beneath Hakone volcano inferred from deep low frequency earthquakes

*行竹 洋平[1]、安部 祐希[1]
*Yohei Yukutake[1], Yuki Abe[1]

1. 神奈川県温泉地学研究所
1. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

はじめに

火山の地殻深部で発生する深部低周波地震（以下、DLFE）は、マグマ性流体の運動に起因し発生している現象と考えられている（例えば、Nakamichi et al., 2003）．一方でDLFE活動と浅部での火山活動との時間的な関連性は必ずしも明確になっていない．本研究では箱根火山の下深さ25km付近で発生するDLFE活動と深さ10kmより浅部で観測される群発地震活動や火山性地殻変動との関係性について検証を行った．

箱根火山では、最近20年間において2001年、2006年、2009年、2013年及び2015年に活発な群発地震が発生し、さらに群発地震活動にやや先行して深さ7km付近に膨張源を持つ火山性地殻変動が観測されている（例えば、Harada et al., 2018）．また地震波トモグラフィー解析からは、深さ10km付近にマグマ溜まり、その上部にマグマ由来の熱水が存在すると推定されている（Yukutake et al., 2015；行竹ほか、2018、火山学会）．先行研究（行竹・安部、2018、JpGU）では箱根火山において2003年以降のDLFE活動について、マッチドフィルター法（MF法）を用いたイベント検出を行い浅部火山活動時系列との比較を行った結果、活発な群発地震活動に先行してDLFEが増加していることを報告した．本発表では、MF法の解析期間を2000年まで拡張し、さらにDLFE活動の規模別頻度分布の特性（b値）の時間変化について詳細な検討を行い、これらの結果に基づきマグマ供給過程とDLFEとの関係について考察する．

データ及び手法

本研究では、箱根火山周辺の12箇所の定常観測点の連続波形記録を使用し、2000年1月から2017年1月までを解析対象とした．テンプレート地震として同期間に気象庁一元化カタログに記載されているMjma0.5以上のDLFE94イベントを用いた．イベント検出基準には相関係数の中央絶対偏差の9倍を用い、スタックした相関係数がこの基準を超える時刻を有意なイベントと見なした．検知されたイベントの震源は対応するテンプレート地震の震源位置を当てはめ、またマグニチュードはテンプレート地震波形との振幅比から求めた．b値の時間推移の推定には、各時間ウィンドウのコンプリートネスマグニチュード（Mc）を求めるWiemer and Wyss (2000)の方法を用い、MF法により作成された震源カタログに対して300イベント毎にMc及びb値を求めその時間変化を推定した．

結果及び議論

MF法により解析対象期間で気象庁一元化カタログの約46倍に相当する数のDLFEを検出した．
2006年、2009年、2013年及び2015年には、山体膨張を示す地殻変動とほぼ同時にDLFEの発生数が、その数週間後に浅部で群発地震が活発化することが分かった．ただし、2001年には、群発地震の活発化がDLFE発生数増加に先行した．さらにDLFE活発化に伴いb値が増加することが推定された．火山地域における群発地震活動で噴火直前にb値の増加が観測される場合があり、こうしたb値の時間変化はマグマ性流体の移動に伴う流体圧や温度変化を反映したものと解釈されている（Jacobs and McNutt 2010；Nanjo et al., 2018）．箱根火山で推定されたDLFEの活発化並びにb値の増加は、この領域におけるマグマ性流体の深部からの新たな供給及びそれに伴う流体圧や温度の上昇を反映しているかもしれない．DLFE発生域より浅部の深さ10km付近には、地震波トモグラフィー解析に基づき固化しつつあるマグマの存在を示唆するLow Vs及びHigh Vp/Vsの領域が、さらにその浅部深さ6km付近にはマグマから脱水した熱水溜りを示唆するLow Vs及びLow Vp/Vsの領域

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

が検出されている（行竹ほか、2018、火山学会）．また、火山性地殻変動の膨張源はLow Vp/Vs領域上部に推定され、群発地震活動はさらにその浅部で発生する．

群発地震の活発化は、浅部の脆性領域への熱水の供給量が急増したことで引き起こされたと考えられており（Yukutake et al., 2015）、その急増は熱水溜まり最上部で捉えられた膨張（増圧）により引き起こされていると思われる．またDLFEの活発化は、DLFE発生領域にマグマ性流体が上昇することと関連すると考えられる．

2006年、2009年、2013年及び2015年の群発地震活動では、DLFEが先行したことから、DLFE発生領域を上昇してきたマグマからの揮発成分または熱の供給が、熱水溜まり最上部の増圧および脆性領域における流体圧の上昇を引き起こしたと考えることができる．しかし、2001年には群発地震がDLFEの活発化に先行して発生しており、また解析期間内には、群発地震活動を伴わないDLFEの活発化も捉えられている．DLFEの活発化と群発地震には関連性があるように見えるが、上述のように単純なモデルでは説明できない活動もある．

今後は、DLFEの発生様式をさらに精査して圧力源の変動や群発地震活動様式と比較しながら、それらの活動の関連性をさらに詳細にモデル化する予定である．

謝辞

本研究では国立研究開発法人防災科学技術研究所Hi-netの地震波形データ、及び国土地理院Geo-netのGNSSデータを使用させていただきました．b値の推定には、zmapコード（Wiemer, 2001）を使用しました．

キーワード：深部低周波地震、群発地震、箱根火山
Keywords: Deep low frequency earthquake, earthquake swarm, Hakone volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蔵王山深部低周波地震の震源分布と波形特性
Hypocenter and waveform characteristics of deep low-frequency earthquakes beneath Zao volcano

*池谷 拓馬[1]、山本 希[1]
*Takuma Ikegaya[1], Mare Yamamoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohoku University

2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw 9.0) の発生により，東北地方では広域にわたり歪・応力の変化が生じ，地殻内部の火山性流体も影響を受けたと考えられる．これを示唆する例として，東北地方の複数の火山において，活火山周辺の沈降が干渉SAR等により観測されていることや下部地殻で発生している深部低周波地震の活動度に東北地方太平洋沖地震以降変化が見られることが挙げられる．このような深部低周波地震の活動から深部マグマの活動を推定することは，巨大地震後の中長期的な火山活動を考える上で重要である．そこで，本発表では，東北地方太平洋沖地震後に火山活動の活発化が見られる蔵王山について，深部低周波地震の活動を解析した結果を報告する．

蔵王山は，山形県と宮城県の県境に位置する活火山の一つである．東北地方太平洋沖地震後，蔵王山直下では2012年初頭から深部低周波地震が増加し，2013年以降は浅部 (深さ約2 km以浅) で発生する火山性地震や長周期地震が観測されている．このような地震活動推移を調べる際，気象庁一元化震源カタログが広く用いられるが，規模の小さな深部低周波地震については検測の完全性が充分でない可能性がある．そこで，池谷・山本 (2018, JpGU) では一元化カタログに記載されている深部低周波地震の波形（テンプレート）と連続波形記録との相関によりイベントを検出するMatched Filter法（以下，MF法）を2015年1年間の記録に適用することで，小規模のイベントの検出を改善し，震源が深さ28 km付近を境に2つのクラスターに分かれる様子を明瞭化した．しかし，検出イベントの震源と最大相関となるテンプレートの震源は同一であると仮定したため，クラスターごとの震源の広がりを議論することは難しい．また，MF法の解析期間を延ばすことにより震源の時空間分布をさらに明瞭化できることが期待される．そこで本研究では，解析期間を2012年1月～2018年5月の約6年間に延ばし，検出したイベントについて相対震源決定を行った．

本研究では，東北大学 七ヶ宿，釜房，防災科学技術研究所Hi-net 上山，気象庁 蔵王坊平の4観測点の連続記録に対して，一元化カタログ記載の深部低周波地震146個（2012年1月～2016年9月）をテンプレート地震として，MF法を適用した．解析には深部低周波地震の卓越周波数を含む1-8 Hzの周波数帯域を用いた．地震検出の閾値はテンプレート間の相関を基に0.2とし，閾値を超えた時間窓の波形を目視で確認し，誤検出した波形を取り除き，残ったものを検出イベントとした．検出イベントと最大相関となるテンプレートのクロススペクトル及び相関関数の補間によって走時差を測定し，マスターイベント法を用いて検出イベントの相対震源を決定した．

2012年1月～2018年5月の連続記録に対してMF法を適用した結果，テンプレート地震数の約10倍にあたる1361個の深部低周波地震を検出し，そのうち，1357個のイベントの震源をマスターイベント法により決定することができた．イベント検出数を増加させたことによって，深さ約28 kmを境に2つのクラスターに震源がわかれる特徴をさらに明瞭にすることができた．また，検出イベントの震源と最大相関となるテンプレートの震源は同一であると仮定した場合には，震源の深さ分布が23 kmに際立って集中するのに対し，マスターイベント法により決定した震源では，23 kmを最頻値とする深さ方向にやや広がりをもった分布となった．次に，検出イベントについて個々の波形を確認したところ，「3～4 Hzの高周波成分がイベント開始部分1～2秒間に卓越し，それ以降は1～2 Hzの低周波成分が卓越するタイプ」（354個）と「波形全体にわたり1～2 Hzの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低周波成分が卓越するタイプ」（1007個）の2種類に大局的には分類できることが明らかとなった．前者の震源は深さ33 kmを最頻値とし，20～38 kmに幅広く分布するのに対し，後者は23 km付近を中心とした20～26 kmの狭い範囲に集中する．このことはクラスター間で深部低周波地震の震源過程が異なることを示唆する．一方で，両タイプのGutenberg-Richter則*b*値には明瞭な差異は見られなかった．

今後，検出された深部低周波地震の震源メカニズムの推定を行うことで，深さごとの深部火山性流体の分布形態の違いを明らかにできることが期待される．

キーワード：蔵王山、深部低周波地震、Matched Filter法
Keywords: Zao volcano, deep low-frequency earthquakes, Matched Filter method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mechanisms transition of LFEs beneath Zao volcano due to the stress change induced by the 2011 Tohoku earthquake

*及川 元己[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、松澤 暢[2]
*Genki Oikawa[1], Naofumi Aso[1], Junichi Nakajima[1], Toru Matsuzawa[2]

1. 東京工業大学、2. 東北大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tohoku University

Deep low-frequency earthquakes (LFEs) with dominant frequencies of 2–8 Hz occur at depths of 20–40 km, which is deeper than the depth of regular crustal earthquakes. Many previous studies indicated that focal mechanisms of LFEs have non-double-couple components such as CLVD (compensated linear vector dipole) and volumetric deformation. Therefore, LFEs are thought to be related to the magma or crustal fluid, but their physical mechanisms are still unknown. The focal mechanisms of LFEs are key information for understanding the physics underlying LFEs. Seismicity of LFEs in Zao has increased about two years after the Tohoku earthquake, so we are also interested in the potential variations of focal mechanisms in association with the seismicity change.
We analyze the mechanisms of 48 LFEs beneath Zao volcano by using the amplitude ratios of S-wave to P-wave.The site effect at each station is corrected using the radiation from regular earthquakes with known mechanisms. We assume four focal models (double-couple, CLVD, tensile-crack, and single-force) and determine an optimal model based on AIC (Akaike information criteria), to minimize the residuals between observed and theoretical S/P ratios with a penalty for the number of parameters.
We successfully determined focal mechanisms of 29 events. While the majorities are double couples (18 events; 62%), there are notable numbers of non-double-couple LFEs. The obtained mechanisms are classified into five groups, three types of double-couple (DC-A, DC-B, DC-C), a CLVD type (CLVD-D) and a single-force type (SF-E). Whereas the DC-A LFEs are observed only before the increase of LFE seismicity, most of the other types are generated after the increase of seismicity. The DC-A is consistent with the local stress field, and the symmetry axis of CLVD-D is sub-parallel to the P-axis of DC-A, so the CLVD-D is interpreted to be a shear-tensile-crack under the similar stress field. Considering that the transition of focal mechanisms was two years later than the Tohoku earthquake, we suggest that the lateral compressional stress field became less dominant near the source of LFEs two years after the Tohoku Earthquake, probably associated with afterslip and viscoelastic relaxation, and the change in local stress field altered the occurrence of LFEs.

キーワード：低周波地震、東北地方太平洋沖地震、発震機構解
Keywords: Low-frequency earthquake, The 2011 Tohoku earthquake, Focal Mechanisms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magma/gas intrusion process of Shinmoedake Eruption in 2017 suggested by volcanic tremors location with ASL method

今村 翔哉[1]、*大久保 慎人[2]
Shoya Imamura[1], *Makoto OKUBO[2]

1. 高知大学 理学部、2. 高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門
1. Faculty of Science, Kochi University, 2. Natural Science Cluster, Kochi University

Kirishima volcanoes, which located on border Miyazaki and Kagoshima prefecture in Kyushu, is still active after the large scale eruption in 2011. In this study, by using volcanic tremor/events distribution, we would like to discuss magma/gas intrusion process around magma chamber.

Recentlly, source location of volcanic tremors is usually determined by ASL (Amplitude Source Location) method (*c.f.* Nakamichi *et.al.*, 2017). ASL method is based on the idea that seismic (S) waves at higher frequency range (> 5 Hz) will propagate isotropically, an its amplitude will be simply attenuate with distance. If we can use dense seismic observation records around volcano, we can calculate the volcanic tremor location in automatically every time window. Thus, using with ASL we can easily discuss volcanic tremor/events distribution and its time variation.

According to Kirishima volcanoes activities reported by JMA (Oct, 2017), numbers of volcanic earthquakes/tremors located at southwestward of the Shinmoedake have been rapidly increased from Oct. 2017, and erupsed on 11th until 16th. Therefore, In this study we analyzed three stages, **(1)** stable condition on 9th, **(2)** earthquake/tremor activation on 10th, and **(3)** continuous eruption on 16th.

In this study, we choiced and used 10 stations, which were operated by JMA, NIED and ERI, established around Shinmoedake. For analysis, we assumed V_S = 2.2 km/s, Q_f = 175 @10Hz for volcanic events, and Q_f = 300 for volcanic tremors beneath Shinmoedake and used 5 - 10 Hz band-passed envelope amplitude for ASL. Thus, we obtained three stages time-spatial volcanic tremor/events distribution.

According to Volcanic tremor/events distribution, these were located at southward of magma source at ~ 4 km depth estimated with GPS observations (Nakao et al., 2013); stage (1). After 18 o'clock, volcanic tremor/events were activated with numbers and magnitudes around magma source, and these location were move to shallower until -1 km; stage (2). Small magnitude and shallower tremors occurred continuously at Oct. 10th.
On 16th, tremor activity became in quiet, and just only located around southward of magma source; stage (3).

These results imply that magma/gas intrusion was occurred at stage (2), might have been occurred after magma vaporization in chamber. And we can considered that at stage(2), magma vent was already constructed, magma/gas was continuously supplyed from chamber at stage (3).

Acknowledgments:
In this study, we used seismic observation records obtained by JMA, NIED, ERI(University of Tokyo). A tool of ASL method was provided by Dr. Nakamichi, Kyoto university. We are very thanks to these cooperation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：振幅を利用した震源推定、霧島火山、火山性微動/火山性地震
Keywords: ASL, Kirishima volcanoes, Volcanic tremors/events

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSデータのL1インバージョンに基づく2008-2010年富士山膨張イベントの力源深さ推定

Source depth estimation of a magmatic inflation in 2008-2010 at Mt. Fuji, Japan, based on sparsity-promoting L1 inversion of GNSS data

*三井 雄太[1]、加藤 隆寛[2]
*Yuta Mitsui[1], Takahiro Kato[2]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 元・静岡大学理学部地球科学科
1. Department of Geosciences, Shizuoka University, 2. formerly at Department of Geosciences, Shizuoka University

Mt. Fuji has not erupted since the Plinian eruption in 1707, but its volcanic activity such as low-frequency earthquakes has not finished. Here, using GNSS (Global Navigation Satellite System) time-series data, we investigate an inflation event of Mt. Fuji in 2008-2010. Referring to recent studies of igneous processes, we focus on “vertically-extensive” magma systems and estimate depth distribution of geodetic inflation sources. A sparsity-promoting L1 regularization algorithm for inversion analysis allows us to estimate concentrated distribution of the sources with sufficient performance of data fitting. Our result shows that the inflation sources were mainly distributed in a depth range from 20 km to 15 km, and the total volume change was on the order of 0.01 cubic kilometers. The magma clot might move upward, and not move back downward as far as we observed. Our sparsity-promoting method is useful to constrain magma movement from limited observation data.

キーワード：富士山、GNSS、L1正則化
Keywords: Mt. Fuji, GNSS, L1 regularization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)

火山深部のマグマ供給系は、長期スケールの地球のダイナミクスおよび地球の進化を考える上で重要であり、様々な地震学的アプローチを駆使することにより、更なる理解が期待される。特に活火山直下のモホ面付近に発生する深部長周期地震は、マグマ供給系と密接に関連していると考えられているが、詳細な活動様式や発生機構については未解明な部分が多い現象である。マグマ供給系における深部長周期地震の役割を明らかにすることは、深部マグマ溜りなど下部地殻付近のマグマ供給過程を理解するために鍵となる。そのために、例えばマッチドフルター法や精密震源決定などの最新技術を駆使し詳細な活動時系列や震源分布を得たり、波形インバージョンなどにより同現象の発震機構解に関する情報を推定したりすることが重要である。加えて、雑微動解析の利用など最新のトモグラフィー技術により、稠密な観測網を活用して高解像度で火山深部の物性分布をイメージングすることも、マグマ供給系の詳細な描像を明らかにする上で重要である。本セッションは、上述のアプローチに限らず、様々な地震学的アプローチから火山深部のマグマ供給系を明らかにしようとする研究を歓迎する。

[SSS17-P01] 東北地方　米沢-喜多方地域における地震波反射面の空間分布

*鈴木 真奈美[1]、長谷見 晶子[1]、岡田 知己[1]、松澤 暢[1]、海野 徳仁[1]、中山 貴史[1]、津村 紀子[2]、山品 匡史[3]、2011年東北地方太平洋沖地震 合同余震観測グループ (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.千葉大学理学部、3.高知大学理工学部)

[SSS17-P02] 地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明

*長岡 優[1]、西田 究[2]、青木 陽介[2]、武尾 実[2]、大倉 敬宏[3]、吉川 慎[3] (1.気象研究所火山研究部、2.東京大学地震研究所、3.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

[SSS17-P03] 箱根火山の地形効果を考慮した火山性深部低周波地震に対する有限要素法による3次元地震波形計算

*山谷 里奈[1]、望月 公廣[1]、市村 強[1]、藤田 航平[1]、悪原 岳[1]、堀 高峰[2]、本多 亮[3]、行竹 洋平[3] (1.東京大学地震研究所、2.海洋研究開発機構、3.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P04] 箱根火山深部低周波地震活動様式から見るマグマ供給過程

*行竹 洋平[1]、安部 祐希[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[SSS17-P05] 蔵王山深部低周波地震の震源分布と波形特性

*池谷 拓馬[1]、山本 希[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS17-P06] Mechanisms transition of LFEs beneath Zao volcano due to the stress change induced by the 2011 Tohoku earthquake

*及川 元己[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、松澤 暢[2] (1.東京工業大学、2.東北大学)

[SSS17-P07] Magma/gas intrusion process of Shinmoedake Eruption in 2017 suggested by volcanic tremors location with ASL method

今村 翔哉[1]、*大久保 慎人[2] (1.高知大学 理学部、2.高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門)

[SSS17-P08] GNSSデータのL1インバージョンに基づく2008-2010年富士山膨張イベントの力源深さ推定

*三井 雄太[1]、加藤 隆寛[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学理学部地球科学科)

東北地方　米沢-喜多方地域における地震波反射面の空間分布
S-wave reflectors beneath the earthquake swarm in the Yonezawa-Kitakata area, NE Japan

*鈴木 真奈美[1]、長谷見 晶子[1]、岡田 知己[1]、松澤 暢[1]、海野 徳仁[1]、中山 貴史[1]、津村 紀子[2]、山品 匡史[3]、2011年東北地方太平洋沖地震 合同余震観測グループ
*Manami Suzuki [1], Akiko Hasemi[1], Tomomi Okada[1], Toru Matsuzawa[1], Norihito Umino[1], Takashi Nakayama[1], Noriko Tsumura[2], Tadashi Yamashina[3], Group for the aftershock observations of the 2011 off the Pacific of Tohoku Earthquake -

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 千葉大学理学部、3. 高知大学理工学部
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Faculty of Science and Technology, Kochi University

火山地域や内陸地震震源断層周辺において、自然地震波形の後続波に含まれるS波反射波に関する研究は日本各地で行われてきた。例えば、Mizoue et al. (1982)は日光・足尾地域においてS波反射点の空間分布を求め、SxP波とSxSの振幅比から推定される反射体の内部構造から反射体は部分溶融体からなる可能性が高いと示した。東北地方ではUmino et al. (2002)や堀・他(2004)などにより、上昇したメルトが冷却する過程で放出された水が、S波反射面を形成すると考えられてきた[Hasegawa et al., 2005]。このとき放出された水は内陸地震発生のメカニズムにも関与している可能性が指摘されており、東北地方の地殻内における流体の一層の挙動の解明が望まれる。

本研究の対象地域としている米沢-喜多方地域では、2011年東北地方太平洋沖地震から7日後に群発地震が発生し、その原因のひとつは流体圧の上昇による強度低下だと指摘されている[e.g., Okada et al., 2015]。震源域には中新世に形成された大峠カルデラ[山本・他., 1994]が存在しており、メルトから排出された流体が存在する可能性は十分考えられる。先行研究である長谷見・他(2016)によって米沢-喜多方地域のS波反射波はすでに発見されており、本研究ではS波反射面の空間分布を求めることを目的とする。この地域では2011年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループによって稠密に臨時観測点が展開されており、本研究ではこれらの臨時観測点およびHi-netによる定常観測点での地震波形データを使用する。また、正確にS波反射面の空間分布を求めるため、臨時観測点データを使用してDouble Difference法で再決定した震源を使用する。

まずS波反射波の走時を目視で読み取る。顕著にS波反射波が確認できた10個の観測点・震源クラスターの組み合わせで、Inamori et al. (1992)のように、地震波形の走時を深さに変換し、南北・東西方向に設定した測線に沿うように地震波形を並べた(以下これを記録断面図と呼ぶ)。記録断面図中、周囲の振幅よりもおよそ1.5倍以上、同じ深さで3つ以上揃った場合は反射波だと考え、その初動を読み取った。この時、測線の交点付近で同じ深さに反射波を検出した場合、同じ反射面から反射したものと解釈した。一つの記録断面図中に複数の反射波が確認できる場合はそれぞれ読み取りを行った。その結果、北東部のクラスターで16個、中央部で14個、南西部で3個の反射面を読み取った。

次に、読み取った走時を使用して鏡像観測点をグリッドサーチで求めた[例えば、 Horiuchi et al., 1988]。具体的には、反射面を一枚の面、波線を直線、速度構造を3.4km/sの一様構造と仮定し、読み取った走時と鏡像観測点への理論走時の残差二乗平方根が、最も小さくなる反射面を求めていく。求めた反射面の方程式から走向、傾斜、および個々の震源に対する反射点位置を求めた。

その結果、反射面は震源域の下で深さ10-20kmに位置し、走向は円や弧を描くように、傾斜は震源域に近いものほど水平に近く遠いものほど垂直に立っているように見えた。これをシームレス地質図[産総研]と比較すると、大峠カルデラ直下にある反射面はカルデラの縁に沿うような走向を、西側にある反射面は会津盆地西縁

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層帯や地質構造に沿うような走向に見える。これを地震波速度構造と比較すると、低速度域の上部付近に位置するように見え、Umino et al. (2002)や堀・他(2004)で求めた結果と整合的である。仮にS波反射面を流体により構成されていると考えると、米沢-喜多方地域における群発地震を誘発した流体は、震源域下にあるメルトから排出され既存の地質構造から上昇してきた可能性が考えられる。

キーワード：地震波反射波、地殻流体
Keywords: reflected wave, crustal fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明
Imaging of the magma pathway beneath Kirishima volcanoes by seismic interferometry

*長岡 優[1]、西田 究[2]、青木 陽介[2]、武尾 実[2]、大倉 敬宏[3]、吉川 慎[3]
*Yutaka Nagaoka[1], Kiwamu Nishida[2], Yosuke Aoki[2], Minoru Takeo[2], Takahiro Ohkura[3], Shin Yoshikawa[3]

1. 気象研究所火山研究部、2. 東京大学地震研究所、3. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
1. Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

2011年1月の霧島山新燃岳の噴火に際し、地殻変動の圧力源が新燃岳の北西5km、深さ約8kmの位置に検出され、噴火に関わるマグマだまりであると考えられている（Nakao et al., 2013）。地震波速度構造の推定によりマグマだまりの全体像をイメージングできれば、マグマ供給系に対して定量的な制約を与えられることが期待される。

本研究では、地震波干渉法により霧島山周辺の観測点間を伝播する表面波を用いて、マグマだまりの検出を試みた。地震波干渉法は脈動などのランダムな波動場の相互相関関数を計算することによって観測点間の地震波の伝播を抽出する手法である。相互相関関数は観測点間の速度構造に敏感であるため、地震波干渉法は局所的な構造推定に適している。

解析には、霧島山周辺の38観測点（東大地震研、京大火山研究センター、防災科研、気象庁）の3成分で記録された2011年4月～2013年12月の脈動記録を用いた。脈動記録の上下動成分の相互相関関数を計算することにより観測点間を伝播するRayleigh波を、Transeverse成分の相互相関関数からLove波を抽出した。抽出された表面波の位相速度推定では、まず解析領域全体の平均的な1次元構造に対して分散曲線を測定し、次に各パスの位相速度を領域平均構造に対する速度異常として測定する、という2段階の手順を踏んだ。各パスの位相速度を用いて表面波位相速度トモグラフィーを行い（Rawlinson and Sambridge, 2005）、各グリッド点の位相速度から、S波速度構造（V_{SV}, V_{SH}構造）を線形化インバージョン（Tarantola and Valette, 1982）を用いて推定した。

浅部では、V_{SV}, V_{SH}構造ともに標高に沿った基盤の盛り上がりに対応する高速度異常が見られた。海抜下約7 km以深では、V_{SV}構造で霧島山山体直下から北西にかけて水平方向に約15 kmにわたる大きな低速度体が見られたが、V_{SH}構造ではこの低速度体は確認できなかった。2011年噴火に伴う地殻変動源はこの低速度体の北西上端に対応していることから、低速度体は噴火に関わるマグマだまりであると推定される。また、V_{SV}とV_{SH}は海抜下約2 km以深で一致しておらず（V_{SV}の方が低速度）、radial anisotropyの存在が確認された。

霧島山の下では、本研究で求まったマグマだまりの南東下端に当たる海抜下10 kmからさらに深部（海抜下25 kmまで）の山体下で低周波地震が発生している。求まったマグマだまりと、深部低周波地震の震源と地殻変動源との位置関係から、マグマは山体の深部からマグマだまり内へ供給され、山体北西の地殻変動源の位置を出口として浅部へ上昇する、というマグマ供給系の描像が得られた。また、マグマだまり内のradial anisotropyは、部分溶融したメルトを含む薄い低速度層が多重に重なった構造によって説明できることから、マグマだまり内はシル状構造になっていると考えられる。

今後同様の手法を他の火山に適用し、マグマだまりやradial anisotropyの存在を系統的に調べることは、活動的火山のマグマ供給系を理解する上で重要だろう。

キーワード：霧島山、地震波干渉法、脈動記録、異方性
Keywords: Kirishima, seismic interferometry, ambient seismic noise, radial anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

箱根火山の地形効果を考慮した火山性深部低周波地震に対する有限要素法による3次元地震波形計算

Finite element three-dimensional seismic waveform calculations of volcanic deep low frequency earthquake including true topographic effects of Hakone volcano

*山谷 里奈[1]、望月 公廣[1]、市村 強[1]、藤田 航平[1]、悪原 岳[1]、堀 高峰[2]、本多 亮[3]、行竹 洋平[3]
*Lina Yamaya[1], Kimihiro Mochizuki[1], Tsuyoshi Ichimura[1], Kohei Fujita[1], Takeshi Akuhara[1], Takane Hori[2], Ryou Honda[3], Yohei Yukutake[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 神奈川県温泉地学研究所
1. Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Hot Springs Research Institute of Kanagawa

Volcanic deep low frequency (DLF) earthquakes play an important role on revealing magma volcanic system because they are thought to reflect movements of volcanic fluid. Nakamichi et al. (2003) showed that the DLF earthquakes occurring beneath Iwate volcano have compensated linear vector dipole components, which suggests the relation with volcanic fluid.

Hakone volcano also has DLF earthquakes whose depths are from 10 to 30 km. Yukutake et al. (2018) showed that the number of DLF earthquakes increased just before crustal movement or increase of volcanic tremors in 2006, 2013, 2015, but mechanisms of the DLF earthquakes are still unrevealed. JMA reported that DLF earthquakes occur not just beneath Owakudani (the main crater of Hakone volcano) but around 10 km north from Owakudani, which is needed to be studied in detail. One of the difficulties to infer the source mechanisms and centroids is that the volcanic structure is complex not only due to its velocity structure but also due to its geometry. Calculation of three-dimensional seismic wave propagation are still challenging due to its computational cost, but it has become less difficult due to the recent development of efficient calculation techniques of computational science.

In this study, we used a technique of finite element three-dimensional waveform computation (Ichimura et al., 2017) to calculate the synthetic waveforms of the DLF earthquakes in Hakone volcano with respect to two different structure representations; direct inclusion of topography and flat surface with squashed topography in to the subsurface (Aagaard et al. 2008), and compared the resulted synthetic waveforms. We assumed the modified seismic velocity model reported in Yukutake et al. (2014). We used K computer and calculated the synthetics up to 1.5 Hz. As a result, although the arrival times of direct waves are similar, shapes of subsequent arrival phases are different. The amplitudes of subsequent arrival waves calculated including the true topography are larger than those calculated for the flat surface model with squashed topography. Observed data have such large amplitudes in subsequent arrival phases. Therefore, it is needed to calculate the synthetics including true topography for comparisons between data and synthetics. We further investigate generation mechanisms of such DLF earthquakes by synthetic modeling of the observed waveforms.

キーワード：深部低周波地震、有限要素法による3次元地震波形計算、京コンピュータ
Keywords: Deep low frequency earthquake, Finite element three-dimensional seismic waveform calculation, K computer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

箱根火山深部低周波地震活動様式から見るマグマ供給過程
Magma transport system beneath Hakone volcano inferred from deep low frequency earthquakes

*行竹 洋平[1]、安部 祐希[1]
*Yohei Yukutake[1], Yuki Abe[1]

1. 神奈川県温泉地学研究所
1. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

はじめに

火山の地殻深部で発生する深部低周波地震（以下、DLFE）は、マグマ性流体の運動に起因し発生している現象と考えられている（例えば、Nakamichi et al., 2003）．一方でDLFE活動と浅部での火山活動との時間的な関連性は必ずしも明確になっていない．本研究では箱根火山の下深さ25km付近で発生するDLFE活動と深さ10kmより浅部で観測される群発地震活動や火山性地殻変動との関係性について検証を行った．

箱根火山では、最近20年間において2001年、2006年、2009年、2013年及び2015年に活発な群発地震が発生し、さらに群発地震活動にやや先行して深さ7km付近に膨張源を持つ火山性地殻変動が観測されている（例えば、Harada et al., 2018）．また地震波トモグラフィー解析からは、深さ10km付近にマグマ溜まり、その上部にマグマ由来の熱水が存在すると推定されている（Yukutake et al., 2015；行竹ほか、2018、火山学会）．先行研究（行竹・安部、2018、JpGU）では箱根火山において2003年以降のDLFE活動について、マッチドフィルター法（MF法）を用いたイベント検出を行い浅部火山活動時系列との比較を行った結果、活発な群発地震活動に先行してDLFEが増加していることを報告した．本発表では、MF法の解析期間を2000年まで拡張し、さらにDLFE活動の規模別頻度分布の特性（b値）の時間変化について詳細な検討を行い、これらの結果に基づきマグマ供給過程とDLFEとの関係について考察する．

データ及び手法

本研究では、箱根火山周辺の12箇所の定常観測点の連続波形記録を使用し、2000年1月から2017年1月までを解析対象とした．テンプレート地震として同期間に気象庁一元化カタログに記載されているMjma0.5以上のDLFE94イベントを用いた．イベント検出基準には相関係数の中央絶対偏差の9倍を用い、スタックした相関係数がこの基準を超える時刻を有意なイベントと見なした．検知されたイベントの震源は対応するテンプレート地震の震源位置を当てはめ、またマグニチュードはテンプレート地震波形との振幅比から求めた．b値の時間推移の推定には、各時間ウィンドウのコンプリートネスマグニチュード（Mc）を求めるWiemer and Wyss (2000)の方法を用い、MF法により作成された震源カタログに対して300イベント毎にMc及びb値を求めその時間変化を推定した．

結果及び議論

MF法により解析対象期間で気象庁一元化カタログの約46倍に相当する数のDLFEを検出した．
2006年、2009年、2013年及び2015年には、山体膨張を示す地殻変動とほぼ同時にDLFEの発生数が、その数週間後に浅部で群発地震が活発化することが分かった．ただし、2001年には、群発地震の活発化がDLFE発生数増加に先行した．さらにDLFE活発化に伴いb値が増加することが推定された．火山地域における群発地震活動で噴火直前にb値の増加が観測される場合があり、こうしたb値の時間変化はマグマ性流体の移動に伴う流体圧や温度変化を反映したものと解釈されている（Jacobs and McNutt 2010；Nanjo et al., 2018）．箱根火山で推定されたDLFEの活発化並びにb値の増加は、この領域におけるマグマ性流体の深部からの新たな供給及びそれに伴う流体圧や温度の上昇を反映しているかもしれない．DLFE発生域より浅部の深さ10km付近には、地震波トモグラフィー解析に基づき固化しつつあるマグマの存在を示唆するLow Vs及びHigh Vp/Vsの領域が、さらにその浅部深さ6km付近にはマグマから脱水した熱水溜りを示唆するLow Vs及びLow Vp/Vsの領域

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

が検出されている（行竹ほか、2018、火山学会）．また、火山性地殻変動の膨張源はLow Vp/Vs領域上部に推定され、群発地震活動はさらにその浅部で発生する．

群発地震の活発化は、浅部の脆性領域への熱水の供給量が急増したことで引き起こされたと考えられており（Yukutake et al., 2015）、その急増は熱水溜まり最上部で捉えられた膨張（増圧）により引き起こされていると思われる．またDLFEの活発化は、DLFE発生領域にマグマ性流体が上昇することと関連すると考えられる．

2006年、2009年、2013年及び2015年の群発地震活動では、DLFEが先行したことから、DLFE発生領域を上昇してきたマグマからの揮発成分または熱の供給が、熱水溜まり最上部の増圧および脆性領域における流体圧の上昇を引き起こしたと考えることができる．しかし、2001年には群発地震がDLFEの活発化に先行して発生しており、また解析期間内には、群発地震活動を伴わないDLFEの活発化も捉えられている．DLFEの活発化と群発地震には関連性があるように見えるが、上述のように単純なモデルでは説明できない活動もある．

今後は、DLFEの発生様式をさらに精査して圧力源の変動や群発地震活動様式と比較しながら、それらの活動の関連性をさらに詳細にモデル化する予定である．

謝辞

本研究では国立研究開発法人防災科学技術研究所Hi-netの地震波形データ、及び国土地理院Geo-netのGNSSデータを使用させていただきました．b値の推定には、zmapコード（Wiemer, 2001）を使用しました．

キーワード：深部低周波地震、群発地震、箱根火山
Keywords: Deep low frequency earthquake, earthquake swarm, Hakone volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蔵王山深部低周波地震の震源分布と波形特性
Hypocenter and waveform characteristics of deep low-frequency earthquakes beneath Zao volcano

*池谷 拓馬[1]、山本 希[1]
*Takuma Ikegaya[1], Mare Yamamoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohoku University

2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw 9.0) の発生により，東北地方では広域にわたり歪・応力の変化が生じ，地殻内部の火山性流体も影響を受けたと考えられる．これを示唆する例として，東北地方の複数の火山において，活火山周辺の沈降が干渉SAR等により観測されていることや下部地殻で発生している深部低周波地震の活動度に東北地方太平洋沖地震以降変化が見られることが挙げられる．このような深部低周波地震の活動から深部マグマの活動を推定することは，巨大地震後の中長期的な火山活動を考える上で重要である．そこで，本発表では，東北地方太平洋沖地震後に火山活動の活発化が見られる蔵王山について，深部低周波地震の活動を解析した結果を報告する．

蔵王山は，山形県と宮城県の県境に位置する活火山の一つである．東北地方太平洋沖地震後，蔵王山直下では2012年初頭から深部低周波地震が増加し，2013年以降は浅部 (深さ約2 km以浅) で発生する火山性地震や長周期地震が観測されている．このような地震活動推移を調べる際，気象庁一元化震源カタログが広く用いられるが，規模の小さな深部低周波地震については検測の完全性が充分でない可能性がある．そこで，池谷・山本 (2018, JpGU) では一元化カタログに記載されている深部低周波地震の波形（テンプレート）と連続波形記録との相関によりイベントを検出するMatched Filter法（以下，MF法）を2015年1年間の記録に適用することで，小規模のイベントの検出を改善し，震源が深さ28 km付近を境に2つのクラスターに分かれる様子を明瞭化した．しかし，検出イベントの震源と最大相関となるテンプレートの震源は同一であると仮定したため，クラスターごとの震源の広がりを議論することは難しい．また，MF法の解析期間を延ばすことにより震源の時空間分布をさらに明瞭化できることが期待される．そこで本研究では，解析期間を2012年1月～2018年5月の約6年間に延ばし，検出したイベントについて相対震源決定を行った．

本研究では，東北大学 七ヶ宿，釜房，防災科学技術研究所Hi-net 上山，気象庁 蔵王坊平の4観測点の連続記録に対して，一元化カタログ記載の深部低周波地震146個（2012年1月～2016年9月）をテンプレート地震として，MF法を適用した．解析には深部低周波地震の卓越周波数を含む1-8 Hzの周波数帯域を用いた．地震検出の閾値はテンプレート間の相関を基に0.2とし，閾値を超えた時間窓の波形を目視で確認し，誤検出した波形を取り除き，残ったものを検出イベントとした．検出イベントと最大相関となるテンプレートのクロススペクトル及び相関関数の補間によって走時差を測定し，マスターイベント法を用いて検出イベントの相対震源を決定した．

2012年1月～2018年5月の連続記録に対してMF法を適用した結果，テンプレート地震数の約10倍にあたる1361個の深部低周波地震を検出し，そのうち，1357個のイベントの震源をマスターイベント法により決定することができた．イベント検出数を増加させたことによって，深さ約28 kmを境に2つのクラスターに震源がわかれる特徴をさらに明瞭にすることができた．また，検出イベントの震源と最大相関となるテンプレートの震源は同一であると仮定した場合には，震源の深さ分布が23 kmに際立って集中するのに対し，マスターイベント法により決定した震源では，23 kmを最頻値とする深さ方向にやや広がりをもった分布となった．次に，検出イベントについて個々の波形を確認したところ，「3～4 Hzの高周波成分がイベント開始部分1～2秒間に卓越し，それ以降は1～2 Hzの低周波成分が卓越するタイプ」（354個）と「波形全体にわたり1～2 Hzの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低周波成分が卓越するタイプ」（1007個）の2種類に大局的には分類できることが明らかとなった．前者の震源は深さ33 kmを最頻値とし，20～38 kmに幅広く分布するのに対し，後者は23 km付近を中心とした20～26 kmの狭い範囲に集中する．このことはクラスター間で深部低周波地震の震源過程が異なることを示唆する．一方で，両タイプのGutenberg-Richter則*b*値には明瞭な差異は見られなかった．

今後，検出された深部低周波地震の震源メカニズムの推定を行うことで，深さごとの深部火山性流体の分布形態の違いを明らかにできることが期待される．

キーワード：蔵王山、深部低周波地震、Matched Filter法
Keywords: Zao volcano, deep low-frequency earthquakes, Matched Filter method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mechanisms transition of LFEs beneath Zao volcano due to the stress change induced by the 2011 Tohoku earthquake

*及川 元己[1]、麻生 尚文[1]、中島 淳一[1]、松澤 暢[2]
*Genki Oikawa[1], Naofumi Aso[1], Junichi Nakajima[1], Toru Matsuzawa[2]

1. 東京工業大学、2. 東北大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tohoku University

Deep low-frequency earthquakes (LFEs) with dominant frequencies of 2–8 Hz occur at depths of 20–40 km, which is deeper than the depth of regular crustal earthquakes. Many previous studies indicated that focal mechanisms of LFEs have non-double-couple components such as CLVD (compensated linear vector dipole) and volumetric deformation. Therefore, LFEs are thought to be related to the magma or crustal fluid, but their physical mechanisms are still unknown. The focal mechanisms of LFEs are key information for understanding the physics underlying LFEs. Seismicity of LFEs in Zao has increased about two years after the Tohoku earthquake, so we are also interested in the potential variations of focal mechanisms in association with the seismicity change.
We analyze the mechanisms of 48 LFEs beneath Zao volcano by using the amplitude ratios of S-wave to P-wave.The site effect at each station is corrected using the radiation from regular earthquakes with known mechanisms. We assume four focal models (double-couple, CLVD, tensile-crack, and single-force) and determine an optimal model based on AIC (Akaike information criteria), to minimize the residuals between observed and theoretical S/P ratios with a penalty for the number of parameters.
We successfully determined focal mechanisms of 29 events. While the majorities are double couples (18 events; 62%), there are notable numbers of non-double-couple LFEs. The obtained mechanisms are classified into five groups, three types of double-couple (DC-A, DC-B, DC-C), a CLVD type (CLVD-D) and a single-force type (SF-E). Whereas the DC-A LFEs are observed only before the increase of LFE seismicity, most of the other types are generated after the increase of seismicity. The DC-A is consistent with the local stress field, and the symmetry axis of CLVD-D is sub-parallel to the P-axis of DC-A, so the CLVD-D is interpreted to be a shear-tensile-crack under the similar stress field. Considering that the transition of focal mechanisms was two years later than the Tohoku earthquake, we suggest that the lateral compressional stress field became less dominant near the source of LFEs two years after the Tohoku Earthquake, probably associated with afterslip and viscoelastic relaxation, and the change in local stress field altered the occurrence of LFEs.

キーワード：低周波地震、東北地方太平洋沖地震、発震機構解
Keywords: Low-frequency earthquake, The 2011 Tohoku earthquake, Focal Mechanisms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magma/gas intrusion process of Shinmoedake Eruption in 2017 suggested by volcanic tremors location with ASL method

今村 翔哉[1]、*大久保 慎人[2]
Shoya Imamura[1], *Makoto OKUBO[2]

1. 高知大学 理学部、2. 高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門
1. Faculty of Science, Kochi University, 2. Natural Science Cluster, Kochi University

Kirishima volcanoes, which located on border Miyazaki and Kagoshima prefecture in Kyushu, is still active after the large scale eruption in 2011. In this study, by using volcanic tremor/events distribution, we would like to discuss magma/gas intrusion process around magma chamber.

Recentlly, source location of volcanic tremors is usually determined by ASL (Amplitude Source Location) method (*c.f.* Nakamichi *et.al.*, 2017). ASL method is based on the idea that seismic (S) waves at higher frequency range (> 5 Hz) will propagate isotropically, an its amplitude will be simply attenuate with distance. If we can use dense seismic observation records around volcano, we can calculate the volcanic tremor location in automatically every time window. Thus, using with ASL we can easily discuss volcanic tremor/events distribution and its time variation.

According to Kirishima volcanoes activities reported by JMA (Oct, 2017), numbers of volcanic earthquakes/tremors located at southwestward of the Shinmoedake have been rapidly increased from Oct. 2017, and erupsed on 11th until 16th. Therefore, In this study we analyzed three stages, **(1)** stable condition on 9th, **(2)** earthquake/tremor activation on 10th, and **(3)** continuous eruption on 16th.

In this study, we choiced and used 10 stations, which were operated by JMA, NIED and ERI, established around Shinmoedake. For analysis, we assumed V_S = 2.2 km/s, Q_f = 175 @10Hz for volcanic events, and Q_f = 300 for volcanic tremors beneath Shinmoedake and used 5 - 10 Hz band-passed envelope amplitude for ASL. Thus, we obtained three stages time-spatial volcanic tremor/events distribution.

According to Volcanic tremor/events distribution, these were located at southward of magma source at ~ 4 km depth estimated with GPS observations (Nakao et al., 2013); stage (1). After 18 o'clock, volcanic tremor/events were activated with numbers and magnitudes around magma source, and these location were move to shallower until -1 km; stage (2). Small magnitude and shallower tremors occurred continuously at Oct. 10th.
On 16th, tremor activity became in quiet, and just only located around southward of magma source; stage (3).

These results imply that magma/gas intrusion was occurred at stage (2), might have been occurred after magma vaporization in chamber. And we can considered that at stage(2), magma vent was already constructed, magma/gas was continuously supplyed from chamber at stage (3).

Acknowledgments:
In this study, we used seismic observation records obtained by JMA, NIED, ERI(University of Tokyo). A tool of ASL method was provided by Dr. Nakamichi, Kyoto university. We are very thanks to these cooperation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：振幅を利用した震源推定、霧島火山、火山性微動/火山性地震
Keywords: ASL, Kirishima volcanoes, Volcanic tremors/events

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSデータのL1インバージョンに基づく2008-2010年富士山膨張イベントの力源深さ推定

Source depth estimation of a magmatic inflation in 2008-2010 at Mt. Fuji, Japan, based on sparsity-promoting L1 inversion of GNSS data

*三井 雄太[1]、加藤 隆寛[2]
*Yuta Mitsui[1], Takahiro Kato[2]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 元・静岡大学理学部地球科学科
1. Department of Geosciences, Shizuoka University, 2. formerly at Department of Geosciences, Shizuoka University

Mt. Fuji has not erupted since the Plinian eruption in 1707, but its volcanic activity such as low-frequency earthquakes has not finished. Here, using GNSS (Global Navigation Satellite System) time-series data, we investigate an inflation event of Mt. Fuji in 2008-2010. Referring to recent studies of igneous processes, we focus on “vertically-extensive” magma systems and estimate depth distribution of geodetic inflation sources. A sparsity-promoting L1 regularization algorithm for inversion analysis allows us to estimate concentrated distribution of the sources with sufficient performance of data fitting. Our result shows that the inflation sources were mainly distributed in a depth range from 20 km to 15 km, and the total volume change was on the order of 0.01 cubic kilometers. The magma clot might move upward, and not move back downward as far as we observed. Our sparsity-promoting method is useful to constrain magma movement from limited observation data.

キーワード：富士山、GNSS、L1正則化
Keywords: Mt. Fuji, GNSS, L1 regularization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)

The Pacific, Indo-Australia and Eurasian plates converge around the Philippine Sea plates in south and East Asia, resulting in one of the most tectonically active regions on earth. The area is also geologically and tectonically complex with numerous active tectonic environments, ranging from subduction to collision, and a long history of plate boundary interactions. The last decade has yielded a wide range of new observations, including detailed geologic data and high resolution crustal to mantle imaging. Here we seek oral and poster presentations that bear on the geologic history and geophysical character of modern and ancient plates in East Asia and their interactions since the Mesozoic. We also invite geodynamic models that integrate these diverse datasets into a more holistic view of this dynamic environment.

[SIT26-P01] Geochemical characteristics of effusive rocks (greenstones) in the Hidaka Belt, Hokkaido, Japan

*Toru Yamasaki[1]、Futoshi Nanayama[1] (1.Geol. Survey of Japan (AIST))

[SIT26-P02] Large gas reservoir in continental back-arc basin, revealed by automatic seismic velocity analysis in the Okinawa Trough

*椋本 浩太[1]、辻 健[1]、Hendriyana Andri[1] (1.九州大学)

[SIT26-P03] Characterize coseismic deformation of Mw 7.5 Palu earthquake in a triple junction in Sulawesi, Indonesia

*MIN-CHIEN TSAI[1]、Ying-Hui Yang[2]、Chun-Ying Chiu[3]、Jyr-Ching Hu[3] (1.Seismological center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.、2.School of Civil Engineering and Architecture, Southwest Petroleum University, Chengdu, China、3.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.)

Geochemical characteristics of effusive rocks (greenstones) in the Hidaka Belt, Hokkaido, Japan

*Toru Yamasaki[1], Futoshi Nanayama[1]

1. Geol. Survey of Japan (AIST)

Igneous rocks in a subduction complex typically occur as greenstones, and petrological and geochemical investigations of such greenstones can provide important insights into the oceanic magmatism, origin of the accretionary complex, and growth of the continental margin. The Hidaka Belt in Central Hokkaido, Japan consists of an early Paleogene subduction complex, referred to as the Hidaka Supergroup (HSG), dominated by clastic rocks. Locally, the terrigenous sediments of the HSG were intruded by the contemporary, normal-type mid-ocean ridge basalts (“*in situ*N-MORBs”) that were formed at an oceanic ridge near the Eurasian continent (Miyashita and Katsushima, 1986: GSJ). The southern area of the HSG has been referred to as the Nakanogawa Group (NKG), which gradually leads to the high-temperature Hidaka metamorphic belt (HMB) in the western part. The lower sequence of the HMB consists mainly of high-grade metabasites, which are assumed to be equivalent to the N-MORBs in the HSG, based on their geochemical features. Recently, Yamasaki and Nanayama (2018a: Lithos) reported about the unique Daimaruyama greenstones from the NKG, formed by an immature intra-oceanic arc-type volcanism. In addition, highly-alkaline basalts, presumably formed at the seamount, exist as exotic blocks in the NKG and are named as Tachiiwa blocks (Owada et al., 1992: JMPEG). In fact, the N-MORBs in the HSG and the Tachiiwa alkaline rocks are characterized by the whole-rock major and minor element geochemistry, but the trace element geochemistry, including the rare earth elements (REEs), has not been reported yet for these rocks. Therefore, we collected 18 samples of greenstones from the entire Hidaka Belt and examined their whole-rock major and trace element geochemistry.

Including those in our previous reports (Yamasaki and Nanayama, 2018a, b: JpGU Abs.), there are three distinct types of greenstones in the Hidaka Belt. The first type are the MORB-type greenstones which show relatively flat chondrite-normalized (CN) REE patterns and N-MORB-normalized (NMN) multi-element patterns with Ti/V = 26–53 and Zr/Nb = 21–117. Although Miyashita and Kiminami (1999: MemGSJ) showed the flat NMN minor element (Nb, P, Zr, Ti, and Y) patterns of basalts from the northern HSG, trace element patterns of the MORB-type rocks in this study show rather light REE (LREE)-rich NMN multi-element patterns. The second type are the ocean island basalt (OIB)-type greenstones. The NMN multi-element and CN REE patterns for this type of greenstones show a gentle slope up to the left, with Ti/V>62 and Zr/Nb<15. The third type are the Daimaruyama greenstones. This type of greenstones show similar NMN multi-element patterns and CN REE patterns to those in the OIB-type, but with a clear relative depletion of Nb, Ta, and Ti. In addition, their Ti-V relations are similar to those in the MORB-type greenstones.

MORB-type greenstones are distributed from the northernmost part of the HSG to the southern Rakko River area in the NKG. OIB-type greenstones occur in the Tachiiwa block and the Rakko River area. Daimaruyama greenstones occur only in the Daimaruyama megablock in the NKG. Since the Tachiiwa and Daimaruyama blocks are presumably derived from the neighboring Tokoro Belt, the absence of the OIB-type and Daimaruyama greenstones in the northern HSG implies a difference in provenance between the HSG and NKG. The MORB-type greenstones do not show the typical N-MORB-type (LREE-depleted) trace element patterns, whereas the metabasite in the HMB shows the typical N-MORB-type geochemical features. In addition, the distribution of the MORB-type greenstones is separated from the metabasites of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the HMB in the southern Hidaka Belt. These lines of evidence suggest that the protolith of the HMB is not an equivalent of the “*in-situ*MORB” in the HSG, and is probably an accreted fragment of the older oceanic plate.

Keywords: Hidaka Belt, greenstones, trace elements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Large gas reservoir in continental back-arc basin, revealed by automatic seismic velocity analysis in the Okinawa Trough

*椋本 浩太[1]、辻 健[1]、Hendriyana Andri[1]
*Kota Mukumoto[1], Takeshi Tsuji[1], Andri Hendriyana[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

P-wave velocity acquired from seismic reflection data allows us to quantify submarine geological structures. In the Iheya North Knoll of the Okinawa Trough, intense hydrothermal activity occurs due to continental rifting. The hydrothermal system in the Iheya North Knoll has been explored by geophysical surveys, geochemical measurements and drilling campaign. Based on these surveys, gas reservoir could be considered to exist around the Iheya North Knoll. However, gas reservoir around the Iheya North Knoll has not been identified in previous studies. Here we show P-wave velocity structure derived from automatic velocity analysis of multi-channel seismic reflection data. P-wave velocity is sensitive to free gas in sediments. Therefore, P-wave velocity is key information to quantify gas distribution in sediments. Automatic velocity analysis estimated P-wave velocity structure with remarkable high spatial and temporal resolution. The P-wave velocity structure revealed gas reservoirs around the Iheya North Knoll. Although many gas components can be generated by magmatic activity, hydrothermal alteration of organic-rich sediments and biogenic processes, CH_4 and CO_2 could be major gas components which is derived by hydrothermal system in marine sediment. Therefore, main gas components could be CH_4 or CO_2. The strong amplitude reflector above the gas reservoir could be the interface between CH_4 hydrate and gas, because the depth of strong amplitude reflector is well consistent with pressure-temperature conditions of the phase transition. If the main gas component is CH_4, the gas reservoir could be important as resource. Whereas, if the gas reservoir includes CO_2, the gas distribution could be important to consider carbon flux between earth and ocean. Furthermore, widely distributed gas reservoir may influence on the chemical components of hydrothermal fluids in the Iheya North Knoll.

キーワード：反射法地震探査データ、沖縄トラフ、ガス貯留層
Keywords: Seismic reflection data, Okinawa Trough, Gas reservoir

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characterize coseismic deformation of Mw 7.5 Palu earthquake in a triple junction in Sulawesi, Indonesia

*MIN-CHIEN TSAI[1], Ying-Hui Yang[2], Chun-Ying Chiu[3], Jyr-Ching Hu[3]

1. Seismological center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C., 2. School of Civil Engineering and Architecture, Southwest Petroleum University, Chengdu, China, 3. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

We first use SAR satellite data to map the coseismic deformation for the 2018 Mw=7.5 strike-slip earthquake of 28 September 2018 in Palu, Sulawesi, Indonesia. The seismogenic fault is a left-lateral a strike-slip event along the Palu-Koro fault at shallow depth that occurred within the interior of the Molucca Sea microplate, which is part of the Sunda plate. We use D-InSAR technique with ALOS-2 descending orbit radar images to characterize coseismic and deformation pattern induced by Palu earthquake.We also plan to use with sub-pixel correlation form Sentinel-2 and Planet imagery to map the surface rupture area and the coseismic offsets in order to provide the near-field deformation data located in decorrelation zone from the D-InSAR result. Thus we can inverse the distribution of slip on the fault patches. In addition, we also calculate the Coulomb stress transfer for assessing the stress increasing and shadow on the major fault systems, such as the active Poso Fault Zone and Mamuju –Lariang Active Fault Zone. In particular, we will assess the seismic potential by Coulomb stress transfer in Minahasa Active Subduction Zone together with two events with Mw 7.9 and Mw 7.0 happened on 1996/01/01 and 1996/07/22. We try to assess the seismogenic potential in terms of interseismic slip rate, slip rate deficit and coupling ratio for the Palu-Koro fault system in a triple junction of the Sulawesi island.

Keywords: InSAR , pixel offset , Palu earthquake, Triple junction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)

The Pacific, Indo-Australia and Eurasian plates converge around the Philippine Sea plates in south and East Asia, resulting in one of the most tectonically active regions on earth. The area is also geologically and tectonically complex with numerous active tectonic environments, ranging from subduction to collision, and a long history of plate boundary interactions. The last decade has yielded a wide range of new observations, including detailed geologic data and high resolution crustal to mantle imaging. Here we seek oral and poster presentations that bear on the geologic history and geophysical character of modern and ancient plates in East Asia and their interactions since the Mesozoic. We also invite geodynamic models that integrate these diverse datasets into a more holistic view of this dynamic environment.

[SIT26-P01] Geochemical characteristics of effusive rocks (greenstones) in the Hidaka Belt, Hokkaido, Japan

*Toru Yamasaki[1]、Futoshi Nanayama[1] (1.Geol. Survey of Japan (AIST))

[SIT26-P02] Large gas reservoir in continental back-arc basin, revealed by automatic seismic velocity analysis in the Okinawa Trough

*椋本 浩太[1]、辻 健[1]、Hendriyana Andri[1] (1.九州大学)

[SIT26-P03] Characterize coseismic deformation of Mw 7.5 Palu earthquake in a triple junction in Sulawesi, Indonesia

*MIN-CHIEN TSAI[1]、Ying-Hui Yang[2]、Chun-Ying Chiu[3]、Jyr-Ching Hu[3] (1.Seismological center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.、2.School of Civil Engineering and Architecture, Southwest Petroleum University, Chengdu, China、3.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.)

Geochemical characteristics of effusive rocks (greenstones) in the Hidaka Belt, Hokkaido, Japan

*Toru Yamasaki[1], Futoshi Nanayama[1]

1. Geol. Survey of Japan (AIST)

Igneous rocks in a subduction complex typically occur as greenstones, and petrological and geochemical investigations of such greenstones can provide important insights into the oceanic magmatism, origin of the accretionary complex, and growth of the continental margin. The Hidaka Belt in Central Hokkaido, Japan consists of an early Paleogene subduction complex, referred to as the Hidaka Supergroup (HSG), dominated by clastic rocks. Locally, the terrigenous sediments of the HSG were intruded by the contemporary, normal-type mid-ocean ridge basalts (“*in situ*N-MORBs”) that were formed at an oceanic ridge near the Eurasian continent (Miyashita and Katsushima, 1986: GSJ). The southern area of the HSG has been referred to as the Nakanogawa Group (NKG), which gradually leads to the high-temperature Hidaka metamorphic belt (HMB) in the western part. The lower sequence of the HMB consists mainly of high-grade metabasites, which are assumed to be equivalent to the N-MORBs in the HSG, based on their geochemical features. Recently, Yamasaki and Nanayama (2018a: Lithos) reported about the unique Daimaruyama greenstones from the NKG, formed by an immature intra-oceanic arc-type volcanism. In addition, highly-alkaline basalts, presumably formed at the seamount, exist as exotic blocks in the NKG and are named as Tachiiwa blocks (Owada et al., 1992: JMPEG). In fact, the N-MORBs in the HSG and the Tachiiwa alkaline rocks are characterized by the whole-rock major and minor element geochemistry, but the trace element geochemistry, including the rare earth elements (REEs), has not been reported yet for these rocks. Therefore, we collected 18 samples of greenstones from the entire Hidaka Belt and examined their whole-rock major and trace element geochemistry.

Including those in our previous reports (Yamasaki and Nanayama, 2018a, b: JpGU Abs.), there are three distinct types of greenstones in the Hidaka Belt. The first type are the MORB-type greenstones which show relatively flat chondrite-normalized (CN) REE patterns and N-MORB-normalized (NMN) multi-element patterns with Ti/V = 26–53 and Zr/Nb = 21–117. Although Miyashita and Kiminami (1999: MemGSJ) showed the flat NMN minor element (Nb, P, Zr, Ti, and Y) patterns of basalts from the northern HSG, trace element patterns of the MORB-type rocks in this study show rather light REE (LREE)-rich NMN multi-element patterns. The second type are the ocean island basalt (OIB)-type greenstones. The NMN multi-element and CN REE patterns for this type of greenstones show a gentle slope up to the left, with Ti/V>62 and Zr/Nb<15. The third type are the Daimaruyama greenstones. This type of greenstones show similar NMN multi-element patterns and CN REE patterns to those in the OIB-type, but with a clear relative depletion of Nb, Ta, and Ti. In addition, their Ti-V relations are similar to those in the MORB-type greenstones.

MORB-type greenstones are distributed from the northernmost part of the HSG to the southern Rakko River area in the NKG. OIB-type greenstones occur in the Tachiiwa block and the Rakko River area. Daimaruyama greenstones occur only in the Daimaruyama megablock in the NKG. Since the Tachiiwa and Daimaruyama blocks are presumably derived from the neighboring Tokoro Belt, the absence of the OIB-type and Daimaruyama greenstones in the northern HSG implies a difference in provenance between the HSG and NKG. The MORB-type greenstones do not show the typical N-MORB-type (LREE-depleted) trace element patterns, whereas the metabasite in the HMB shows the typical N-MORB-type geochemical features. In addition, the distribution of the MORB-type greenstones is separated from the metabasites of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the HMB in the southern Hidaka Belt. These lines of evidence suggest that the protolith of the HMB is not an equivalent of the “*in-situ*MORB” in the HSG, and is probably an accreted fragment of the older oceanic plate.

Keywords: Hidaka Belt, greenstones, trace elements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Large gas reservoir in continental back-arc basin, revealed by automatic seismic velocity analysis in the Okinawa Trough

*椋本 浩太[1]、辻 健[1]、Hendriyana Andri[1]
*Kota Mukumoto[1], Takeshi Tsuji[1], Andri Hendriyana[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

P-wave velocity acquired from seismic reflection data allows us to quantify submarine geological structures. In the Iheya North Knoll of the Okinawa Trough, intense hydrothermal activity occurs due to continental rifting. The hydrothermal system in the Iheya North Knoll has been explored by geophysical surveys, geochemical measurements and drilling campaign. Based on these surveys, gas reservoir could be considered to exist around the Iheya North Knoll. However, gas reservoir around the Iheya North Knoll has not been identified in previous studies. Here we show P-wave velocity structure derived from automatic velocity analysis of multi-channel seismic reflection data. P-wave velocity is sensitive to free gas in sediments. Therefore, P-wave velocity is key information to quantify gas distribution in sediments. Automatic velocity analysis estimated P-wave velocity structure with remarkable high spatial and temporal resolution. The P-wave velocity structure revealed gas reservoirs around the Iheya North Knoll. Although many gas components can be generated by magmatic activity, hydrothermal alteration of organic-rich sediments and biogenic processes, CH_4 and CO_2 could be major gas components which is derived by hydrothermal system in marine sediment. Therefore, main gas components could be CH_4 or CO_2. The strong amplitude reflector above the gas reservoir could be the interface between CH_4 hydrate and gas, because the depth of strong amplitude reflector is well consistent with pressure-temperature conditions of the phase transition. If the main gas component is CH_4, the gas reservoir could be important as resource. Whereas, if the gas reservoir includes CO_2, the gas distribution could be important to consider carbon flux between earth and ocean. Furthermore, widely distributed gas reservoir may influence on the chemical components of hydrothermal fluids in the Iheya North Knoll.

キーワード：反射法地震探査データ、沖縄トラフ、ガス貯留層
Keywords: Seismic reflection data, Okinawa Trough, Gas reservoir

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characterize coseismic deformation of Mw 7.5 Palu earthquake in a triple junction in Sulawesi, Indonesia

*MIN-CHIEN TSAI[1], Ying-Hui Yang[2], Chun-Ying Chiu[3], Jyr-Ching Hu[3]

1. Seismological center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C., 2. School of Civil Engineering and Architecture, Southwest Petroleum University, Chengdu, China, 3. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

We first use SAR satellite data to map the coseismic deformation for the 2018 Mw=7.5 strike-slip earthquake of 28 September 2018 in Palu, Sulawesi, Indonesia. The seismogenic fault is a left-lateral a strike-slip event along the Palu-Koro fault at shallow depth that occurred within the interior of the Molucca Sea microplate, which is part of the Sunda plate. We use D-InSAR technique with ALOS-2 descending orbit radar images to characterize coseismic and deformation pattern induced by Palu earthquake.We also plan to use with sub-pixel correlation form Sentinel-2 and Planet imagery to map the surface rupture area and the coseismic offsets in order to provide the near-field deformation data located in decorrelation zone from the D-InSAR result. Thus we can inverse the distribution of slip on the fault patches. In addition, we also calculate the Coulomb stress transfer for assessing the stress increasing and shadow on the major fault systems, such as the active Poso Fault Zone and Mamuju –Lariang Active Fault Zone. In particular, we will assess the seismic potential by Coulomb stress transfer in Minahasa Active Subduction Zone together with two events with Mw 7.9 and Mw 7.0 happened on 1996/01/01 and 1996/07/22. We try to assess the seismogenic potential in terms of interseismic slip rate, slip rate deficit and coupling ratio for the Palu-Koro fault system in a triple junction of the Sulawesi island.

Keywords: InSAR , pixel offset , Palu earthquake, Triple junction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:Jonny Wu、Okino Kyoko

The Pacific, Indo-Australia and Eurasian plates converge around the Philippine Sea plates in south and East Asia, resulting in one of the most tectonically active regions on earth. The area is also geologically and tectonically complex with numerous active tectonic environments, ranging from subduction to collision, and a long history of plate boundary interactions. The last decade has yielded a wide range of new observations, including detailed geologic data and high resolution crustal to mantle imaging. Here we seek oral and poster presentations that bear on the geologic history and geophysical character of modern and ancient plates in East Asia and their interactions since the Mesozoic. We also invite geodynamic models that integrate these diverse datasets into a more holistic view of this dynamic environment.

13:45 ~ 14:00

[SIT26-01] How to solve controversies in Cenozoic tectonics in western Pacific margin

*木村 学[1] (1.東京海洋大学・海洋資源環境学部)

14:00 ~ 14:15

[SIT26-02] Plio-Pleistocene plate interactions associated the Philippine Sea Plate

*Timothy B Byrne[1]、Gaku Kimura[3]、Jonny Wu[2] (1.University of Connecticut、2.University of Houston、3.Tokyo University of Science and Technology)

14:15 ~ 14:30

[SIT26-03] A regional mylonite zone between the Mesozoic metamorphic basement and the subducted Miocene covered schists in eastern Range of Taiwan: A possible Plio-Pleistocene transform fault between Eurasia and the Philippine Sea plate

*Gong-Ruei Ho[1]、Jian-Cheng Lee[1]、Timothy B Byrne[2]、En-Chao Yeh[3] (1.Institute of Earth Sciences, Academia Sinica、2.Department of Geography, University of Connecticut、3.Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University)

14:30 ~ 14:45

[SIT26-04] **Coeval exhumation or subduction channel extrusion of the high pressure Yuli belt? Insights from the Shoufeng fault in eastern Taiwan**

*Jian-Cheng Lee[1,5]、Gong-Ruei Ho[1,5]、Timothy B Byrne[2]、Yuan Hsi Lee[3,5]、En-Chao Yeh[4,5] (1.Academia Sinica、2.Univerity of Connecticut、3.National Chung Cheng University、4.National Taiwan Normal University、5.The Yuli Exhumation Study team (YES Team))

14:45 ~ 15:00

[SIT26-05] Metamorphic temperature variation across the Yuli belt: a clue about exhumation of high-pressure rocks?

*Chin-Ho Tsai[1]、Chih-Ying Yeh[1]、Yui Kouketsu[2]、Masaki Enami[3] (1.Department of Natural Resources & Environmental Studies, National Dong Hwa Univ.、2.Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya Univ.、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ.)

15:00 ~ 15:15

[SIT26-06] **三次元モデリングによるマリアンナ沈み込み帯の温度構造、スラブ変成作用と境界面地震**

*季 顕鋒[1,2,3]、吉岡 祥一[3,4] (1.中国科学院チベット高原地球科学卓越創新センター、2.中国科学院チベット高原研究所、3.神戸大学都市安全研究センター、4.神戸大学大学院 理学研究科)

How to solve controversies in Cenozoic tectonics in western Pacific margin

*木村 学[1]
*Gaku Kimura[1]

1. 東京海洋大学・海洋資源環境学部
1. Tokyo University of Marine Science and Technology

Tectonics and their geodynamic backgrounds are difficult theme and keep controversial. Cenozoic tectonics in the western Pacific margin are of them. 1) Oceanic ridge subduction, 2) Back-arc spreading, 3) interaction between the Philippine Sea Plate and SW Japan, 4) collision and bending of the Japanese islands, 5) onset of present tectonic and dynamic frameworks, and 6) dynamic background of the earthquakes and volcanic eruption are key events but controversial.

To solve these controversies, a classic geological philosophy of “uniformitarianism” is significant. It means “the present is the key to the past”.

1. To solve the controversy of the Izanagi-Pacific Ridge subduction in early Cenozoic, a comparative study with modern examples of the ridge subduction at the Chile triple junction, Woodlrack Basin and Middle America trench with a new data set and simlation is a key.
2. To solve the back arc spreading controversy of Kuril and Japan Basins and Okinawa Trough, the promotion of International collaboration to acquire a new data set is necessary together with a comparative study among the modern backarc spreading. A classic controversy of double door opening vs pull-apart spreading will be progressed by comparison with progressed modern examples. A large scale perspective beyond the back-arc basins themselves is also necessary for geodynamic solution for the back-arc spreading.
3. To solve the controversy of the interaction between the Philippine Sea Plate and SW Japan; switch from the Pacific plate to Philippine Sea Plate at ~15Ma vs ~12Ma- 6Ma, detailed tomographic study with new perspectives and data sets from on-and geology and geophysics is necessary with simulation.
4. To solve the controversy of the collision and bending of the Japanese islands, not only the geological data set but more comprehensive data set of geophysics and geochemistry with simulation are necessary. Differentiation between the hypothesis and fact promotes a constructive controversy. In geology, data reliability and re-productablity is the most significance part of science.
5. To solve the controversy of onset of present tectonic and dynamic frameworks is the most essential part of “uniformitarianism”. The definition of “present” depends on the scientific field even in geoscience, Seismological “present” is a moment to minutes, days and month scale, That of geodesy is ~10s to 100 years. Geomorphology combined with geology is 100s to 10^4 scale. That of most geology is beyond 10^4 scale. Establishment of seamless “uniformitarianism” with seamless space perspective is a key to understand this controversy.
6. To solve dynamic background of the earthquakes and volcanic eruption, I like to emphasize the viewpoint of evolving effect of hysteresis. A final trigger of earthquakes and volcanic eruption is no doubt of physical consequence resulted from long and short term hysteresis.

キーワード：western Pacific、ridge subduction、back-arc spreading、collision、subduction、Japanese islands

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: western Pacific, ridge subduction, back-arc spreading, collision, subduction, Japanese islands

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Plio-Pleistocene plate interactions associated the Philippine Sea Plate

*Timothy B Byrne[1], Gaku Kimura[3], Jonny Wu[2]

1. University of Connecticut, 2. University of Houston, 3. Tokyo University of Science and Technology

Geologists have long recognized the possible significance of a change in motion of the Philippine Sea Plate (PSP) in the middle to late Cenozoic (Huchon, 1983; Seno and Maruyama, 1984), although the detailed timing and kinematics have remained elusive. The most recent reconstructions suggest a ~50° counterclockwise rotation of the plate motion vector relative to Eurasia possibly as recently as 2 Ma (Wu et al., 2015), which would have significant implications for the tectonics of east-central Asia. In southern Japan, for example, CCW rotation of the plate motion vector predicts a change from generally orthogonal plate convergence to the present NW-directed and oblique motion. In Taiwan, in contrast, plate convergence obliquity would decrease significantly. To better understand and possibly better constrain the geometry, kinematics and timing of this change in motion, we review the geologic histories of different geologic units and terranes along the boundary of the PSP, including: the Okinawa Trough, Kyushu and Shikoku Islands, Kumano Basin, Boso and Miura Peninsulas, the southern Marianas, the Philippines and Taiwan. Several areas in southern Japan also appear to provide critical constraints on the kinematics and timing of a possible change in motion. For example, geological and geophysical studies of the accretionary prism in SW Japan show a transition from shortening perpendicular to the plate boundary to extension perpendicular to the boundary <1.0 Ma (Gulick et al., 2010, and Sacks et al., 2013). Although these authors suggest that this change reflects changes in subduction zone dynamics, we propose that the change to extension relates to the decrease in the rate of convergence across the prism as the plate motion changed from nearly orthogonal to more oblique at ~1.0 Ma. Hayman et al. (2012) also documented a CCW rotation in the shortening direction deep in the Nankai accretionary prism just south of Shikoku Island, although the timing of this rotation was only constrained to be younger than ~5 Ma (the age of the youngest deformed sediments). In the eastern Nankai, Yamaji et al. (2003) interpreted a similar suite of faults to be related to a similar change in plate motion at ~1 Ma. Further landward, studies of the Median Tectonic Line on Shikoku Island document a change from thrusting to right-lateral strike-slip faulting at about ~0.8 Ma (Mizuno, 1999; Sato et al., 2015). This change in kinematics and timing is consistent with previous ideas on the age of formation of the Nankai forearc sliver (~0.8 Ma) based primarily on geologic and geomorphic data from Shikoku Island (Ohmori, 1978; Saito, 1999; Okamura, 1990). Finally, in Taiwan, Hsu et al. (2016) have proposed an acceleration in rock uplift at ~0.8 Ma based on low-temperature thermochronology data that may reflect an acceleration in plate convergence related to changing plate motions. Taken together, these observations suggest that a significant change in the plate motion vector (i.e., CCW rotation) occurred relatively recently and probably < 1 Ma.

Keywords: plate tectonics, philippine sea plate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A regional mylonite zone between the Mesozoic metamorphic basement and the subducted Miocene covered schists in eastern Range of Taiwan: A possible Plio-Pleistocene transform fault between Eurasia and the Philippine Sea plate

*Gong-Ruei Ho[1], Jian-Cheng Lee[1], Timothy B Byrne[2], En-Chao Yeh[3]

1. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, 2. Department of Geography, University of Connecticut, 3. Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University

As one of the youngest orogenic belts, Taiwan offers insights into mountain building processes operating from the Earth’ s surface. In the eastern Central Range of the Taiwan mountain belt, the Tananao metamorphic belt, comprising the Tailuko Belt, high temperature/low pressure Mesozoic basement, was attached by the Yuli belt, a Miocene pelitic quartz-mica schist with high-pressure exotic mafic to ultra-mafic blocks (Yen, 1960; Tsai et al., 2013). Observations of meso- and microscopic structures show predominant asymmetric folds with top-to-east S2/S3 on the eastern Yuli belt and isoclinal folds with west dipping S2 on the western Tailuko belt. In the boundary between these two geological rock units, we observed a mylonite zone distributed about 2 kilometers wide, which has been called the Shoufeng Fault, which indicated sinistral sense of shear and shallow stretching lineation within the mylonite zone. The structural style of other area is relatively irregular and disordered (Stanley et al., 1981; Lu and Wang Lee, 1986; Pulver et al., 2002; Ho, 2007; Liao, 2011; Ji, 2011). This pattern was found from north to south in a distance of 100 km along the Yuli belt along the Mugua, Shoufeng, Wanliqiao, and Chinshui Rivers to the Southern Cross island highway and the Dawushan map (Usami, 1940). The above observations pointed out an apparently down-dip folding coupled with a dominant orogen-parallel lineation pattern around the Shoufeng mylonite zone between the Miocene Yuli belt and the Mesozoic Tananao complex. It provides structural constraints on the deformation associated with ductile metamorphism of the high-pressure Yuli belt terrane while attached against the much older continental crust of the Tananao complex as well as during the subsequent rapid exhumation processes.

Keywords: Tananao metamorphic belt, mylonite zone, left-lateral strike slip motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Coeval exhumation or subduction channel extrusion of the high pressure Yuli belt? Insights from the Shoufeng fault in eastern Taiwan

*Jian-Cheng Lee[1,5], Gong-Ruei Ho[1,5], Timothy B Byrne[2], Yuan Hsi Lee[3,5], En-Chao Yeh[4,5]

1. Academia Sinica, 2. Univerity of Connecticut, 3. National Chung Cheng University, 4. National Taiwan Normal University, 5. The Yuli Exhumation Study team (YES Team)

Based on field investigations, microscopic observations, and available geophysical, geochemical and geochronological data, this study intends to better understand the structural characteristics of the Eurasian continental margin (e.g., the eastern Central Range in Taiwan) during subduction and exhumation while the Philippine Sea plate has been approaching in the vicinity of Taiwan since the Miocene time. The eastern Central Range is composed of two major geological units: 1) the Tailuko belt, the Mesozoic metamorphic subduction complex, retro-metamorphosed in green schist facies and exhumed since late Miocene, and 2) the Yuli belt, continental margin rocks that contain high-pressure minerals (omphacite, glaucophane, garnet) with Miocene-Pliocene ages suggesting rapid exhumation from mantle depths of 40-50 km.

We conducted detailed field surveys around the Shoufeng fault which represents the boundary between the Tailuko belt and the Yuli belt. We found a mylonite zone of several kilometers wide in the boundary of these two belts. Based on the meso- and microscopic scale observations we define the boundary as ultra-mylonite, mylonite, and proto-mylonite zones. Within the ultra-mylonite and mylonite zones, rocks from two belts are intercalated each other in varied widths. The main dominant schistosity/cleavage in the mylonite zones (Sm/S3) remains the same orientation of striking in NE/NNE and dipping to the west. Also, the main composition layers, which we tentatively called S2 for the sake of field investigations, were more intensively deformed (i.e., crenulated, folded, etc.) from outside toward the core of the mylonite zones. As a result, the Sm/S3 becomes less persistent outside of the mylonite zones in the Yuli belt.
The mylonite zones exhibit left-lateral Sm/S3-related shearing without significant down-dip component. We also observed a general S2/S3-related top-to-west sense of shear across the two belts. As a consequence, we tend to interpret that the Yuli belt and the Tailuko belt have been mylonitically sheared (Sm/S3) in a left-lateral movement at the depth and that they exhumed coevally up to the surface level. The schistosity of the main composition layers S2 probably occurred before the mylonization during the transition from subduction to exhumation. The shallow dipping and less dominant S3 outside the mylonite zone might imply a upward and unroofing process during the rapid exhumation of the eastern Central Range of Taiwan.

Keywords: Mylonite, Exhumation, Shoufeng fault, Yuli belt, Taiwan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Metamorphic temperature variation across the Yuli belt: a clue about exhumation of high-pressure rocks?

*Chin-Ho Tsai[1], Chih-Ying Yeh[1], Yui Kouketsu[2], Masaki Enami[3]

1. Department of Natural Resources & Environmental Studies, National Dong Hwa Univ., 2. Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya Univ., 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ.

We applied Raman spectra of carbonaceous material (RSCM) geothermometer to estimate peak metamorphic temperatures of pelitic and psammitic schists across the Yuli belt, eastern Taiwan. The analyzed samples mainly consist of phengitic mica, quartz, chlorite, and albite, with accessory graphitic carbonaceous material, titanite, zircon, and tourmaline. In samples from the Juisui Schist and Chinshuichi Plantation units (both containing high-pressure allochthonous blocks), garnet, ilmenite, and paragonite may occur and albite tends to be porphyroblastic. Serpentinite and metabasite pods occur in these units, whereas the neighboring metasedimentary units lack such rocks and porphyroblastic phases. The yielded metamorphic temperatures reveal a systematic variation in spatial distribution across the Yuli belt. In the Wanjung and Juisui areas, peak temperatures of the four schist units are in the range of 430-510˚C, 410-470˚C, 560-620˚C and 420-450˚C, from west (structurally upper) to east (lower), respectively. In the Chinshuichi area, temperatures of the two units are in the range of 540-560˚C (structurally lower) and 400-450˚C (higher), whereas the temperatures of the low-grade Slate unit (Chulai Formation) bordering the Yuli belt in the east are 330-340˚C. The high-pressure Juisui Schist and Chinshuichi Plantation are apparently warmer than their neighboring units in each area, although boundaries of the units are poorly exposed or characterized. The spatial distribution of metamorphic temperatures requires a structural explanation. Possible interpretations include doming, extension, or extrusion, and the inferred structures and processes may shed new lights on the exhumation of high-pressure metamorphic rocks in the Yuli belt.

Keywords: metasedimentary rocks, thermobarometry, carbonaceous material, exhumation, high-pressure metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三次元モデリングによるマリアンナ沈み込み帯の温度構造、スラブ変成作用と境界面地震

Thermal state, slab metamorphism and interface seismicity in Mariana based on 3-D modeling

*季 顕鋒[1,2,3]、吉岡 祥一[3,4]
*Yingfeng Ji[1,2,3], Shoichi Yoshioka[3,4]

1. 中国科学院チベット高原地球科学卓越創新センター、2. 中国科学院チベット高原研究所、3. 神戸大学都市安全研究センター、4. 神戸大学大学院 理学研究科
1. Center of Excellence in Tibetan Plateau Earth Science, Chinese Academy of Sciences, 2. Key laboratory of continental collision and plateau uplift, Institute of Tibetan Plateau, Chinese Academy of Sciences, 3. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, 4. Graduate School of Science, Kobe University

The Marina arc system represents a typical mode of intra-oceanic convergent boundary characterizing circum-Pacific subduction zones, together with the Izu-Bonin, Kuril and Tonga-Kermadec margins well known for the tectonically formed deep trenches. Active back-arc extension driven by hydrothermal mantle upwell comprises one of the significant features of Mariana caused by steep subduction. Previous studies document that the narrow subduction constrains the seismicity in Mariana to be less than M7. However, the subduction thermal regime remains still unclear in detail. Based on the 3-D thermal model constructed for Mariana, we found that the highly curved Mariana arc presenting such a particular tectonic setting caused by trench retreat produces a cold thermal structure beneath the central and northern Mariana influenced by an oblique subduction. The deep earthquakes (>100 km) are therefore frequently detected compared with the southern Mariana. The subducted Pacific plate entraining the oceanic crust components is calculated to obtain their pressure-temperature conditions for different petrological faces undergoing multiple phase transition including the paths from amphibolite to eclogite or harzburgite at a high temperature of >500 degrees in Celsius which is conjectured to facilitate the deep earthquakes at Mariana. The dewatered oceanic plate is expected to releases ample fluids for the backarc volcanism and hydrous circulation at Mariana mantle wedge. The 3-D temperature structure of Mariana obtained in this study sheds lights on regional earthquake genesis and slab metamorphism in such an intro-oceanic subduction system featured by deep events.

キーワード：熱構造、スラブ変成作用、境界面地震、マリアンナ、三次元モデリング
Keywords: Thermal state, slab metamorphism , interface seismicity, Mariana, 3-D modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-IT26] New perspectives on the geodynamics of East Asia

コンビーナ:Timothy B　Byrne(University of Connecticut)、山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Jonny Wu(University of Houston)、沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:山口 飛鳥(東京大学大気海洋研究所)、Tim Byrne

The Pacific, Indo-Australia and Eurasian plates converge around the Philippine Sea plates in south and East Asia, resulting in one of the most tectonically active regions on earth. The area is also geologically and tectonically complex with numerous active tectonic environments, ranging from subduction to collision, and a long history of plate boundary interactions. The last decade has yielded a wide range of new observations, including detailed geologic data and high resolution crustal to mantle imaging. Here we seek oral and poster presentations that bear on the geologic history and geophysical character of modern and ancient plates in East Asia and their interactions since the Mesozoic. We also invite geodynamic models that integrate these diverse datasets into a more holistic view of this dynamic environment.

15:30 ~ 15:45

[SIT26-07] **A tomography-led plate reconstruction of NE Asia during the late Cretaceous**

*Jonny Wu[1]、Yi-An Lin[1]、Nicolas Flament[2]、Tsung-Jui Wu[1]、Yiduo Liu[1] (1.University of Houston、2.University of Wollongong)

15:45 ~ 16:00

[SIT26-08] Geodynamic models of late Mesozoic intraoceanic subduction offshore NE Asia caused by growing Izanagi plate

*Lorenzo Colli[1]、Jonny Wu[1]、Yi-An Lin[1] (1.University of Houston)

16:00 ~ 16:15

[SIT26-09] **Early Cretaceous to Paleocene magmatism in the Sikhote-Alin area and their implications for Paleo-Pacific plate subduction and continental evolution**

*Tsung-Jui Wu[1]、Jonny Wu[1]、Igor Alexandrov[2]、Thomas Lapen[1] (1.Department of Earth and Atmospheric sciences, University of Houston, Houston, U.S.、2.Far East Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia)

16:15 ~ 16:30

[SIT26-10] Processes of subduction initiation revealed by P-T paths of amphibolite and blueschist tectonic blocks in serpentinite mélange: An example from the Kamuikotan high-P/T metamorphic rocks in Hokkaido, northern Japan

*竹下 徹[1]、岡本 あゆみ、シン ウォンジ[1]、安藤 瑞帆[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)

16:30 ~ 16:50

[SIT26-11] Metamorphism in the Sanbagawa belt of SW Japan as a record of subduction processes

★Invited Papers

*ウォリス サイモン[1] (1.東京大学)

16:50 ~ 17:00

[SIT26-12] Subduction and exhumation of the high pressure metamorphic rocks: What we know and what we need to know.

*Timothy B Byrne[1] (1.University of Connecticut)

A tomography-led plate reconstruction of NE Asia during the late Cretaceous

*Jonny Wu[1], Yi-An Lin[1], Nicolas Flament[2], Tsung-Jui Wu[1], Yiduo Liu[1]

1. University of Houston, 2. University of Wollongong

Contrasted plate tectonic reconstructions have been proposed for the northeast Asian margin during the late Cretaceous, including: an Andean-type subduction margin, the existence of marginal seas, the subduction of a spreading ridge, the subduction of remnant arcs, or continental block collision and continental subduction. Here we investigate which scenarios are consistent with tomography models by mapping and unsubducting the vanished western Pacific slabs along the Kurile-Kamchatka, Japan, and Izu-Bonin-Marianas trenches from global tomography models. We show that a mapped 4,000 km-long slab gap within the East Asian lower mantle is the tomographic signature of the subducted Izanagi-Pacific spreading ridge based on a comparison to global mantle flow models. We reconstruct the size of the lost Izanagi conjugate from the geometry of the unsubducted western Pacific slabs, the age of Pacific oceanic crust, and published synthetic seafloor isochrons.

Our tomography-based plate reconstruction implies that: (1) the Izanagi ocean basin crust (i.e. formed by Pacific MORB) first reached and subducted along Sikhote-Alin and northern Japan around ~100 Ma; (2) subduction of the Izanagi plate along northeast Asia during the late Cretaceous ~75 Ma was limited to north of southernmost Korea and Bohai Bay, China, and west of westernmost Alaska; and, (3) the Izanagi-Pacific ridge intersected with the northeast Asian margin at a low angle in the early Cenozoic. We discuss our plate model against proposed northeast Asian margin plate tectonics during the Cretaceous.

Keywords: NW Pacific Ocean, Izanagi plate, NE Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geodynamic models of late Mesozoic intraoceanic subduction offshore NE Asia caused by growing Izanagi plate

*Lorenzo Colli[1], Jonny Wu[1], Yi-An Lin[1]

1. University of Houston

The existence of the Izanagi plate is well established both from magnetic lineations and fracture zones in the western Pacific and from tomographic imaging of the deep mantle underneath East Asia. But its spatial extent, position and motion through time remain poorly known.

A common scenario envisages the Izanagi as a large and long-lived plate extending from central Panthalassa to the eastern margin of Eurasia. In this scenario the Izanagi plate is conjugate to the Farallon and Phoenix plates before the inception of the Pacific plate and it subducts continuously beneath East Asia during the Mesozoic (e.g. Müller et al., 2016).

A conservative choice for the spatial and temporal extent of the Izanagi plate, limiting it to what can be extrapolated using the conjugate Pacific plate, leads to a very different scenario: in this case the Izanagi plate is born together with the Pacific plate around 190 Ma and grows triangular in shape. It overrides preexisting oceanic lithosphere causing extended intraoceanic subduction in western Panthalassa characterized by fast trench retreat towards the Eurasian margin. The tip of the Izanagi plate reaches the Eurasian continental margin near Japan and Sikhote-Alin around 100 Ma.

Here we assimilate these two scenarios in geodynamic models of global mantle convection in the form of time-dependent velocity boundary condition at the Earth’ s surface. Their implications for the evolution of mantle structure in East Asia during Mesozoic time up to present-day are presented and discussed.

Keywords: Izanagi plate, intraoceanic subduction, Panthalassa, East Asia, Mesozoic, Numerical model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Early Cretaceous to Paleocene magmatism in the Sikhote-Alin area and their implications for Paleo-Pacific plate subduction and continental evolution

*Tsung-Jui Wu[1], Jonny Wu[1], Igor Alexandrov[2], Thomas Lapen[1]

1. Department of Earth and Atmospheric sciences, University of Houston, Houston, U.S., 2. Far East Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

The Sikhote-Alin area in southern Russian Far East is one of the few places in the East Asian margin that has extensively exposed Mesozoic geological units. In particular, Cretaceous to Cenozoic igneous rocks are abundant and formed in response to periodic subduction of Paleo-Pacific plates. Previous geochemical studies of igneous rocks, mainly from southern Sikhote-Alin, resulted in significant insights into the continental evolution of East Aisan margin and subduction history of Paleo-Pacific plates (Kruk et al., 2014; Jahn et al., 2015; Grebennikov et al., 2016). In this study, we present new zircon U-Pb chronology and geochemical data from ~50 samples in across the entire Sikhote-Alin area. We combine our new results with published data to discuss the history of arc magmatic evolution in the region.

In general, the data show a cycle of arc magmatism that started from the early Cretaceous to Paleocene in Sikhote-Alin. Zircon U-Pb geochronology of igneous rocks indicate a major population of granitoids that had ages of 135-57 Ma; a small population of volcaniclastic rocks were dated at 55-53 Ma. Three magmatic episodes with distinct geochemical characteristics were recognized: 135-120 Ma, 110-100 Ma and 100-57 Ma. The 135-120 Ma granitoids are dominated by S-type granites; zircons with inherited cores were frequently observed in this episode. The 110-100 Ma episode has mostly I-type granites, whereas the 100-57 Ma magmatism had I-type granites that show greater degrees at fractional crystallization than the other groups. Some magmatic rocks with 67-57 Ma and ~100 Ma were A2 type granites, suggesting that two periods of intraplate magmatism could had occurred within this subduction setting. The La/Yb ratio and Nd isotopic ratios of the granitoids remained relatively similar during the Cretaceous and even showed a La/Yb ratio decrease in the late Cretaceous, implying that the Andean subduction margin crustal thickening model (Haschke et al., 2002) may not applicable to the Sikhote-Alin area.

Keywords: continental arc, paleo-pacific plate subduction, Northeast Aisa, Sikhote-Alin, continental evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Processes of subduction initiation revealed by P-T paths of amphibolite and blueschist tectonic blocks in serpentinite mélange: An example from the Kamuikotan high-P/T metamorphic rocks in Hokkaido, northern Japan

*竹下 徹[1]、岡本 あゆみ、シン ウォンジ[1]、安藤 瑞帆[1]
*Toru Takeshita[1], Ayumi S. Okamoto, Wonji Shin[1], Mizuho Ando[1]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻
1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

It has been recently noted that serpentinite mélange which contains tectonic blocks of high-*P/T* type metamorphic rocks such as blueschist and eclogite and their counterclockwise P-T paths could indicate the subduction initiation (e.g. Willner et al., 2004; Escuder-Viruete et al., 2011; Agard et al., 2016; Bhowmik and Ao, 2016; Hunziker et al., 2017). We investigated tectonics in amphibolite and blueschist tectonic blocks in mélange, which are distributed at the highest structural level of the high-*P/T* type Kamuikotan metamorphic rocks in Hokkaido, northern Japan. We reconstructed their individual pressure-temperature (*P-T*) paths based on petrography, mineral chemistry and phase equilibria modeling. As a result, tectonic blocks in this study area are divided into six rock types: garnet-epidote amphibolite, epidote amphibolite, amphibolite, plagioclase-poor amphibolite, blueschist and quartz-rich blueschist. From the reconstruction of *P-T* paths, it is found that most of the tectonic blocks experienced blueschist facies metamorphism probably at the maximum depth, while the initial paths vary from a counterclockwise *P-T* path shown by different kinds of amphibolite to a prograde *P-T* path shown by blueschist and quartz-rich blueschist. We have concluded that these *P-T* paths, on the whole, could have reflected the cooling history of subduction channel from the beginning to steady state of subduction. The geothermal gradient could have been changed from ~25 ˚C/km to ~10 ˚C/km within *c.* 25 myr estimated by previously reported radiometric ages. These tectonic blocks could have started to subduct at a different timing to show the different *P-T* paths, and juxtaposed against each other at a certain depth in the subduction channel. Since these tectonic blocks show little deformation structures formed during exhumation stage, they might have behaved as a rigid body in serpentinite (i.e. mélange matrix) after they were incorporated in it during subduction stage.

キーワード：神居古潭高圧型変成岩、蛇紋岩メランジュ中の角閃岩および青色片岩構造岩塊、反時計回り圧力温度履歴、沈み込みの開始
Keywords: Kamuikotan high-P/T type metamorrphic rocks, amphibolite and blueschist tectonic blocks in serpentinite mélange, counterclockwise P-T paths, subduction initiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Metamorphism in the Sanbagawa belt of SW Japan as a record of subduction processes

*ウォリス サイモン[1]
*Simon Richard Wallis[1]

1. 東京大学
1. University of Tokyo

The Sanbagawa belt of SW Japan records Cretaceous suduction processes off the eastern Asian margin. The Sanbagawa belt can be traced for around 800 km throughout SW Japan, but the main exposure is found in Shikoku. The main constituent rock types are pelitic, quartz and mafic schists which were derived from the subducted oceanic slab. These are associated with widespread blocks and lenses of serpentinite and related rocks types derived from the mantle wedge.

A long running dispute about the age of peak metamorphism has recently been resolved. Evidence for an early stage of subduction associated at around 115 Ma is locally preserved with anticlockwise P-T paths. This is followed at around 90 Ma by the main been long disputed with estimates of the peak

キーワード：テクトニクス、三波川帯、沈み込み
Keywords: Tectonics, Sanbagawa belt, subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Subduction and exhumation of the high pressure metamorphic rocks: What we know and what we need to know.

*Timothy B Byrne[1]

1. University of Connecticut

Although great strides have been made in understanding the subduction and, to a lesser extent the exhumation, of high pressure rocks, the links between these two processes is much less clear. As a result, many of the regional-scale models of these processes are poorly constrained and weakly supported by data. In this discussion session, we would like to better understand the data and observations that provide evidence for exhumation of high pressure rocks and, in areas were data gaps remain, what data are necessary to advance our understanding.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:中村 佳博(産総研)、針金 由美子(産総研)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

9:00 ~ 9:15

[SMP32-01] フェンジャイトの変形によるアルゴン離散機構

*板谷 徹丸[1] (1.蒜山地質年代学研究所・地質技術センター)

9:15 ~ 9:30

[SMP32-02] Detrital zircons from a traverse along the Asemi River (Sanbagawa Metamorphic Belt, Shikoku, Japan): U-Pb geochronology and Hf isotopic composition

*Ulrich Knittel[1]、Shigeyuki Suzuki[2]、Monika Walia[3]、Juan-Hsi Lee[4]、Hao-Yang Lee[5] (1.RWTH Aachen University、2.Okayama University、3.Nat. Taiwan University 、4.Chung Cheng University、5.Academia Sinica)

9:30 ~ 9:45

[SMP32-03] ジルコンのU–Pb年代および希土類元素組成にもとづいた三波川変成帯エクロジャイトユニットの形成モデル

*青木 翔吾[1]、青木 一勝[2]、辻森 樹[3]、土屋 裕太[1]、加藤 大地[2] (1.岡山理科大学生物地球学部、2.岡山理科大学理学部、3.東北大学東北アジア研究センター)

9:45 ~ 10:00

[SMP32-04] Petrological implications of a new occurrence of retrogressed eclogite from the Sanbagawa belt of southwest Japan

*田口 知樹[1]、遠藤 俊祐[2]、伊神 洋平[1,3]、三宅 亮[1] (1.京都大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻、2.島根大学 総合理工学部 地球科学科、3.名古屋大学 未来材料・システム研究所)

10:00 ~ 10:15

[SMP32-05] 鹿塩マイロナイトの温度圧力条件: 三波川変成帯と領家変成帯の接合に関する制約

*中村 佳博[1]、高橋 浩[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.京都フィッション Co. Ltd.、3.東京大学地殻化学実験施設)

10:15 ~ 10:30

[SMP32-06] **Static phenomena retained by garnet during exhumation of metamorphic rocks**

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院環境学研究科)

フェンジャイトの変形によるアルゴン離散機構
Argon release mechanism of deformed phengite

*板谷 徹丸[1]
*Tetsumaru Itaya[1]

1. 蒜山地質年代学研究所・地質技術センター
1. Engineering Geology Center, Hiruzen Institute for Geology and Chronology

The author has proposed the argon release from phengites in HP-UHP metamorphic rocks by their ductile deformation in the exhumation and cooling of the metamorphic sequences to explain the relationships between K-Ar phengite ages and the metamorphic grade since Itaya and Takasugi (1988). This argon release hypothesis has not been accepted for 20 years until Nuong et al. (2008) described the age (K-Ar phengite)-temperature-structure relations in the Ishigaki high-pressure schist belt, southern Ryukyu Arc, Japan. Its main reason would be that the argon release mechanism is vague. Recently, the author made its mechanism clear in the literature that is in submission to journal. This paper will focus on the argon release mechanism of deformed phengites.

Cosca et al. (2011) described the effect of deformation on radiogenic argon retentivity from high pressure experiments (10kb and 600 ˚C over a period of 29 hours, giving ca. 10% shortening) performed on rock samples of peraluminous granite containing euhedral muscovite and biotite. Intragrain in-situ $^{40}Ar/^{39}Ar$ analyses for deformed muscovite provided 309 to 264 Ma, consistent with 0-16 % argon loss relative to the undeformed muscovite (311 Ma). They interpreted that the reduction in the effective diffusion length scale in naturally deformed rocks occurs most probably through productions of mesoscopic and submicroscopic defects such as stacking faults. The extreme size reduction of phengite observed at domains close to the rigid garnet in pelitic schists of the Sanbagawa belt are identical to the reduction in the effective diffusion length scale described by Cosca et al. (2011), likely enhancing the argon release. The Sanbagawa pelitic schists suffered extremely long deformation (longer than 31 million years) during the exhumation and had the extremely slow exhumation rate (slower than 0.7 mm/y). In this case, the phengite could grow up with “Ostwald ripening phenomenon” consuming the extremely fine-grained phengite close to the rigid garnet. The size reduction and “Ostwald ripening” growth would continue to become final stage of static phengite crystal size (0.02-0.06 mm in width and 0.4-1.0 mm in length) observed in matrix. During these processes phengite could experience chemical change depending on local bulk chemistry under the P/T conditions changing from moment to moment during the exhumation, making heterogeneous chemistry. On the other hand, Lago di Cignana UHP unit in western Alps suffered relatively quick deformation (shorter than 5 million years) during the exhumation and had the extremely fast exhumation rate (15 - 26 mm/y). In this case, the phengite crystals could record heterogeneously deformed domains in a crystal as well as among the grains, resulting in heterogeneous argon release. In fact, the laser step heating $^{40}Ar/^{39}Ar$ analyses of single phengite crystal in the UHP schists of Lago di Cignana provided significantly irregular age spectrum in comparison with the phengite from the Sanbagawa schists of which the age spectra show the perfect plateau for both the phengite separates and a phengite crystal.

A muscovite in metagranitoid from Grand Paradiso Massif in western Alps yielded heterogeneous age values, giving 54 to 218 Ma (Beltrando et al., 2013). The dated points by the crystal edge are significantly younger than the ages in the part far from the edge. These features suggest that the submicrosopic defects occurring preferentially near the crystal edges are affected by the rubbing with other phases, enhancing preferentially the argon release.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：白雲母の変形、変形時間、白雲母アルゴン点年代、上昇速度、アルゴン離散機構、実行拡散距離
Keywords: deformation of phengite, duration of deformation, in-situ Ar-Ar ages, exhumation rate, argon release mechanism, effective diffusion length scale

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detrital zircons from a traverse along the Asemi River (Sanbagawa Metamorphic Belt, Shikoku, Japan): U-Pb geochronology and Hf isotopic composition

*Ulrich Knittel[1], Shigeyuki Suzuki[2], Monika Walia[3], Juan-Hsi Lee[4], Hao-Yang Lee[5]

1. RWTH Aachen University, 2. Okayama University, 3. Nat. Taiwan University , 4. Chung Cheng University, 5. Academia Sinica

Sanbagawa Belt is a classic high-P/low-T metamorphic belt that is exposed over a distance of about 1000 km on Kyushu, Shikoku and Honshu Islands in Japan. The age of this belt has been the focus of many studies in recent years since the discovery of young detrital zircon grains (80 - 95 Ma), younger than the presumed age of peak metamorphism.

Samples for this study come from a traverse along the Asemi River in central Shikoku. Dating of single zircon grains using the LA–ICP–MS U–Pb dating method shows that zircons from all sites investigated are younger than 90 Ma and thus the protoliths are younger than the previously accepted age of metamorphism for this part of the Sanbagawa Belt at ca. 116 Ma. Our sampling sites include the site sampled by Minamishin et al. (1979) which is the reference for metamorphism at ca. 116 Ma in this part of the belt. We therefore conclude that the linear arrays found by Minamishin et al. are mixing lines rather than isochrones. Another sample was taken within the area recently delineated as having experienced eclogite facies metamorphism prior to overprinting in the epidote-amphibolite facies(Taguchi et al., 2018). This implies that the eclogite facies metamorphim took place after 90 Ma, the maximum deposition age of the protolith.

Within the detrital zircon populations contained in the Sanbagawa meta-sediments several age groups are recognized that are also known from SE China. However, compared to those from mainland China, zircons from the Sanbagawa meta-sediments are usually characterized by higher eHf(T) values suggesting higher input of material derived from the depleted mantle. For example, eHf(T) values of zircons of the age group 82-116 Ma range from -2.4 to +9.6 and those of the 127–146 Ma group have altogether positive eHf(T) values of +11.5 to +19.0 indicating depleted mantle sources. We envisage these zircons to have been derived from the ocean side of a magmatic arc. All grains in the range 215-250 Ma are characterized by negative eHf(T) ranging from -2.3 to -15.2, suggesting re-melting of already existing crust.

Keywords: Sanbagawa Belt, detrital zircon, U-Pb dating, Hf-isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ジルコンのU–Pb年代および希土類元素組成にもとづいた三波川変成帯エクロジャイトユニットの形成モデル

Tectonic process of the Sanbagawa eclogite: zircon U–Pb and REE composition analyses

*青木 翔吾[1]、青木 一勝[2]、辻森 樹[3]、土屋 裕太[1]、加藤 大地[2]
*Shogo Aoki[1], Kazumasa Aoki[2], Tatsuki Tsujimori[3], Yuta Tsuchiya[1], Daichi Kato[2]

1. 岡山理科大学生物地球学部、2. 岡山理科大学理学部、3. 東北大学東北アジア研究センター
1. Department of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 2. Department of Applied Science, Okayama University of Science, 3. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

太平洋型造山運動によって形成された低温高圧型変成帯の岩石は過去に沈み込んだ表層物質であり、その地球年代学的な研究は、表層における原岩の形成から、深部への沈み込み、そして再び表層へと上昇していく過程のタイムスケールの理解につながる。

西南日本外帯に存在する三波川変成帯は、主に白亜紀中期から後期に海洋地殻物質や表層削剥物質が沈み込みにともなう低温高圧型変成作用により生成した変成岩類で構成されている。特に四国中央部別子地域には、三波川変成帯の中で最も深いエクロジャイト相相当の深度まで沈み込んだ“別子エクロジャイトユニット”として認識されている地質ユニットが存在する。しかし、その原岩形成やエクロジャイト相変成作用が起きた年代については未解決である(e.g. Okamoto et al., 2004; Wallis et al., 2009)。

この問題を解決するため本研究では、別子エクロジャイトユニットからジルコンを抽出し、そのU-Pb年代と希土類元素組成から原岩の堆積年代およびエクロジャイト相変成年代の制約を試みた。抽出されたジルコンは火成作用で形成されたと考えられるコアと変成作用で形成されたと考えられるリムを持つ。それぞれの領域の年代分析から、別子エクロジャイトユニット中にはca. 120Maとca. 100-90Maに堆積・沈み込みを開始した２つの岩石が存在することが改めて確認された。コンドライト値で規格化したジルコンリム部の希土類元素パターンは、コア部とは異なり、Euの負異常を示さず、重希土類元素に枯渇していることを示した。このことは、リム部は斜長石の分解とザクロ石安定下で形成、つまりエクロジャイト相相当の変成条件で形成されたことを強く示唆する。また、これまで別子地域や汗見川地域から報告されている三波川ジルコン年代(e.g. Endo et al., 2018; Aoki et al., 2019)を考慮すると、ca. 100-90Maに堆積・沈み込みを開始した岩石は別子エクロジャイトユニット以外の領域にも広範囲に分布することから、別子エクロジャイトユニットを独立した１つのユニットとして認識するには問題があるといえる。本研究データと地質構造を組み合わせると、別子エクロジャイトユニットとされた領域には、原岩と変成年代がともに異なる2つの変成岩ユニットが接して存在すると考えられる。おそらく現在見られる地質構造は、① ca.120Maに沈み込んだユニットがエクロジャイト相の深度まで沈み込み、ca. 90Maまで滞留する、② ca.100-90Maに沈み込んだユニットの最高変成度部がca. 90Maにエクロジャイト相に達し、そこで、①のエクロジャイトと接合し、その後ともに上昇、というプロセスで形成されたと考えられる。

キーワード：三波川変成帯、ジルコンU–Pb年代、希土類元素
Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, zircon U–Pb dating, rare earth element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Petrological implications of a new occurrence of retrogressed eclogite from the Sanbagawa belt of southwest Japan

*田口 知樹[1]、遠藤 俊祐[2]、伊神 洋平[1,3]、三宅 亮[1]
*Tomoki Taguchi[1], Shunsuke Endo[2], Yohei Igami[1,3], Akira Miyake[1]

1. 京都大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻、2. 島根大学 総合理工学部 地球科学科、3. 名古屋大学 未来材料・システム研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 3. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

The Sanbagawa belt is one of the most famous subduction-related high-pressure (HP) metamorphic belts in the world, and the metamorphic facies series of the belt reaches the eclogite facies. Sanbagawa eclogites are found within coarse-grained mafic-ultramafic masses (Iratsu type) and their surrounding fine-grained mafic, pelitic, and siliceous schists (Seba type) in central and eastern Shikoku, southwest, Japan (Aoya & Endo, 2017 JGSJ). However, the regional extent of the eclogite facies region (eclogite unit) has not yet been established because most were overprinted by lower-pressure assemblages during the exhumation stage. In order to document the eclogite facies metamorphic features of the belt, we recently conducted comprehensive petrological studies of the pelitic schists in the Asemi-gawa region of central Shikoku (Taguchi & Enami, 2014a, 2014b JMPS; Taguchi et al., 2019 JMG). Our previous studies have revealed that a new eclogite unit exists in a limited high-grade area of this region and is composed primarily of pelitic schists. A number of petrological studies have been conducted on the mafic lithology of this region (e.g. Otsuki & Banno, 1990 JMG; Aoki et al. 2009 Lithos; Uno et al., 2015 CMP). However, none of these works recognize the presence of a definitive eclogitic indicator (omphacite, jadeite) within the mafic lithologies, which contrasts with the other eclogite units of Shikoku. This hinders the reliable reconstruction of the extent of the eclogite facies metamorphism in the Sanbagawa belt. Based on an integrated petrological and mineralogical approach, this study reports that mafic schist with garnet + omphacite + quartz paragenesis was first discovered in the Asemi-gawa region. The mafic schist occurs as thin layers within pelitic schist of the albite–biotite zone. This rock includes abundant garnet porphyroblasts up to 5 mm in diameter and shows prograde-type compositional zoning with no textural or compositional break. Omphacite in the mafic schist only occurs as inclusions in garnet, and albite is the major Na phase in the matrix, suggesting that the mafic schist represents highly retrogressed eclogite. The omphacite in the sample displays a strong Raman peak at 678 cm^{-1}, and concomitant Raman peaks are all consistent with those of the reference omphacite Raman spectrum. Transmission electron microscopy (TEM) observations showed that the selected area electron diffraction pattern of the omphacite is compatible with the common *P*2/*n* omphacite structure. The combination of Raman geothermobarometries and conventional thermodynamic calculations gives peak (pressure–temperature) *P*–*T* conditions of 1.7–2.0 GPa and 440–540 ˚C for the mafic schist. The peak *P*–*T* values are comparable to those of the schistose eclogitic rocks (Seba type) in other Sanbagawa eclogite units of Shikoku. These findings suggest that most of the schistose eclogites and associated metasedimentary rocks along the Sanbagawa subduction zone probably share similar simple *P*–*T* histories.

キーワード：エクロジャイト、FIB–TEM、オンファス輝石、ラマン分光分析、三波川帯
Keywords: eclogite, FIB–TEM, omphacite, Raman spectroscopy, Sanbagawa belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鹿塩マイロナイトの温度圧力条件: 三波川変成帯と領家変成帯の接合に関する制約

P-T estimations of Kashio mylonite in Oshika, Nagano, Japan: Constraints on the amalgamation of Ryoke and Sambagawa belts

*中村 佳博[1]、高橋 浩[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3]
*Yoshihiro Nakamura[1], Yutaka Takahasi[1], Tohru Danhara[2], Hideki Iwano[2], Takehumi Hirata[3]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2. 京都フィッション Co. Ltd.、3. 東京大学地殻化学実験施設
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Kyoto Fission-Track Co., Ltd., 3. Geochemical Research Center, The University of Tokyo

三波川変成帯と領家変成帯は，古典的に対の変成帯と呼ばれ，沈み込み帯における火成活動と低温高圧変成作用に密接に関連している (e.g., Brown, 2010)．西南日本で領家変成帯は三波川変成帯に直接接していないが，中部地方の長野県大鹿村地域は両変成帯の接合関係が観察できる数少ない地域である．そのため，MTLの活動に関連した変成・変形作用を議論するのに最適な場所である．本研究では三波川変成岩・領家変成岩の詳細な変形・変成作用の解析を行い，低温高圧変成帯の上昇に関するテクトニクスや延性ー塑性領域での構造発達史の制約を目指す．

本地域では，これまでMTLにそって中温型マイロナイト(いわゆる鹿塩マイロナイト)が広く分布することはよく知られている(Takagi, 1986). 我々は新たにZ集中を示す再結晶石英で特徴付けられる低温型マイロナイトを発見した．その低温型マイロナイトは領家変成岩・三波川変成岩由来であり，MTLから500m以内の上盤・下盤側双方に分布する．左横ずれセンスを示し，NNE-SSWの緩いプランジを持つ鉱物伸長線構造がマイロナイト面によく発達している．低温型マイロナイト帯では，ざくろ石ポーフィロクラストはコアからリムにかけて明瞭なグロッシュラー成分の組成累帯構造を示す．またマイロナイト面構造は白雲母 (Si in apfu = 3.38-3.49)と緑泥石 (X_{Mg} = 0.39-0.41)からなる．これらの再結晶鉱物を用いた地質温度圧力計を利用すると，領家変成岩起源の低温型マイロナイトの形成条件は420-450 ℃/0.5-0.6 GPaの温度圧力条件を示す．一部の変成岩起源マイロナイトは540 ℃/0.9 GPaの温度圧力条件を示すものもあった．これらの変成条件は三波川変成帯の温度圧力条件 (Enami et al. 1994)に一致しており，マイロナイト化のステージで領家変成岩と三波川変成岩がすでに接合していたことを示唆している．

さらに領家変成岩起源の鹿塩マイロナイト中のzircon U-Pb年代をLA-ICPMSによって分析した．分析試料の主要な年代スペクトルは 69.0 +/- 0.6 Ma (*n*=10) を示し，源岩の領家花崗岩またはトーナル岩の固結年代であると推定される．この源岩固結年代は，これまで報告されたいずれのマイロナイト化年代 (鹿塩時階: >83Ma, Kubota and Takeshita, 2008; 95~85 Ma, Takagi, 1997)よりもずっと若いことが明らかになった. また非持トーナル岩の平均冷却速度(28℃ /Ma; Shibata and Takagi, 1988) を利用すると，中温型マイロナイトは 62 Ma前後に形成し，~58 Maに二回目の低温型マイロナイトを経験したことになる．これらの年代データ・変成・変形作用をまとめると，58 Ma前後の低温型マイロナイト形成時にはすでに三波川変成岩と領家変成岩が接合していたことになる．その後55Ma前後のプレート運動方向の変化によって両変成帯が上昇したと示唆される (Seton et al. 2015).

参考文献:M. Brown, Gondwana Research, 18 (2010) 46-59. H. Takagi, J. Struct. Gel. 8 (1986) 3-14. M. Enami, S.R. Wallis, Y. Banno, 116 (1994), 182-198. Y. Kubota, T. Takeshita, Island Arc, 17, (2008)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

129-151. H. Takagi, Chikyu, 19 (1997) 111-116. K. Shibata, H. Takagi, J. Geol. Soc. Jpn., 94 (1988) 35-50. M. Seton, N. Flament, J. Whittaker, R.D. Muller, M. Gurnis, D.J. Bower, Geol. Rea. Let. 42 (2015) 1732-1740.

キーワード：Mylonite、EBSD、Ryoke metamorphic belt、Sambagawa metamorphic belt
Keywords: Mylonite, EBSD, Ryoke metamorphic belt, Sambagawa metamorphic belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Static phenomena retained by garnet during exhumation of metamorphic rocks

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2]
*Masaki Enami[1], Yui Kouketsu[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 名古屋大学　大学院環境学研究科
1. Institute for Space–Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Nagoya University

Electron back scatter diffraction (EBSD) method was employed for the analysis of crystallographic orientations of garnet grains to discuss tectonic behavior of various types of metamorphic rocks during exhumation. Selected metamorphic rocks were coesite-eclogite from the Sulu belt, China, granulite in the Mogok belt, Myanmar, and epidote-amphibolite and quartz schist of eclogite and non-eclogite units, respectively, in the Sanbagawa belt, Japan. The garnet grains are grouped into segmentation and honeycomb types. The segments forming an aggregate, which formed by hydration reaction during the exhumation stage, share similar crystallographic orientations, with misorientations of less than 3—4˚. This suggests that the segmentation textures were not formed by deformational crush and the grains recorded a static environment during exhumation. The Sulu and Mogok garnet grains segmented under granulite-upper amphibolite facies conditions have been continually exhumed to the earth's surface without incurring specific deformation and/or rotation. The garnet grains in the epidote-amphibolite from the Sanbagawa eclogite unit were once fragmented by hydration reactions during exhumation and have subsequently become unified by hydration reactions during prograde epidote-amphibolite facies metamorphism. This fact indicates that the Sanbagawa garnet grains in the eclogite unit have recorded static conditions during the hydration and dehydration stages. Honeycomb garnet in a quartz schist from the Sanbagawa non-eclogite unit, which formed during prograde stage under the lower epidote-amphibolite facies, also shows no evidence suggesting deformation processes. This sample might not have undergone significant deformation during exhumation from depths of 25—30 km (0.8—0.9 GPa) to the earth's surface. Such undeformed phenomena recorded in these metamorphic garnet grains during exhumation might have been promoted by episodic exhumation, buoyancy-driven and static exhumation of the metamorphic belt, or local concentration of tectonic stress and heterogeneities of deformation impacts caused by the contrast of lithologic competency and tectonic discontinuity development.

キーワード：EBSD、exhumation、ざくろ石、変成岩
Keywords: EBSD, exhumation, garnet, metamorphic rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:田口 知樹(京都大学　大学院理学研究科)、吉田 健太(海洋研究開発機構)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

10:45 ~ 11:00

[SMP32-07] Garnet zoning suggesting the correlation between the Higo and Abukuma metamorphic rocks

*西山 忠男[1]、脇田 佑都[1] (1.熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座)

11:00 ~ 11:15

[SMP32-08] $FeAlO_3$ phase at ultrahigh-temperature metamorphic conditions: Evidences from the sillimanite—Fe_2O_3 and sillimanite—Fe_3O_4 systems at 9 kbar and 1050 °C

*川嵜 智佑[1]、足立 達郎[2]、大藤 弘明[1]、小山内 康人[2] (1.愛媛大学、2.九州大学)

11:15 ~ 11:30

[SMP32-09] グラニュライト相－超高温変成作用下で包有されたナノ花崗岩類中のハロゲンについて

*東野 文子[1]、河上 哲生[2] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.京都大学大学院理学研究科)

11:30 ~ 11:45

[SMP32-10] 隠岐片麻岩の高Ti黒雲母の普遍性と部分溶融条件

吉田 宏[1]、*遠藤 俊祐[1]、藤原 まい[1]、亀井 淳志[1] (1.島根大学総合理工学部地球科学科)

11:45 ~ 12:00

[SMP32-11] Eclogite-to-granulite transition in the Ufipa Complex (Tanzania): the time-lag between collision and the granulitization

*森田 敢[1]、辻森 樹[1]、Nelson Boniface[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.ダルエスサラーム大学、3.岡山理科大学)

12:00 ~ 12:15

[SMP32-12] **Switching of metamorphic growth kinetics due to volume fraction of metamorphic fluid**

*宮崎 一博[1] (1.産業技術総合研究所　地質情報研究部門　地殻岩石研究グループ)

Garnet zoning suggesting the correlation between the Higo and Abukuma metamorphic rocks

*西山 忠男[1]、脇田 佑都[1]
*Tadao Nishiyama[1], Yuto Wakida[1]

1. 熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座
1. Department of Earth and Environmental Sciences, School of Science, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

The Higo and Abukuma metamorphic rocks are both Cretaceous low P/T metamorphic rocks, located in central Kyushu (the former) and in northeast Japan (the latter), respectively. The correlation between the two metamorphic rocks has been discussed in terms of SHRIMP U-Pb ages of plutonism, metamorphism and sedimentation (Sakashima et al., 2003), although they are separated by more than 1,000 km. This paper presents new evidence for this hypothesis by reporting garnet zoning in the Higo metamorphic rock (HMR) which is very similar to that in the Abukuma metamorphic rock (AMR).

Pelitic and psammitic gneisses in the garnet-cordierite zone in the HMR contains commonly garnet crystals, which are subhedral to euhedral grains of several millimeters in size. We examined chemical zoning of these garnets from 41 samples of pelitic gneiss in the Kousadake area, Kousa and Tomochi Towns, Kumamoto Prefecture. Typical mineral assemblage of the pelitic gneiss is garnet + biotite + K-spar + plagioclase + quartz $\pm$ cordierite $\pm$ sillimanite. Ilmenite, titanite, and rutile (less common) occur as inclusions in garnet. Garnet zoning can be classified into three types: flat, simple and complex types. The flat type shows no concentration gradient of any component from the core to the rim. The composition ranges from Prp9Alm68Sps3Grs20 to Prp20Alm73Sps3Grs4, depending on the bulk composition of the sample. The simple type shows a gradual change in composition from the core richer in Sps and Grs components (Prp15Alm51Sps26Grs8) to the rim richer in Alm component (Prp15Alm61Sps19Grs3). The complex type has several variations in the zoning, however, all the variations show discontinuous or rapid changes in composition. The complex A type consists of the plateau-like core richer in Sps and Grs components (Prp2Alm36Sps33Grs29) and the rim richer in Alm and Prp components (Prp23Alm67Sps7Grs3). The complex B type shows a core-mantle-rim structure. The core is nearly constant composition with Prp6Alm61Sps14Grs19, followed by a rapid increment of Grs component up to 28 mol % associated with counterpart decrement of Alm and Sps components in the mantle (Prp6Alm58Sps8Grs28). In the rim, Grs and Sps components gradually decrease with counterpart increment of Prp and Alm components to Prp12Alm73Sps5Grs10. The Grs contents in the core of the complex A type and also in the mantle of the complex B type are much higher than those of the simple and flat types, indicating higher pressure condition for the formation. Garnets with these three types of zoning occur randomly in the garnet-cordierite zone of the studied area, suggesting the different nucleation timing of these garnets rather than diffusive homogenization of zoning in higher grade rocks (Yoshimura,1995).

The complex A and B types of zoning are quite similar to those of sector-zoned garnets from the AMR reported by Hiroi et al. (1998), who suggested the followings. These zonings may indicate three stages of garnet growth at different pressures: the earliest stage characterized by relatively low T (~650 C) and medium P (~0.6 GPa), the second stage with much higher pressure up to 1.2 GPa, and the third stage with higher T (~800 C) and lower P (~0.5 GPa). Thus, the HMR may have experienced the P-T path similar to that of the AMR. This similarity of the P-T path together with the consistency of the age of plutonism,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

metamorphism and sedimentation (Sakashima et a., 2003) strongly suggests that the HMR and AMR may have formed the same geological terrane. The tectonics leading to the large-sale displacement between the HMR and AMR can be either a nappe tectonics or strike-slip tectonics, although this study cannot provide any information on the tectonics.

References: Hiroi, Y. et al., (1998) JMG, 16, 67-81; Sakashima, T. et al., (2003) Jour. Asian Earth Sci., 21, 1019-1039. Yoshimura,Y.(1995) Mem. Fac. Sci. Kumamoto Univ., 14, 1, 1-18.

キーワード：ザクロ石、累帯構造、肥後変成岩、阿武隈変成岩
Keywords: garnet, zoning, Higo metamorphic rock, Abukuma metamorphic rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$FeAlO_3$ phase at ultrahigh-temperature metamorphic conditions: Evidences from the sillimanite—Fe_2O_3 and sillimanite—Fe_3O_4 systems at 9 kbar and 1050 ℃

*川嵜 智佑[1]、足立 達郎[2]、大藤 弘明[1]、小山内 康人[2]
*Toshisuke Kawasaki[1], Tatsuro Adachi[2], Hiroaki Ohfuji[1], Yasuhito Osanai[2]

1. 愛媛大学、2. 九州大学
1. Ehime University, 2. Kyushu University

Two high pressure experiments at 9 kbar and 1050 ℃ under moisture condition reveal $FeAlO_3$ phase is stable under ultrahigh-temperature metamorphic conditions. $FeAlO_3$ and corundum newly crystallised accompanying SiO_2-rich melt and vapour among sillimanite crystals from the mixture of Rundvågshetta sillimanite and reagent-grade Fe_2O_3 (weight ratio of 95:5) within Pt capsule. We found no hematite in the charge. In contrast, we found $FeAlO_3$ phase, SiO_2-rich melt and vapour among sillimanite from the mixture of Rundvågshetta sillimanite and reagent-grade Fe_3O_4 at (weight ratio of 86:14) within AuPd capsule. We found a domain composed by $FeAlO_3$, corundum, magnetite—hercynite spinel and ulvöspinel at the bottom part of the charge. The domain was contact with melt among sillimanite. The present results suggest the possibility that $FeAlO_3$ phase would be an index mineral of ultrahigh-temperature metamorphism for the partially melted Fe—Al-rich granulites under hydrous and oxidised environments.

キーワード：FeAlO3 相、ケイ線石、コランダム、スピネル、超高温グラニュライト
Keywords: FeAlO3 phase, sillimanite, corundum, spinel, ultrahigh-temperature granulies

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

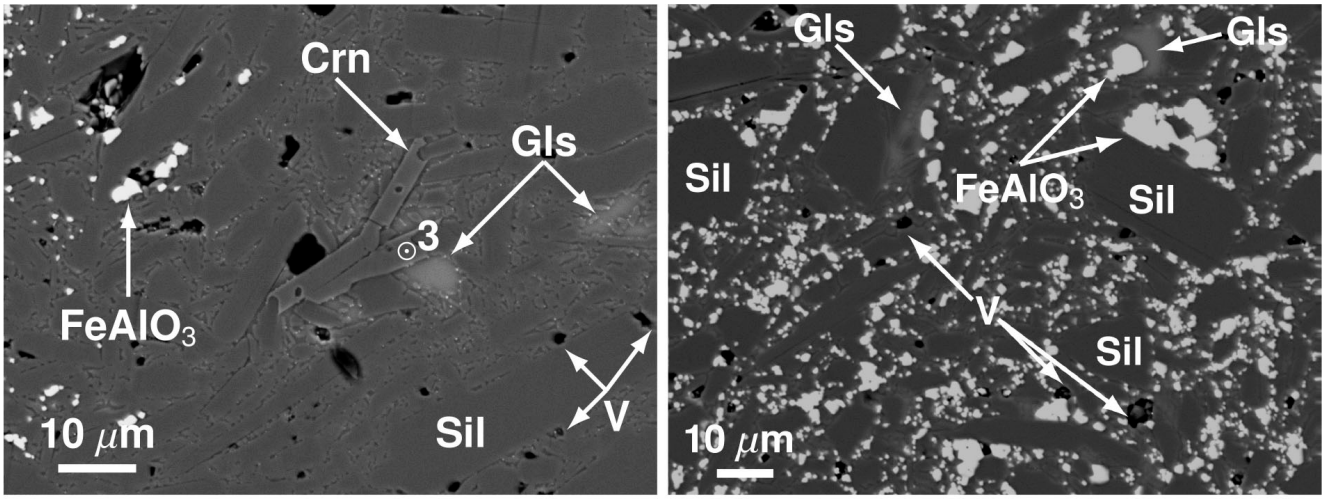


Fig. 1. Backscattered electron image (BSEI) of run products recrystallised from the mixture of Rundvågshetta sillimanite and Fe_2O_3 in the Pt capsule (left: run no. 171018A) and the mixture of Rundvågshetta sillimanite and Fe_3O_4 in the AuPd capsule (right: run no. 171018D) at 9 kbar 1050 ℃ under moisture condition. Left: euhedral corundum with fine vapour hole, $FeAlO_3$ phase, glass and vapour (dark holes) fill among sillimanite crystals. Number 3 is the analysed point by Raman spectroscopy. Right: euhedral 5–10 μm size $FeAlO_3$ phase and fine (<1 μm) $FeAlO_3$ phase are scattered among sillimanite crystals accompanying melt and vapour (dark hole). Crn, corundum. $FeAlO_3$, $FeAlO_3$ phase. Gls, glass. Sil, sillimanite. V, vapour.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グラニュライト相ー超高温変成作用下で包有されたナノ花崗岩類中のハロゲンについて

Halogens in nanogranitoids entrapped during granulite facies to ultrahigh-temperature metamorphism in the lower crust

*東野 文子[1]、河上 哲生[2]
*Fumiko Higashino[1], Tetsuo Kawakami[2]

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Granulite facies to ultrahigh-temperature (UHT) metamorphic terranes in the deep crust are considered as a potential source region of granitoid melts that eventually form plutons (e.g., Sawyer et al., 2011; Brown et al., 2011). Melt inclusions such as “nanogranitoids” and “felsite inclusions” recently found from such granulite facies and UHT metamorphic terranes are the explicit evidence of partial melting (Cesare et al., 2009; 2015; Hiroi et al., 2014). Such inclusions enable us to estimate the melt composition formed by partial melting (Cesare et al., 2015) and to estimate the timing of partial melting when combined with pressure-temperature-time (*P-T-t*) paths (Kawakami et al., 2013; 2016).
In determining the melt compositions using nanogranitoids, re-melting and re-homogenization of nanogranitoid inclusions using piston cylinder is often performed, and nanogranitoids with decrepitation texture are avoided from such experiments (Cesare et al., 2015). However, nanogranitoids that has decrepitation texture are common in high-*T* pelitic gneisses (e.g., Hiroi et al., 2014; Cesare et al., 2015; Kawakami et al., 2016) and if development of such texture is related to the *P-T* path of the host rock as in the case of fluid inclusions (Vityk and Bodnar, 1995), neglecting the decrepitated nanogranitoids might mean neglecting of specific metamorphic history. Therefore, efforts in determining chemical compositions of melt inclusions of decrepitated nanogranitoid inclusions is also valuable. Among various chemical aspects, information on major halogens (F and Cl) in lower crustal nanogranitoids is extremely poor (e.g., Cesare et al., 2015; Acosta-Vigil et al., 2016; Ferrero et al., 2018). This study aims to provide some new data on the halogen contents in nanogranitoids to better understand the partial melting in the granulite facies active lower crust using fully crystallized nanogranitoids.
Nanogranitoid inclusions are found as inclusions in garnet from granulite facies mafic and pelitic gneisses from Balchenfjella (Sør Rondane Mountains, East Antarctica). Mineral assemblages of the large-sized (>100 μm) nanogranitoid inclusions are Bt + Pl + Qtz in mafic gneiss, and Bt + Pl + Qtz + And + Sil in pelitic gneiss. Mesoperthite in the nanogranitoid inclusion and in the matrix of the pelitic gneiss gave temperature of >900 ºC based on ternary feldspar thermometry. These observation evidences that Balchenfjella experienced UHT metamorphism and the nanogranitoid inclusions represent the UHT melt. The re-integrated composition of nanogranitoids range from granodioritic in the mafic gneiss to granitic in the pelitic gneiss, and mostly peraluminous. The peraluminous melt compositions might be a result of post-entrapment interaction between the melt and host garnet. F/Cl ratio of biotite in the nanogranitoids can be an indicator of F/Cl of the nanogranitoid melts, and low F/Cl ratio observed in this study contrasts with high values observed in peraluminous silicic melts from intrusive and extrusive igneous rocks. This suggests that F/Cl ratio in shallower level silicic igneous rocks is mainly controlled by the magmatic processes in the shallow crust, and chemical characteristics of source rocks or F/Cl ratio of the original melts in the source region is of secondary importance.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ナノ花崗岩類、部分溶融、塩素、フッ素
Keywords: nanogranitoids, partial melting, chlorine, fluorine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

隠岐片麻岩の高Ti黒雲母の普遍性と部分溶融条件
Significance of high-Ti biotite and anatectic conditions of paragneiss in the Oki-Dogo Island, Japan

吉田 宏[1]、*遠藤 俊祐[1]、藤原 まい[1]、亀井 淳志[1]
Hiroshi Yoshida[1], *Shunsuke Endo[1], Mai Fujiwara[1], Atsushi Kamei[1]

1. 島根大学総合理工学部地球科学科
1. Department of Earth Science, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

隠岐島後東部に環状に露出する隠岐片麻岩は，古原生代（約1800 Ma前後）の砂～泥質岩や花崗岩類を原岩として，約240 Maに低P/T型変成作用を受けた準片麻岩および正片麻岩からなり（Tsutsumi et al., 2006; Cho et al., 2012），朝鮮半島の先カンブリア基盤（嶺南地塊や京畿地塊）との関係や，ペルム～三畳紀以降の東アジアのテクトニクスを考えるうえで重要な位置づけを持つ．本研究では隠岐片麻岩の分布全域（北部：飯美，中村川，南部：銚子，東郷，大久）の野外調査とミグマタイト質片麻岩の岩石学的解析の結果をもとに，高度変成作用の広がりと部分溶融の条件を検討した． 新生代火山活動に伴う構造改変は大きいが，隠岐片麻岩の主要な面構造（片麻状構造）の方位は大局的には東西走向で南または北傾斜である．ミグマタイト化に伴うプチグマティック褶曲を除くと，延性変形の重複関係を認識できる露頭は少なく，主要面構造は単一の変形段階と考えられる．ミグマタイト質片麻岩には片麻状構造と調和的な優白質部のほかに，優白質花崗岩の非調和岩脈が普遍的にみられる．アルミナ質泥岩起源の片麻岩のピーク時の鉱物共生は，ざくろ石＋黒雲母＋珪線石±菫青石＋斜長石＋石英＋チタン鉄鉱＋ルチル＋石墨であり，南部ではこれに鉄亜鉛スピネルが加わる．優白質部に珪線石を包有する自形の紅柱石を含むことがあり，降温期にメルトから晶出した可能性がある．ざくろ石の結晶は拡散により組成が均質化しており，基質の黒雲母と接する縁部のみMnが急増する逆累帯構造を示し，CaOは1 wt%前後でほぼ一定である．しかし，北部では稀に同一薄片内にコアのCaOが4.5 wt%に達し，成長累帯構造を残すざくろ石斑状変晶が混在する．ピーク温度推定のため，ルチル＋石英と共存する黒雲母のTi量とジルコン＋石英と共存するルチルのZr量を用いた温度計を適用した．高Ti黒雲母（最高5.6 wt% TiO_2）は基質の単結晶石英または斜長石中の微小包有物として存在し，760℃に達する高温を示唆する．高Ti黒雲母はざくろ石中の包有物として産することもあるが，基質中のものに比べMg#が高く，降温期もホストのざくろ石とのFe–Mg交換反応が継続したことを示す．基質の片麻状構造に沿って配列する粗粒板状の黒雲母は低Tiで，低Zrルチルを伴い，~650–550℃までの降温期に延性変形が起こったことを示す．ルチルはクラックを伴わないざくろ石中の包有物に限り，高Zr（1200–1700 ppm）を保持し，~750–780℃の高温条件が推定される．単結晶石英または斜長石中の高Ti黒雲母と均質なざくろ石コア組成がピーク温度時に平衡であったと仮定して，ざくろ石-黒雲母温度計およびざくろ石-黒雲母-斜長石-石英圧力計を適用すると各地域の試料から~0.42–0.60 GPa, 760–780℃の条件が推定され，南部の試料がより低圧を示す．このような低P/T条件で部分溶融が起こったとすると，南部にみられる菫青石，ざくろ石，スピネルの共存を説明できる．高Ti黒雲母の普遍性から，上部角閃岩ーグラニュライト遷移相の高度変成作用は全域に及んでいることが明確になったが，北部にみられる高Caざくろ石の持つ意味（中圧型変成ステージの存否）はさらなる検討が必要である．本研究および既存の年代学的研究を統合すると，隠岐片麻岩は，古原生代の大陸基盤が，約240 Maの熱イベントにより中部地殻深度（約15–20 km）における部分溶融，延性変形および低P/T型変成作用を受けたものと考えられる．

キーワード：隠岐片麻岩、黒雲母、変成作用
Keywords: Oki Gneiss, biotite, metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Eclogite-to-granulite transition in the Ufipa Complex (Tanzania): the time-lag between collision and the granulitization

*森田 敢[1]、辻森 樹[1]、Nelson Boniface[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3]
*Morita Isamu[1], Tatsuki Tsujimori[1], Nelson Boniface[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[3]

1. 東北大学、2. ダルエスサラーム大学、3. 岡山理科大学
1. Tohoku University, 2. University of Dar es Salaam, 3. Okayama University of Science

Eclogite-to-granulite transition found in the collisional tectonic regime can provide not only regional tectonic history but also basic principles underlying crustal thickening attributed to the continent-continent collision at convergent plate boundary. In order to understand the dynamics and timescale of collision-induced crustal thickening, we conducted petrological and geochronological research for partially granulitized eclogite and associated metamorphic rocks of the Ufipa Complex (Tanzania).

The Ufipa Complex is a newly confirmed Neoproterozoic metamorphic complex that is equivalent to the Mozambique Belt formed during 'Pan-African orogeny'. Granulitized eclogite is a coarse-grained kyanite-bearing retrograde eclogite with the major mineral assemblage of garnet + omphacite + kyanite + rutile; kyanite contains both omphacite and clinozoisite. Kyanite-free eclogite is medium-grained less-retrograded, bimineralic eclogite. Garnet–omphacite–kyanite–quartz geothermobarometry yielded a P = ~1.9–2.1 GPa and T = ~920–960°C for eclogite stage and P = ~1.3–1.6 GPa and T = ~900–940℃ for high-pressure granulite stage.

LA-ICPQMS zircon U–Pb geochronology for the eclogites revealed that time-lag Δt between collision at ~588 Ma and granulite-facies recrystallization at ~559 Ma was ~30 m.y. Zircon growth during eclogite-facies was confirmed by both mineral inclusions and trace-element abundances. In-situ zircon dating using petrographic thin-sections also confirmed the timing of granulitization. The inferred Δt of ~30 m.y. is consistent with other continental collision zones even in Cenozoic orogens in the literatures.

キーワード：エクロジャイト、グラニュライト化、ジルコンU-Pb年代、局所年代分析、新原生代、東アフリカ
Keywords: Eclogite, Granulitization, Zircon U-Pb age, In-situ dating, Neoproterozoic, East Africa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Switching of metamorphic growth kinetics due to volume fraction of metamorphic fluid

*宮崎 一博[1]
*Kazuhiro Miyazaki[1]

1. 産業技術総合研究所　地質情報研究部門　地殻岩石研究グループ
1. Orogenic Processes Research Group, Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan/National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

In general, it is predicted that the growth kinetics should switch from interface-controlled to diffusion-controlled kinetics with increasing grain size. Rate constant and diffusion coefficient are required for estimate the critical grain size for the switching. It is assumed that the effective diffusivity is a product among diffusivity of solute in water, volume fraction of metamorphic fluid and tortuosity. Using rate constant of silicate in aqueous fluid and diffusion coefficient of solutes in aqueous fluids, the switching will occur around 1 mm in diameter at 500 degree C and 1 G Pa with 0.02 volume % of metamorphic fluid. The switching will occur around 1 cm with 0.2 volume % of metamorphic fluid, and will occur around 10 cm with 2 % volume of metamorphic fluid, respectively. Accompanying the switching with diffusional instability, growth kinetics can be predicted by degree of supersaturation. Recently, degree of supersaturation or reaction affinity, which is a function of degree of supersaturation, were reported from different metamorphic belts (e.g. Miyazaki, 2015; Spear and Pattison, 2017). Typical value for reaction affinity of the nucleation of a porphyroblast, such as garnet, is 300 J/mol oxygen (Spear and Pattison, 2017). Using this value, diffusional instability will occur above 1 μm. Therefore, garnet should grow unstable and result in highly irregular morphology after the switching. However, such garnet is rare in general regional metamorphic belt. In other word, existence of euhedral to subhedral garnet larger than cm-scale implies interface-controlled growth under sufficient metamorphic fluid condition at deep crustal depths. Unlike in the case of garnet porphyroblast, matrix mineral, such as phengite, probably grew by interface-controlled dissolution-precipitation with non-hydrostatic condition, because supersaturation of the dissolution-precipitation is perhaps much lower than that of net-transfer reaction and size of phengite is usually less than 1 mm.

キーワード：変成作用、変成反応、ガーネット
Keywords: Metamorphism, Metamorphic reaction, Garnet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

[SMP32-P01] Pressure-temperature estimates of the Lützow-Holm Complex utilizing distributions of trace elements and inclusions in garnet porphyroblasts in pelitic gneisses

*鈴木 康太[1]、河上 哲生[1]、伊神 洋平[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 地質学鉱物学教室 地球物質科学講座 岩石学グループ、2.名古屋大学未来材料・システム研究所)

[SMP32-P02] 東南極, リュツォ・ホルム岩体の明るい岬における泥質片麻岩の微細組織と温度圧力条件

*淀屋 勇斗[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP32-P03] 南インド・トリバンドラム岩体にみられる長時間（>9000万年）のグラニュライト相変成作用

*門脇 ひかる[1]、角替 敏昭[2]、Santosh M.[3]、Shaji E.[4]、高村 悠介[5]、堤 之恭[6] (1.筑波大学生命環境科学研究科地球科学専攻、2.筑波大学生命環境系、3.School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing、4.Department of Geology, University of Kerala、5.筑波大学生命環境科学研究科地球進化科学専攻、6.国立科学博物館地学研究部)

[SMP32-P04] Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

*Das Kaushik[1]、Tomioka Naotaka[2]、Ganguly Proloy[3]、Ando Jun-ichi[1]、Ghosh Gautam[3]、Bose Sankar[3] (1.Hiroshima University、2.Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC、3.Presidency University, India)

[SMP32-P05] 領家帯三河地域および讃岐東部地域のミグマタイトのU-Pbジルコン年代

*葛立 恵一[1]、河上 哲生[1]、Etienne Skrzypek[1]、坂田 周平[2]、平田 岳史[3] (1.京都大学、2.学習院大学、3.東京大学)

[SMP32-P06] 日高変成帯野塚岳地域における構造地質学的研究 -島弧・島弧接合による新生代大陸地殻の成長・形成過程とそのメカニズム-

*菅野 萌子[1]、豊島 剛志[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科)

[SMP32-P07] THE PRESSURE-TEMPERATURE PATH AND MINERAL ASSEMBLAGE OF THE KHONICHIIN OVOO AREA, SOUTHEASTERN MONGOLIA.

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、OTGONBAYAR DANDAR[1]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences the University of Tokyo)

[SMP32-P08] **九州北西部糸島半島野北地域の接触変成作用の温度圧力条件**

*池田 剛[1]、太田 健斗[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SMP32-P09] 天草下島に分布する長崎変成岩類の片麻岩に見られる部分溶融の証拠

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]、宮崎 一博[3] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門)

[SMP32-P10] **Microstructural Analysis of Quartz grains in Monomineralic and Polyphase domains: A case study from Main Central Thrust (MCT) Zone Mylonites, western Himalaya, India**

*Shivaji Saha[1]、Toru Takeshita[1]、Subhajit Ghosh[2]、Hari Bahadur Srivastava[3] (1.Department of Natural History Sciences, Hokkaido University、2.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、3.Department of Geology, Banaras Hindu University)

[SMP32-P11] **Tectono-thermal evolution of the Main Central Thrust (MCT) zone rocks of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*), Darjeeling-Sikkim Himalaya**

*Subhajit Ghosh[1,2]、Santanu Bose[2,3]、Nibir Mandal[4]、Arijit Laik[2] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032、2.Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India、3.Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India、4.Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India)

[SMP32-P12] 三波川帯の低変成度領域における温度構造と変形構造，およびテクトニックな意義

*山岡 健[1,2]、ウォリス サイモン[1]、森 宏[2] (1.東京大学、2.信州大学)

[SMP32-P13] Antigorite Raman spectrum: a case study in Shiraga region of the central Shikoku, Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan

*安藤 宏太[1]、纐纈 佑衣[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学)

[SMP32-P14] A fluid inclusion study from the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan

*進士 優朱輝[1]、辻森 樹[1]、川本 竜彦[2] (1.東北大学、2.静岡大学)

[SMP32-P15] Development of reaction-induced stress and permeability in MgO-H_2O system

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院 環境科学研究科)

[SMP32-P16] 透過菊池回折によるウルトラマイロナイト中のオリビン結晶方位解析：EBSDの微小部への拡張

*伊神 洋平[1]、道林 克禎[2]、柿畑 優季[2]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.名古屋大学 環境学研究科)

[SMP32-P17] Elucidation of effective diffusion coefficient along grain boundaries by hydrothermal experiment using low porosity rocks

*杉沢 直樹[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院　環境科学研究科　先進社会環境学専攻)

[SMP32-P18] **断層がウジ帯により記録される繰り返し地震すべり：野島断層ボーリングコアからの証拠**

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

[SMP32-P19] Evolution of fluid chemistry during basalt-water and basalt-seawater interactions revealed by hydrothermal flow-through experiments

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学　環境科学研究科)

[SMP32-P20] **3D microstructural analyses of fault rocks using CT and μCT scanning techniques**

*Bingcheng Liu[1]、Aiming Lin[1]、Takafumi Nishiwaki[1] (1.Kyoto University)

[SMP32-P21] **Dissolution kinetics of forsterite olivine at >200 °C: implication for the kinetics of serpentinization.**

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

Pressure-temperature estimates of the Lützow-Holm Complex utilizing distributions of trace elements and inclusions in garnet porphyroblasts in pelitic gneisses

*鈴木 康太[1]、河上 哲生[1]、伊神 洋平[2]
*Kota Suzuki[1], Tetsuo Kawakami[1], Yohei Igami[2]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 地質学鉱物学教室 地球物質科学講座 岩石学グループ、2. 名古屋大学未来材料・システム研究所
1. Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

The Lützow-Holm Complex (LHC) in East Antarctica is a late Neoproterozoic to early Cambrian orogenic belt, formed during the amalgamation of Gondwana and composed of various bulk compositions of high-grade metamorphic rocks. Based on matrix mineral assemblages of mafic to intermediate mafic rocks, the LHC has been divided into three metamorphic facies zones; upper-amphibolite facies zone, transitional zone and granulite facies zone [1]. Because of the continuous distribution of upper-amphibolite facies to granulite facies metamorphic rocks, the LHC has been considered as a good exposure of the cross section of lower crust during continental collision events.
However, recent studies have found that high-*T* conditions above 850 °C are common even in the transitional zone and such temperatures are attained under kyanite stability field [3, 6, 7]. The aim of this study is to re-examine the peak metamorphic *P-T* conditions and *P-T* paths of selected regions in the LHC (Rundvågshetta, Skallen, Skarvsnes and Akarui Point) utilizing distributions of trace elements and inclusions such as Al_2SiO_5 minerals and rutile in garnet porphyroblasts in high-grade pelitic gneisses.
The Zr content of rutile coexisting with zircon+quartz strongly depends on the temperature condition and has been calibrated as Zr-in-rutile geothermometers that is more robust than the traditional Fe-Mg exchange type geothermometers during high-*T* metamorphism. In this study, experimentally calibrated Zr-in-rutile geothermometer [8] was applied to rutile grains in garnet and matrix.
The polymorphs of Al_2SiO_5 minerals are known as valuable indicators of the *P-T* conditions. In the course of this study, sillimanite with a characteristic Raman peak around 420 cm^{-1} which is not listed as a sillimanite peak in the Lyon database (http://www.geologie-lyon.fr/Raman/) were found as inclusion minerals in garnet and as matrix minerals from all of the four studied regions. In order to examine whether such a peak is related to the phase transition from kyanite or mullite to sillimanite, we observed them in detail by TEM. However, no evidence for such transition was found. Therefore, sillimanite with 420 cm^{-1} peak is dealt as normal sillimanite in this study.
Chemical zoning of garnet in high-*T* metamorphic rocks in terms of major elements (Fe, Mg, Ca and Mn) are commonly obscured by the diffusion under high-*T* conditions. On the other hand, chemical zoning of garnet in terms of trace elements, especially P, is less affected by the later diffusion, and commonly preserves sharp growth zoning [e.g., 2, 4]. Utilizing the sharp P zoning as a contemporaneous surface during garnet growth to define core and rim of garnet, and utilizing relic inclusions in garnet such as Al_2SiO_5 minerals and rutile to constrain the *P-T* conditions of each metamorphic stage [e.g., 5], we estimated metamorphic *P-T* conditions recorded in pelitic gneisses from the four regions in the LHC. Although Akarui Point is located in the “transitional zone” and three other regions are in the “granulite facies zone”, all of the inferred *P-T* paths of high-grade pelitic gneisses from Skallen, Skarvsnes and Akarui Point indicate nearly isothermal decompression starting from kyanite stability field at temperature around 850 °C. From Rundvågshetta, although pressure condition could not be well constrained, extremely high peak metamorphic temperature (> 900 °C) was inferred.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Since the peak metamorphic grades inferred from inclusion minerals in garnet porphyroblasts from Skallen, Skarvsnes and Akarui Point are almost the same, the traditional metamorphic zone mapping based on matrix mineral assemblages does not represent the highest metamorphic conditions attained, and needs re-evaluation utilizing petrochronological approach.

References

[1]Hiroi et al, 1991 [2]Hiroi et al, 1997 [3]Iwamura et al, 2013 [4]Kawakami and Motoyoshi, 2004 [5]Kawakami and Hokada, 2010 [6]Kawakami et al, 2016 [7]Nakamura et al, 2013 [8]Tomkins et al, 2007

キーワード：組成累帯構造、リン、藍晶石、珪線石、Zr-in-rutile温度計、部分溶融
Keywords: chemical zoning, Phosphorus, kyanite, sillimanite, Zr-in-rutile geothermometer, partial melting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南極, リュツォ・ホルム岩体の明るい岬における泥質片麻岩の微細組織と温度圧力条件

Microstructures and pressure-temperature condition in pelitic gneisses from the Lützow-Holm Complex at Akarui Point, East Antarctica

*淀屋 勇斗[1]、池田 剛[2]
*Hayato Yodoya[1], Takeshi Ikeda[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Scinece, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of School of Scinece, Kyushu University

Metamorphic rocks have been considered to preserve the mineral assemblage and composition at the peak condition in each pressure (*P*) –temperature (*T*) path. If this assumption is valid, the metamorphic rocks in the same outcrop are expected to show the same *P-T* condition. However, different *P-T* conditions have been estimated based on different geothermobarometers for rocks even from the same outcrop. Systematic difference among the methods could be responsible for these differences. However, this study revealed that use of the same pair of geothermobarometers provides significantly different P-T conditions for two pelitic gneisses from the same outcrop of the Lützow-Holm Complex, at Akarui Point, East Antarctica. An alternative interpretation is proposed to account for this difference.

The mineral assemblages of the studied gneisses are garnet, biotite, plagioclase, K-feldspar, quartz with and without sillimanite. Garnet grains in the Sil-bg. sample show round shape and contain large amount of fine quartz inclusions, whereas those in the Sil-free sample represent irregular shape and sporadically include coarse-grained plagioclase.

Garnet in both samples have chemically heterogeneity such that X_{Ca} (=Ca/Fe+Mg+Ca+Mn) and Mg/Fe decrease from the core to the rim. Furthermore, garnet in contact with biotite represents lower Mg/Fe than that in contact with other minerals. Garnet in the Sil-bg. sample is low in X_{Ca} and Mg/Fe as compared with garnet in the Sil-free sample. Phosphorus in garnet of the Sil-bg. sample represents euhedral shape of chemical contour in contrast to the garnet in the Sil-free sample where phosphorus shows no zoning. Biotite in the Sil-bg. sample shows Al-rich and low Mg/Fe as compared with that in the Sil-free sample. No systematic difference in Ti content in biotite is recognized. The Sil-free sample contains plagioclase with higher anorthite content than the Sil-bg. sample.

In the AFM approximation, garnet and biotite coexisting with sillimanite are expected to show higher Mg/Fe than those free from sillimanite. However, the present observations disagree with the prediction. Garnet contains significant amount of Ca, requiring addition of CaO to the chemical system. A calculated garnet composition diagram with respect to Ca-Mg-Fe shows that garnet coexisting with sillimanite represents a univariant line lower Ca and Mg/Fe than that free from sillimanite, and the present data are consistent with it. This suggests that two samples were not necessarily equilibrated at different *P-T* condition.

Geothermobarometry, in contrast, indicates significant difference in *P-T* condition. That is, garnet-biotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

geothermometer (Ferry and Spear., 1978) and garnet-biotite-plagioclase-quartz geobarometer (Hoisch., 1990) show 685-718 ℃ at 6.4-6.6 kbar for the Sil-free sample and 828-855 ℃ at 7.2-7.8 kbar for the Sil-bg. sample.

It is puzzling feature that different samples from the same outcrop provide different *P-T* estimations using the same geothermobarometers. The Sil-bg. sample records higher temperature than the Sil-free sample, as described before. Preservation of euhedral chemical contour of phosphorus in the Sil-bg. sample would indicate that the garnet grew maintaining surface equilibrium, at high temperatures. In contrast, absence of such euhedral contour and highly-rough surface of garnet in the Sil-free sample suggest relatively high growth rate, at low temperatures.

The *P-T* path of Akarui Point contains pressure decrease during temperature decrease (Iwamura et al., 2013). Considering this *P-T* path, it is expected that the garnet of Sil-free sample didn’ t exist at high temperatures and formed at low pressures and temperatures. The difference in estimated *P-T* conditions in the same outcrop can be attributed to not only the difference in the method but also the difference in the timing of the formation of minerals.

キーワード：温度圧力条件、相関係、リュツォ・ホルム岩体
Keywords: pressure-temperature condition, phase relation, Lützow-Holm Complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南インド・トリバンドラム岩体にみられる長時間（>9000万年）のグラニュライト相変成作用
Long-lived (>90 Myr) granulite-facies metamorphism in the Trivandrum Block, southern India.

*門脇 ひかる[1]、角替 敏昭[2]、Santosh M.[3]、Shaji E.[4]、高村 悠介[5]、堤 之恭[6]
*Hikaru Kadowaki[1], Toshiaki Tsunogae[2], Santosh M.[3], Shaji E.[4], Yusuke Takamura[5], Yukiyasu Tsutsumi[6]

1. 筑波大学生命環境科学研究科地球科学専攻、2. 筑波大学生命環境系、3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing、4. Department of Geology, University of Kerala、5. 筑波大学生命環境科学研究科地球進化科学専攻、6. 国立科学博物館地学研究部
1. College of Geoscience, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing, 4. Department of Geology, University of Kerala, 5. Doctoral Program in Earth Evolution Sciences, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 6. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

南インドグラニュライト地塊は太古代～新原生代の様々な微小大陸や火山弧が、後期新原生代～カンブリア紀のゴンドワナ超大陸形成に伴う複雑な沈み込み一付加一衝突による高度変成作用を受けたことにより形成された。トリバンドラム岩体はインドの南端に位置し、主要な構成岩相は変堆積岩と正片麻岩である。このような高度変成岩体の変成温度一圧力一時間経路を求めることはゴンドワナ大陸衝突における変成過程を明らかにする上で重要である。トリバンドラム岩体の温度一圧力経路に関する先行研究は多く、現在も議論が続いている。Morimoto et al. (2004)やTadokoro et al. (2008)などはピーク変成条件が950 ˚Cを超え、12 kbarに達するとし、超高温変成作用を示唆した。一方でNandakumar and Harley (2000)やPattison et al. (2003)などは800-900 ˚C、4.5-6.0 kbarと、低い温度圧力条件を示している。先行研究で報告されているトリバンドラム岩体のピーク変成年代にも約600-510 Maと幅がある (Santosh et al., 2005, Harley and Nandakumar, 2014, Blereau et al., 2016など)。以上のことから、トリバンドラム岩体が温度圧力幅のある１回の変成作用を経たのか800-900 ˚Cと950 ˚C以上の２回の独立した変成作用を経たのかは議論の余地がある。そこで、本研究ではトリバンドラム岩体西部から採集したコンダライト、チャノッカイト、およびチャノッカイトの脱色帯の岩石学的記載、鉱物化学組成分析、変成温度圧力条件の計算、年代分析のデータを基に、当該地域の温度一圧力一時間経路を決定することで、高度変成作用の期間とメカニズムを解明することを目的とした。

トリバンドラム岩体西部のElavinmoodu採石場から採集したコンダライトを用いた鉱物平衡モデリングの結果から、超高温変成作用を示す920-1030 ˚C、6.0-7.6 kbarのピーク変成条件が得られた。累進・後退変成作用の温度圧力条件はそれぞれ˜750 ˚C/˜7 kbar、 ˜750 ˚C/˜4 kbarと決定され、地温勾配に沿って徐冷した時計回りの温度圧力経路が得られた。コンダライト中のパッチ状チャノッカイトや塊状チャノッカイト中の亀裂に沿った脱色部が見られるKakkod採石場から採集したコンダライトからも、調和的な温度圧力条件が得られた。チャノッカイトと脱色部の鉱物平衡モデリングでは820-950 ˚C/ 5-10 kbar、800-1000 ˚C/˜6 kbarの変成温度圧力条件が得られた。これはチャノッカイトの脱色が高度変成作用中に起こったことを示唆し、変成作用のピーク周辺で流体が浸透した可能性を示す。

Elavinmoodu採石場から採集したコンダライト中のジルコンとモナザイトを用いたU-Pb年代分析から、累進・ピーク・後退変成作用はそれぞれ約582±17 Ma、555.1±8.1 Ma、527.3±8.0～501.9±8.5 Maに、含水流体の浸透によるザクロ石の分解・黒雲母の形成は約489±12 Maに起きたと求まった。以上のことは地殻やマグマが熱源となり、高度変成作用が少なくとも582 Maから489 Ma の9000万年以上という非常に長い期間

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

続いたことを示す。

本研究結果は時計回りの一回の長期間の変成作用が起きたことを示す。この9000万年という変成期間はスリランカのワンニ岩体の変堆積岩から報告されているものとほぼ調和的であるが(>50 Myr; Hirayama et al., 2018)、スリランカのハイランド岩体からの報告(~180 Myr; He et al., 2018)よりも短い。Dharmapriya et al. (2016)やTakamura et al. (2018)などによる先行研究ではトリバンドラム岩体はハイランド岩体に延長することが示されているが、ゴンドワナ超大陸形成の過程でハイランド岩体の変成がトリバンドラム岩体の変成に先立って起きていた可能性が考えられる。

キーワード：トリバンドラム岩体、温度ー圧力ー時間経路、超高温変成作用、鉱物平衡モデリング、U-Pb年代分析
Keywords: Trivandrum Block, P–T–t evolution, Ultrahigh-temperature metamorphism, Phase equilibria modeling, U–Pb geochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

*Das Kaushik[1]、Tomioka Naotaka[2]、Ganguly Proloy[3]、Ando Jun-ichi[1]、Ghosh Gautam[3]、Bose Sankar[3]
*Kaushik Das[1], Naotaka Tomioka[2], Proloy Ganguly[3], Jun-ichi Ando[1], Gautam Ghosh[3], Sankar Bose[3]

1. Hiroshima University、2. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC、3. Presidency University, India
1. Hiroshima University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 3. Presidency University, India

A considerable amount of information regarding the growth and evolution of old continents are preserved at the boundaries between the orogenic belts and pre-existing cratonic blocks. These are the areas of intense and repeated deformation, metamorphism and activities of crustal fluids. Apart from the precise estimation of the pressure-temperature-fluid evolution through time, one of the major existing challenges is to understand the deformation mechanisms operated in the deep to shallow crustal depths for such geologically complex areas. The Phulbani domain in the north-western part of the Eastern Ghats Granulite Belt, India (EGB) provides a good opportunity as it is juxtaposed in its north and west by the Archean Singbhum Craton and Bastar Craton, respectively. Recent petrological and geochronological works of our group on the metapelitic granulite-charnockite-granitic gneiss of this domain reveal the pressure-temperature-fluid evolution with time. Though this domain is differentiated from the Visakhapatnam domain situated further south-southwest, the overall evolutionary history is observed to be very similar in style and time of occurrence. The Si-poor aluminous granulites preserve exotic reaction textures implying prograde heating-dominated path culminating at UHT condition (~1000 ˚C at 8 Kbar) followed by a retrograde cooling-decompression path, both in presence of CO_2-rich fluids. The age of metamorphism and associated magmatism ranges between ca. 1000 Ma and 900 Ma, similar to that of the Visakhapatnam domain.

The Phulbani domain, however, is bound on its north by a pronounced east-west shear zone, known as the Ranipathar shear zone. This deep crustal shearing affected the pelitic granulite and granitic gneiss. The mylonitic garnet-bearing granite gneiss preserves east-west foliation-parallel ultramylonite layers. Moreover, broadly east-west and north-south oriented black veins occur in these rocks. Thick (cm-scale) to thin (mm-scale) veins have mesoscopic characters of a pseudotachylite, e.g. injection veins. The microscopic observations on the foliation-parallel veins reveal that the vesicular groundmass of the veins is composed of micron-scale quartz-feldspar-biotite with clasts of garnet, at places. These veins, in certain cases, contain mm-scale clasts of the host granite mylonite gneiss.

キーワード：Garnet dislocation microstructures、Cataclastic flow、Seismic slip、Orogen-boundary shear zone
Keywords: Garnet dislocation microstructures, Cataclastic flow, Seismic slip, Orogen-boundary shear zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

領家帯三河地域および讃岐東部地域のミグマタイトのU-Pbジルコン年代
U-Pb zircon ages of migmatitic rocks from the Ryoke belt in the Mikawa and eastern Sanuki areas

*葛立 恵一[1]、河上 哲生[1]、Etienne Skrzypek[1]、坂田 周平[2]、平田 岳史[3]
*Keiichi Kazuratachi[1], Tetsuo Kawakami[1], Etienne Skrzypek[1], Shuhei Sakata[2], Takafumi Hirata[3]

1. 京都大学、2. 学習院大学、3. 東京大学
1. Kyoto University, 2. Gakushuin University, 3. The University of Tokyo

高温低圧型の領家変成帯に産するミグマタイトの岩石学・年代学の融合的研究を行うことで、後期白亜紀イグニンブライト・フレアアップ時の、大陸地殻中部の部分溶融継続時間を見積もることができる。本研究では、領家帯に産するミグマタイト中の変成ジルコンの形成年代を変成作用のステージと結びつけて解釈することを目的とし、三河地域および讃岐東部地域の試料についてLA-ICP-MSによるU-Pb年代測定を行った。

領家帯三河地域においては、すでにTakatsuka et al. (2018a) が層状優白質部中のジルコンのU-Pb年代測定を行っている。同部分から得られた変成リムのU-Pb年代は~103 Maから~83 Maにかけてコンコーディア上に連続的に分布する。変成リムはCL像上での不連続なゾーニングおよび年代値や化学組成の違いから2段階に分けることができ、内側のリムは97.0±4.4 Maの昇温変成期、外側のリムは88.5±2.5 Maの降温変成期初期 (部分溶融メルトの固結時期) に形成されたと解釈された (Takatsuka et al., 2018a)。しかしこれらの変成リム年代値は、周囲のミグマタイト中のリューコゾームに比して顕著に厚い優白質部 (~20 cm) を用いて求められたもので、典型的なミグマタイト試料中のジルコンを測定したわけではなく、また試料数が1つで分析点数が少ないという問題点があった。

そこで本研究では、領家帯三河地域に産するミグマタイト4試料中のジルコン粒子に対し、U-Pbジルコン年代測定を行った。ミグマタイトの主要鉱物組合せは石英＋斜長石＋カリ長石＋黒雲母±菫青石＋珪線石±ざくろ石である。ジルコンには変成リムが発達し、珪線石および白雲母が包有されていた。年代測定の結果、~98 Maから~81 Maにかけてコンコーディア上に連続的に分布するU-Pb年代を得た。年代値に加えジルコン中の珪線石包有物の有無やジルコンのTh/U比・U濃度を考慮することで、以下の3つの変成ステージを認識できた。(1) 広域変成作用時の部分溶融メルト中でのリムの成長 (91.4±0.8 Ma; MSWD=1.4, Th/U＜0.08, n=29)、(2) 変成ピーク後の珪線石脈形成に伴うUに富むジルコン粒子の成長 (87.1±1.7 Ma; MSWD=2.1, Th/U=~0.002-0.01, n=3)、(3) (1) の外側に発達する~81 Ma (80.9±2.9 Maおよび81.5±7.3 Ma; Th/U<0.03) の変成リムの成長。(3) については、得られた分析点数が少ないながら、試料採取地点が81-75 Ma花崗岩類 (Takatsuka et al., 2018b) から約1.7 kmと近く、U-Pbジルコン年代も81-75 Ma花崗岩類に近いことから、同花崗岩類の貫入に伴う接触変成作用時に形成されたリムの可能性がある。

また、従来U-Pbジルコン年代値の報告がない讃岐東部地域 (沓掛ら, 1979) においても、2試料の変成ジルコンのU-Pb年代を決定した。1試料目は、讃岐東部に産する花崗岩類に囲まれた800m程度の変成岩岩体中の泥質片麻岩で、主要鉱物組み合わせは石英＋斜長石＋カリ長石＋黒雲母＋ざくろ石である。ジルコンには変成リム (Th/U=~0.02-0.18) が発達し、U-Pbジルコン年代は93.4±0.7 Ma (MSWD=0.85, n=27) を示した。2試料目は、同じく花崗岩に囲まれて約4 km幅で露出する変成岩岩体から得た泥質片麻岩で、片麻状構造は周囲の片麻状花崗岩類と調和的である。主要鉱物組み合わせは石英＋斜長石＋カリ長石＋黒雲母＋珪線石である。ジルコンには珪線石を包有する変成リム (Th/U=~0.05-0.08) が発達し、U-Pbジルコン年代は95.4±2.4 Ma (MSWD=0.47, n=6) を示した。これらは、周囲の~93 Maの片麻状花崗岩類のU-Pbジルコン年代 (Iida et al., 2015) と一致しているため、花崗岩類の貫入による接触変成作用時に、珪線石安定領域下で変成リムが成長した可能性が高い。

キーワード：U-Pbジルコン年代、ミグマタイト、高温変成作用

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: U-Pb zircon dating, migmatite, high-temperature metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日高変成帯野塚岳地域における構造地質学的研究 -島弧・島弧接合による新生代大陸地殻の成長・形成過程とそのメカニズム-
Structural geology of Hidaka metamorphic belt in the Mt.Nozuka area, Hokkaido, Japan -Growth and formation process of the Cenozoic continental crust by island arc/arc join and its mechanism-

*菅野 萌子[1]、豊島 剛志[2]
*Moeko Kanno[1], Tsuyoshi Toyoshima[2]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部地質科学科
1. Graduate school of Science and Technology, Niigata University , 2. Department of Geology,Faculty of Science,Niigata University

北海道日高変成帯は，白亜紀以降に形成された未成熟島弧の地殻衝上断片とみなされ（小松ほか，1982など），中新世の千島弧と東北日本弧の衝突により形成された日高山脈の大部分を構成する深成岩-変成岩複合岩体で，東から西に向かって順次地殻深部相が分布する単一の地殻衝上断面であるとされてきた．しかし，ジルコン年代の導入（Kemp et al 2007）により，従来1つの地殻衝上断片であるとされてきた日高変成帯は19Maと37Maの2回にわたって形成された2つの地殻断片が重なったものであるとされた（志村ほか，2015）．また，日高変成帯の周辺地質体のジルコン年代から，日高変成帯における３ステージの火成活動が予想されている（山崎ほか，2018）．これらにより，従来の日高変成帯の形成テクトニクスでは地殻の形成過程が説明できない状態となったため，日高変成帯の形成テクトニクスの再構築が必要となった．

本研究では日高変成帯の主要な変成岩や深成岩類（Sタイプトーナル岩・Iタイプトーナル岩・閃緑岩など）が分布する野塚岳地域のニオベツ川流域において，各種岩石の相互関係（接触関係，上下関係，時間的前後関係など）・形成史を調べ，日高変成帯形成テクトニクスの再構築に向けた基礎的なまとめを行った．

本地域の岩相のほとんどはNW-SE走向を示し変成帯の伸びの方向と平行であるのに対して，それらの岩相に貫入する閃緑岩（ニオベツ岩体）はN-S走向を示し，そのほかの岩相とは斜交する．閃緑岩周辺ではミグマタイトが形成されており，そのほかの深成岩類中にも変成岩の包有物が確認された．

深成岩類のジルコンU－Pb年代測定の結果，本地域の日高変成帯において約33Ma，約19Maとそれより古いと考えられる約45Maの３つの火成活動が考えられる．測定した深成岩類はいずれもミグマタイトや変成岩の包有物を伴っていることから，3つの火成活動はそれぞれ変成作用を伴っていたことが示唆される．従って，日高変成帯は3ステージの変成作用・深成作用によって形成されたと考えられる．

約19Maの深成岩である閃緑岩の南縁には不均質角閃岩が分布し，部分溶融を伴い激しく褶曲・変形している．変形帯としての不均質角閃岩層が19Ma深成岩・変成岩（ミグマタイト）とそれより古い深成岩・変成岩との境界となっているように見えることから，ニオベツ岩体の貫入が断層に沿って起こった可能性が考えられる．閃緑岩内部の非対称流理構造が正断層センスを示すことから，引張場における貫入が予想される．

日高主衝上断層（HMT）付近の岩相にはマイロナイト化が認められ，右横ずれ～右横ずれ正断層センスを示す．このマイロナイト化は構造解析の結果，3ステージに区分できると考えられる．

今後は変成作用・火成作用・変形作用の関係を明らかにするため，より詳細な変形作用の解析に加え，変成作用や火成作用との関係を明らかにし，日高変成帯の形成テクトニクスの再構築を行う必要がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：構造地質学、日高変成帯、テクトニクス
Keywords: Structural geology, Hidaka Metamorphic belt, Tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

THE PRESSURE-TEMPERATURE PATH AND MINERAL ASSEMBLAGE OF THE KHONICHIIN OVOO AREA, SOUTHEASTERN MONGOLIA.

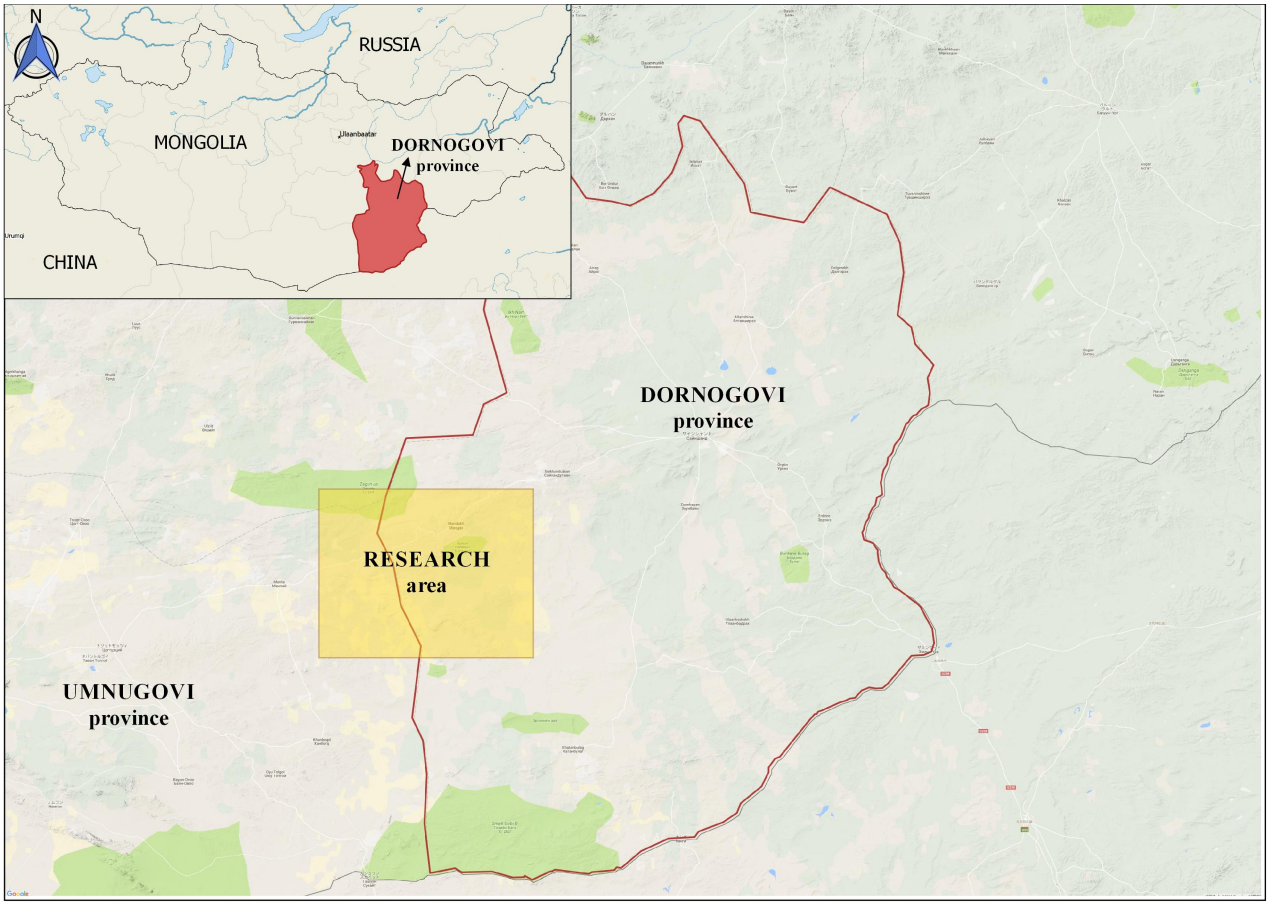
*Undarmaa Batsaikhan[1], Noriyoshi Tsuchiya[1], Masaoki Uno[1], Yukio Isozaki[2], Uyanga Bold[2], OTGONBAYAR DANDAR[1], Hikaru Sawada[2]

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Arts and Sciences the University of Tokyo

The Khonichiin ovoo area is located in the southeastern part of Mongolia of the Central Asian Orogenic belt, which is largest amalgamation history of during Phanerozoic time. The Khonichiin ovoo area mainly consists of the Khutaguul, the Norovzeeg metamorphic complexes that underwent high grade facies metamorphism, with rare igneous rocks. The Khutaguul metamorphic complex is composed of garnet-biotite, amphibolite-biotite, two mica gneiss, amphibolite schist, quartzite, marble, granite-gneiss, granulite and migmatites. The Norovzeeg metamorphic complex is composed of metasedimentary and metavolcanic rocks. P-T condition and mineral assemblage data/information for these metamorphic complexes are extremely limited. This is because international and local researchers had focused on investigations on Paleozoic igneous, volcanic and sedimentary rocks, which are somehow related to the porphyry copper deposits (Tsagaan suvarga Cu-Mo, Kharmagtai Cu-Au) in the south of Mongolia in the last two-decade years.
We will show new age dating and P-T conditions of the Khutaguul and the Norovzeeg metamorphic rocks.

Keywords: P-T path, Petrology, Southeastern Mongolia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

九州北西部糸島半島野北地域の接触変成作用の温度圧力条件
Pressure-temperature conditions of contact metamorphism in Nokita area, Itoshima Peninsula, northwest Kyushu

*池田 剛[1]、太田 健斗[2]
*Takeshi Ikeda[1], Kento Ota[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences,Faculty of Scinece, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences,Graduate School of Scinece, Kyushu University

Gneissose granitic rocks are common in high-grade areas of high-temperature low-pressure metamorphic complex. Similarity in age and concordant relation to the surrounding rocks imply that they supplied heat to cause the high-temperature low-pressure metamorphism. Parallelism of internal structures of granitic and metamorphic rocks also suggests that both rocks underwent simultaneous deformation during and after the intrusion of the granitic rocks. The post-metamorphic deformation would rearrange the thermal structure formed at the heat supply.

The Renge metamorphic complex in the Nokita area of Itoshima Peninsula, northwest Kyushu, was intruded by the Kitazaki and Itoshima granodiorites on the north and south at Cretaceous, respectively. The complex was recrystallized by thses intrusions and underwent significant deformation that belongs to flattening after the peak of contact metamorphism (Yamasaki & Ikeda, 2018). This study estimates the pressure-temperature condition preserved in pelitic rocks to evaluate the post-metamorphic deformation.

The pelitic schists in the study area are composed of leucocratic and melanocratic layers depending on the modal amount of biotite. The common constituent minerals are quartz, plagioclase, biotite. Garnet, muscovite, and K-feldspar locally occur. In addition, chlorite is present as veins and schistosity-forming mineral, which is interpreted as retrograde products.

Four pelitic schists were employed to estimate the metamorphic conditions. Garnet shows euhedral shape and so-called normal zoning where Mg increases and Fe and Mn decreases towards the rim. The composition of rim ranges such that Xalm=0.72-0.80, Xprp=0.09-0.12, Xsps=0.06-0.16, and Xgrs=0.04-0.06. On the other hand, that of core varies Xalm=0.50-0.66, Xprp=0.03-0.05, Xsps=0.24-0.40, and Xgrs=0.04-0.10. The Mg/Fe of rim and core ranges 0.13-0.15 and 0.06-0.08, respectively. Biotite also shows significant variation in composition, i.e., Ti of 0.15 - 0.46 based on 22 oxygen, and Mg/Fe of 0.44 - 0.76. The Ti content of biotite near chlorite is low as compared with that far from chlorite. Plagioclase is chemically homogeneous in one sample. The anorthite content shows southward increase from 0.23 to 0.42.

We chose the composition equilibrated at peak of the metamorphism such as the highest Mg/Fe in the rim of garnet, highest Ti in biotite and highest anorthite content in plagioclase. Geothermobarometry using garnet-biotite geothermometer (Ferry & Spear 1978) and a garnet-biotite-plagioclase-quartz geobarometer (Hoisch 1990) provide the metamorphic conditions of 590 °C, 1.4 kbar, 650 °C, 3.5 kbar, 770 °C, 4.2 kbar, and 650 °C, 2.8 kbar from south to north ,which corresponds to 5.3-16 km depth. The pressure and temperature vary by 2.8 kbar and 180 °C, respectively, within ca. 300 m distance. The lithostatic pressure relevant to 300 m thickness cannot explain the pressure difference of 2.8 kbar. The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

present result also supports the significant thinning deformation after the contact metamorphism.

キーワード：接触変成作用、変成後の変形、地質温度圧力計
Keywords: Contact metamorphism, Post-metamorphic deformation, Geothermobarometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天草下島に分布する長崎変成岩類の片麻岩に見られる部分溶融の証拠
Evidence of Partial Melting of Migmatitic Felsic Gneiss from Nagasaki Metamorphic Complex in Amakusa-Shimoshima, western Kyushu, Japan

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]、宮崎 一博[3]
*Yuki Mori[1], Takeshi Ikeda[2], Kazuhiro Miyazaki[3]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The Nagasaki Metamorphic Complex in Amakusa-Shimoshima is divided into the lower and upper units. The former and the latter are composed mainly of pelitic schists and gneisses with mafic and felsic composition, respectively. The upper unit is considered to have located at lower crust that was shortened due to ductile flow toward trench side (Miyazaki et al., 2013). The unit belongs to the high-pressure granulite facies and represents migmatitic mode of occurrence, which implies potential presence of melt that enhanced the ductile deformation. This study reports microstructural features indicative of partial melting in a felsic migmatitic gneiss.

The migmatitic felsic gneiss dealt with this study represents U-Pb zircon age of 125.8±1.8 Ma (Mori et al., 2018 JpGU). It is composed mainly of garnet, quartz, muscovite, zoisite and aggregate of fine-grained zoisite + albite + muscovite that is former plagioclase. Minor amounts of graphite, zircon, apatite, rutile, chlorite, and iron sulfide also occur. Tiny grains of hornblende are included in the rim of garnet. The matrix zoisite commonly includes epidote in the core. The epidote contains significant amounts of rare earth elements (REE) and is composed of Y-poor core and Y-rich rim. The garnet grains are roughly divided into two types of coarse- and fine-grained. The X_{Mg} [=Mg/(Mg+Fe)] of the coarse-grained garnet increases from the core to the rim and decreases at the extreme periphery, while that of the fine-grained garnet monotonically decreases from the core to the rim. The coarse-grained garnet represents Y-rich and P-poor core and Y-poor and P-rich rim whereas Y-poor and P-rich domain is dominant in the fine-grained garnet. A polyphase inclusion composed of chlorite + muscovite + quartz + $CaCO_3$ is found from the rim of coarse-grained garnet. The inclusion shows polygonal shape and has cuspate offshoots filled with chlorite or muscovite. Apatite is included in the core of the coarse-grained garnet but is not found from the rim. The fine-grained garnet and the rim of the coarse-grained garnet include Y-rich REE-epidote.

We applied Zr-in-rutile geothermometer (Ferry & Watson, 2007), garnet-hornblende geothermometers (Graham & Powell, 1984; Powell, 1985; Ravna, 2000), and hornblende-plagioclase geothermometer (Holland & Blundy, 1994). These results are consistent among them within their errors and represent 720 –770 ˚C as the peak condition. The pressure at the peak condition was estimated utilizing garnet-hornblende-plagioclase-quartz geobarometer of Kohn & Spear (1990), and we obtained the pressure of 9.1 –10.2 kbar.

The estimated condition lies above the melting reaction of zoisite + muscovite + quartz + water = kyanite + melt (cf. Schliestedt & Johannes, 1984). The polygonal shape of the polyphase inclusion in the rim of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

coarse-grained garnet could represent negative crystal of garnet. Combining the constituent minerals of the inclusion, it is likely that the polyphase inclusion was originally melt inclusion.

The concentration of yttrium and phosphorus in the rim of coarse-grained garnet is similar to that in fine-grained garnet. Based on the presence of melt inclusion in the rim of coarse-grained garnet, we consider that fine-grained garnet nucleated during the partial melting with the formation of the rim of coarse-grained garnet. The Y-rich REE-epidote is in the matrix and included in the fine-grained garnet and the rim of the coarse-grained garnet, so we consider that Y-poor garnet and Y-rich REE-epidote coexisted with the melt. The lack of apatite inclusion in P-rich domain of both garnets may indicate that the phosphorus in P-rich domain in garnet was supplied by breakdown of apatite during the melting.

キーワード：部分溶融、メルトインクルージョン、柘榴石、REE緑簾石、アパタイト
Keywords: partial melting, melt inclusion, garnet, REE-epidote, apatite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microstructural Analysis of Quartz grains in Monomineralic and Polyphase domains: A case study from Main Central Thrust (MCT) Zone Mylonites, western Himalaya, India

*Shivaji Saha[1], Toru Takeshita[1], Subhajit Ghosh[2], Hari Bahadur Srivastava[3]

1. Department of Natural History Sciences, Hokkaido University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Department of Geology, Banaras Hindu University

Ongoing collision in the Himalayan orogeny causes crustal deformation owing to the thrust activity. Hence, the movement along the Main Central Thrust (MCT) enhances ductile deformation of the crust widely distributed across the orogenic belt. Therefore, detailed microstructural analysis is necessary to define the shear zone by the degree of strain intensification across the MCT. A study area along Madhmaheswar Ganga valley, Rudraprayag district, Uttarakhand, India, has been chosen. Purpose of this study is to perceive the heterogeneity of the deformational behavior of quartz grains in terms of thickness of quartz layers and other associated phases along with the understanding of fabric development with respect to the MCT. In this research, the lower Greater Himalayan Sequence (L-GHS) of *c.* 1.5 km thickness on the hangingwall side and upper Lesser Himalayan Sequence (U-LHS or Munsiari formation) of *c.* 4 km thickness on the footwall side of the MCT, has been studied.

Microstructural observations are essentially focused on the quartzo-feldspathic gneiss of the Munsiari formation and L-GHS. At lower Munsiari formation, Quartz microstructures are characterized by subgrain rotation recrystallization (SGR). Polygonal quartz grains with triple point junction indicate SGR followed by static grain growth. At upper Munsiari formation, lobate boundaries of quartz grains with sweeping extinction and deformation lamellae indicate high temperature grain boundary migration (GBM) overprinted by late stage low temperature deformation. Quartz grains in the lower GHS rocks are coarser than that of the Munsiari rocks and highly amoeboid in shape. High temperature deformation is evidenced by the presence of elongated sub-grains within these irregular grains.

To carry out further microstructural studies, 14 samples were selected for EBSD analysis. Quartz *c*-axis fabric from ~500-829 μm thick quartz-rich monomineralic layer shows a series of type-*II* crossed girdle fabrics with *Y*-maximum. Here, the quartz *c*-axes are aligned parallel to intermediate finite strain axis *Y*, revealing the intracrystalline deformation by active prism {10 -10} *a* slip system. In contrast, c-axis orientations obtained from thin monomineralic quartz layers (thickness ~72-163 μm) records girdles ranging from small circle girdles to type-*I* crossed girdle fabric with r-maxima. In this case, the rhombohedral plane of quartz is aligned parallel to the foliation plane (*XY*), which indicate basal (0001) *a* slip and rhomb {10 -11} *a* slip system activity. Thus, there is an effect of thickness of monophase layers on fabric development and, perhaps the role of other phases has a strong impact on the fabric development for thin monomineralic layers.

On the other hand, polyphase domains are characterized by the quartz grains totally surrounded by other phases. The size of recrystallized quartz grains within polyphase domain increases from ~64.4 μm in Munsiari to ~109 μm in L-GHS. C-axes orientations are random for the Munsiari samples. Whereas, C-axis fabric with point maxima is observed for the L-GHS samples. However, those fabric patterns are strengthened with increasing modal abundance of quartz.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The strength of the quartz *c*-axis fabric is quantified as a function of eigenvectors (λ_1 = maximum; λ_2 = intermediate; λ_3 = minimum) from *c*-axes orientation distribution. Following, Vollmer (1990), three end member fabric types are determined from these eigenvectors; those are point (*P*), girdle (*G*) and random (*R*). Then, by introducing cylindricity index (*B*) of Vollmer (1990), the variation in fabric strength of quartz LPO is shown as a function of strain localization throughout the Munsiari formation. Progressive increase in fabric intensity for both thin and thick monomineralic quartz layers indicate an increase in strain towards the MCT.

Keywords: Main Central Thrust Zone, Quart c-axis fabric, Strain intensification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tectono-thermal evolution of the Main Central Thrust (MCT) zone rocks of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*), Darjeeling-Sikkim Himalaya

*Subhajit Ghosh[1,2], Santanu Bose[2,3], Nibir Mandal[4], Arijit Laik[2]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032, 2. Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India, 3. Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India, 4. Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India

The rheology of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*) laying above the Main Central Thrust (MCT), is the key boundary condition for all the tectonic models that deals with extrusion of lower crustal material. Therefore, it is important to understand the intricate relationship between the processes of crustal thickening, Barrovian metamorphism and strain localization in the high-grade rocks of the *HCC* that controls the rheology of a deforming wedge. Initially deformation was distributed and a series of repeated folding leads to crustal thickening and pro-grade metamorphism. The similarity between the peak metamorphic and peak deformation temperature, as documented by frozen high-temperature microstructures is indicative of this phase. The '*locked in*' deformation microstructures and syn-kinematic growth of metamorphic index minerals reveal that the MCT related shearing begins at or near the peak metamorphic condition (16-12 Ma), where grain size reduction by dislocation-controlled creep was the most effective mechanism for strain localization. The observed deformation microstructures and the available P-T data shows that the peak deformation and metamorphic condition progressively increases (~500 to >700˚C) towards the mountain interior. It is further evident that the now-exposed *HCC* begun to extrude under dominantly ductile mid-crustal condition at a temperature >700˚C, where the hotter mid-crustal rocks can flow in a viscous manner by melt enhanced depth-dependent ductile flow. Hence, initially the MCT represents a rheological and metamorphic boundary that separates material which can or cannot flow. Then with subsequent exhumation, cooling and strengthening of the *HCC* produced diffuse ductile shear zones along the same rheological boundary, where deformation was distributed for 4-6 km width (~ MCT zone). The base of the high strain zone is marked by base of the compressed reverse paleo-isograds that coincides with the SGR-GMB transition for quartz, leading to steep P-T gradient locally constrained within the MCT zone before it flattened in the migmatite gneisses. At further lowering of temperature (shallower depth), the MCT localized into narrow shear zone under dominantly brittle condition, transporting the entire *HCC* thrust sheets to the foreland.

Keywords: Himalaya, India-Asia collision, Superposed folding, Strain localization , Main Central Thrust Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三波川帯の低変成度領域における温度構造と変形構造，およびテクトニックな意義

Thermal structure and deformation history of the low-grade Sanbagawa belt in the central of Kii Peninsula and tectonic implications

*山岡 健[1,2]、ウォリス サイモン[1]、森 宏[2]
*Ken Yamaoka[1,2], Simon Wallis[1], Hiroshi Mori[2]

1. 東京大学、2. 信州大学
1. University of Tokyo, 2. Shinshu University

The Sanbagawa belt in SW Japan is one of the best-documented regions of relatively warm subduction-type metamorphism and information from such regions are important to clarify our understanding of convergent plate margins. Much of the present knowledge is based on petrological studies in the higher grade parts of this belt. However, most of the Sanbagawa belt belongs to the lowest grade domain, the chlorite zone. The lack of reliable methods to determine the thermal structure in this low-grade zone has meant that information from the majority of the belt has been underrepresented. Development of the Raman carbonaceous material thermometer (RCMT) has opened up possibilities of determining the temperature structure of low-grade metamorphic domains such as the chlorite zone of the Sanbagawa metamorphism. Application of RCMT to pelitic rocks of the central Kii peninsula shows a progressive decrease in T from ~390 ˚C close to the northern boundary marked by the Median Tectonic Line (MTL) to ~270 ˚C ~7 km to the south and roughly constant thereafter. The thermal structure is not significantly affected by fault boundaries between different geological units. Meso and microstructural observations combined with strain analysis based on deformed shapes of detrital grains in metamudstone indicate a similar deformation history throughout the area and no correlation between strain and temperature gradients. These features can be used to asses possible models for the observed temperature rise. On this basis, we suggest the rise in T was not due to return flow of high T material in a subduction channel. We also conclude that the rise in T takes place over too narrow a distance to be explained as part of the expected thermal warping in a warm subduction zone. We find no evidence for heating related to the rise of magma or hot fluids. Shear heating along the MTL does provide a plausible explanation for the observed thermal structure compatible with all observations. One-dimensional thermal modeling shows that to account for the observed thermal structure requires slip rates of several mm/yr and relatively high coefficients of friction (μ=??). A similar result was reported from an area to the east but with a much more limited domain of elevated temperatures, probably due to late-stage thinning related to normal faulting. Our results imply that long-lived major crustal faults such as the MTL are at least locally associated with high stresses and are relatively strong. Evidence for the faults being weak at shallow depth implies there is a rapid decrease in strength over the upper few km of the MTL fault zone.

キーワード：三波川帯、炭質物ラマン温度計、剪断熱
Keywords: Sanbagawa belt, Raman carbonaceous material thermometry, shear heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Antigorite Raman spectrum: a case study in Shiraga region of the central Shikoku, Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan

*安藤 宏太[1]、纐纈 佑衣[1]、道林 克禎[1]
*Kota Ando[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

Serpentinites are important rocks and are associtated with water circulating in the earth's interior. However, it is difficult to estimate their metamorphic conditions because serpentine minerals are stable at wide P-T condition. In this study, we compared Raman spectrum of antigorite in different metamorphic grade samples and determined whether Raman spectrum could constrain metamorphic conditions of serpentinites. Serpentinites in this study have been sampled from Shiraga region of the central Shikoku, the Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan. All samples experienced the metamorphic conditions in which olivine were formed by the dehydration reaction of antigorite with brucite. Some samples show retrograde antigorite formed during exhumation. Raman spectrum were measured from various sizes and textures of antigorite grains. Comparing full width at half maximum (FWHM) of Raman spectrum, we found that the prograde-antigorite had different features from retrograde-antigorite. As a consequence, FWHM of Antigorite Raman spectrum could be used to constrain the timing of antigorite formation.

キーワード：アンチゴライト、蛇紋岩、ラマンスペクトル、三波川変成帯
Keywords: antigorite, Serpentinite, Raman spectrum, Sanbagawa metamorphic belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A fluid inclusion study from the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan

*進士 優朱輝[1]、辻森 樹[1]、川本 竜彦[2]
*Yuzuki Shinji[1], Tatsuki Tsujimori[1], Tatsuhiko Kawamoto[2]

1. 東北大学、2. 静岡大学
1. Tohoku University, 2. Shizuoka University

Primary fluid inclusions trapped in subduction metamorphic rocks can provide direct information concerning composition and origin of slab-derived fluids. In order to investigate fluid signatures at the mantle wedge beneath forearc regions, we conducted microthermometry for primary fluid inclusions in both prograde eclogite-stage omphacite and retrograde blueschist-stage quartz, in the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan. Note that the investigated blueschist-stage quartz forms a microvein along cracks of omphacite. The investigated eclogite occurs as mafic layers or lenses which are intercalated in metasedimentary rocks with the mineral assemblage paragonite + phengite + garnet ±glaucophane + quartz + rutile. Recent study confirmed that the retrograde blueschist-stage reached the pumpellyite stability field of P = ~0.62–0.70 GPa and T = ~280–320°C (Shinji and Tsujimori 2019 doi:10.2465/jmps.180716).

The primary fluid-inclusions in both omphacite and quartz are aqueous two-phase inclusions of liquid and vapor. Their molecular species in a liquid and gas phase were identified using micro-Raman spectroscopy. The fluid inclusions of the eclogite-stage omphacite are characterized by relatively high salinity of ~8.0–8.2 wt% NaCl equivalent and the brine freezing temperatures at ~-70°C suggests presence of divalent ions such as Ca^{2+} and/or Mg^{2+}. In contrast, fluid inclusion in blueschist-stage quartz shows relatively low value of ~2.4 wt% NaCl equivalent. The liquid phase of the fluid inclusion transforms completely into solid phases at ~-38°C, suggesting existence of the limited monovalent ions such as Na^{+} or/and K^{+} in the fluids.

Our preliminary data demonstrates that the pervasive fluids entrapped at prograde eclogite-stage and retrograde blueschist-stage had different chemical compositions. This suggests different fluid sources at eclogite and blueschist depth. Our observation is consistent with the different fluid compositions recorded in zoned lawsonite in Guatemalan eclogite (Hara et al. 2018 doi: 10.1016/j.lithos.2018.09.001). In our study, the existence of higher salinity fluids in the eclogite-facies conditions can suggest more effective transportation of the lithophile elements into the mantle wedge at deeper forearc regions.

キーワード：Slab-derived fluid、Mantle wedge beneath forearc region、Fluid inclusion、Microthermometry、Retrograde eclogite、Retrograde blueschist-stage pumpellyite
Keywords: Slab-derived fluid, Mantle wedge beneath forearc region, Fluid inclusion, Microthermometry, Retrograde eclogite, Retrograde blueschist-stage pumpellyite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of reaction-induced stress and permeability in MgO-H_2O system

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1]
*Hisamu Kasahara[1], Masaoki Uno[1], Atsushi Okamoto[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院 環境科学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Fractures are dominant flow path of fluid transport in the crust, and fluid flow through the fractures is important for the progress of fluid-rock interaction and material transport in the crust. The fractures enhance permeability in rocks, which has significant effects on the efficiency oil mining, geothermal development and Carbon dioxide Capture and Storage (CCS). Thus, the research on the fracture formations and associated permeability developments are increasingly important for geoscience and engineering.

Especially during fluid-rock interactions in the crust, hydration reactions increase solid-volume and generate stress. Recently such reaction-induced stress has been investigated as a new fracture generation process. For example, the fractures associated with reaction-induced stress are observed in serpentinized olivine (Jamtveit and Austrheim, 2010). In addition, the stress exceeding rock strength is reported from thermodynamic prediction (Kelemen and Hirth, 2012) and experimental measurements (e.g., Lambart et al., 2018). However, the existence of non-fractured rocks despite the volumetric expansion reaction (Centerrea et al., 2015) and the discrepancies between the experimental and theoretical values of reaction-induced stress have not yet been clarified. To understand the causes of these phenomena, it is important to constrain the controlling factors and the generation processes of reaction-induced stress. Therefore, we conducted direct measurements of reaction-induced stress and permeability development during hydration reactions, to clarify the relation between the reaction, stress generation, fracturing and permeability developments.

In our previous study, we measured the reaction-induced stress in MgO–H_2O system, and observed stress generation of approximately 40 MPa, exceeding common tensile strength of rocks. It is indicated that temperature dependence exists in stress generation behavior: the higher the temperature, the higher stress are generated and the stronger stress relaxation are observed after a peak stress. We also showed that this behavior can be explained by competition between reaction and deformation strain rate. This result was consistent to a certain extent with the result of $CaSO_4$・$1/2H_2O$–H_2O system reported by Skarbek et al. (2018).

In this report, we aimed to clarify the influence of reaction and deformation rate on stress generation and the permeability development during volumetric expansion reaction. We conducted two experiments, the stress measurement experiments and the permeability experiments. In the former, experiments were conducted using pellets (ϕ=45–55%) of MgO powder as a starting material under conditions of approximately 80 to 120 ˚C and fluid pressure of approximately 0.100 MPa. The developments of reaction-induced stress were measured as a function of temperature. In the same experimental systems, the reaction and deformation rate were determined by measuring the strain and the reaction rate. In the latter, the experiment was conducted using the sintered MgO as a starting material under the conditions of approximately 100 to 300 ˚C, a fluid pressure of 0 to 10 MPa, and a confining pressure of 0 to 50 MPa. The permeability developments were measured under conditions of various temperatures, confining

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

pressures and fluid pressures. From the results, we consider the relation between stress, fracturing and permeability and discuss the modes of rock fracturing and fluid transfer enhancement during hydration reactions in the crust.

キーワード：反応誘起応力
Keywords: Reaction-induced stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

透過菊池回折によるウルトラマイロナイト中のオリビン結晶方位解析：EBSDの微小部への拡張
Crystal orientation analysis of olivine in ultra-mylonite using TKD method: progress in spatial resolution from EBSD

*伊神 洋平[1]、道林 克禎[2]、柿畑 優季[2]、纐纈 佑衣[2]
*Yohei Igami[1], Katsuyoshi Michibayashi[2], Kakihata Yuki[2], Yui Kouketsu[2]

1. 名古屋大学 未来材料・システム研究所、2. 名古屋大学 環境学研究科
1. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

マントルは地球全体の80%以上を占めており、地球内部における物質循環や地球の形成史を理解する上で重要な領域である。そのうち上部マントル層の主要構成物質はかんらん岩であり、オリビン（$[Mg,Fe]_2SiO_4$、かんらん石）粒子の集合体である。オリビンは斜方晶系の結晶で力学的にも異方性を示すため、かんらん岩が剪断的な変形作用を受けた際に含水量や差応力などを反映して様々パターンでの選択配向を示す(Karato et al., 2008)。この配向パターンはかんらん岩の変形場について理解するための重要な指標となる上に、バルクでの地震波異方性推定のためのパラメータにもなるため、マントルの物質科学において大変重要な意味を持つ情報である。

オリビンの配向パターンの解析には現在、ほとんどの場合で走査型電子顕微鏡および電子線後方散乱回折検出器(SEM-EBSD）による方位マッピングが用いられている。EBSDは試料表面から形成される菊池パターンを解析する手法で、現在では自動でのデータ取得・方位決定が可能なハード・ソフトウェアが充実している。そのため様々な地域で採取されたカンラン岩中のオリビン配向パターンのデータが蓄積されてきた。しかし、オリビンの粒径がミクロンオーダー以下となってくると明瞭なEBSDパターン取得が難化することもあって、構造地質学の議論の上ではサブミクロン～ナノ領域の粒子の影響は見過ごされてきたことも多い。

一方、菊池パターンを得る際には、試料を100nm程度の薄膜にすることで、試料内での電子線の広がりが抑えられて空間分解能の向上が可能である(Keller and Geiss, 2011)。これは、透過菊池回折法(TKD)と呼ばれる手法で、EBSDの検出器や自動解析環境をそのまま使うことができるという利点も持つ。そこで本研究では、構造地質学のサブマイクロオーダー粒子の解析への展開を念頭に、TKD法によるウルトラマイロナイト中のオリビン配向解析を試みた。ウルトラマイロナイトは強い剪断応力を受けて、数μmからそれ以下の粒子の多結晶体となったカンラン岩であり、より詳細な変形プロセス理解が望まれている。

試料は、PROTEA5航海での調査で得られたMarionトランスフォーム断層のウルトラマイロナイトを用いた。SEM観察によれば、当試料はオリビンや角閃石の斑晶および細粒粒子のマトリックスで構成され、その他には直方輝石やクロムスピネルも確認される (Kakihata et al., 2018, AGU)。この試料に対し、SEM-EBSDにより方位解析を試みたのち、FIB (HITACHI FB2100)を用いて、オリビン細粒結晶領域を切り出して薄膜化し、TKD解析を行った。EBSDおよびTKDでは同じSEM-EBSDシステム（HITACH, S-3400N + OXFORD Instruments, NordlysNano)を用いた。

実験の結果、ウルトラマイロナイトのTKDデータの取得に成功し、サブミクロンの粒子同士の粒界まで識別エラー無く方位同定された。WフィラメントのSEMを用いたにもかかわらず、同試料の薄片に対するFESEM-EBSDでの解析よりも高い空間分解能を有したデータが得られた。得られたTKDマップデータに対してはEBSD同様の統計解析システムを用い、三宅ら(2016, 鉱物科学会)の提案による設定を行うことで方位マップが得られ、細粒オリビンのb軸が剪断面構造に対して垂直の選択配向を示すことが分かった。また、いびつな形状の粒子の存在や、亜粒界により連なるような粒子の存在も可視化された。本研究で用いたTKD法は、TEM分析ほどの空間分解能には至らないものの、薄膜試料全体の方位解析における労力はとても小さく、TEM分析の事前準備としての活用は効果的である。今後、TKD法の活用により、これまで分析が困難であったカンラン岩中の細粒粒子の力学的影響の研究が促進されると考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：電子線後方散乱回折法、透過菊池回折法、結晶選択配向、ウルトラマイロナイト、かんらん岩
Keywords: EBSD, TKD, crystal preferred orientation, ultra-mylonite, peridotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Elucidation of effective diffusion coefficient along grain boundaries by hydrothermal experiment using low porosity rocks

*杉沢 直樹[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1]
*Naoki Sugisawa[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院　環境科学研究科　先進社会環境学専攻
1. Graduate school of environmental studies Tohoku university

Elucidation of the time scale of the fluid activity recorded in the rock is important for understanding the actual condition of fluid activity in the crust. In recent years, it has become possible to estimate time-scale of fluid activity in the crust from isotopes and element concentration profile of natural metamorphic rocks. (e.g.John et al.,2012) To estimate the time-scale, the effective diffusion coefficient (Deff) is important as an indicator of diffusion via grain boundary fluid. It is known that the effective diffusion coefficient depends on the porosity (Φ) of rock and time due to grain boundary diffusion. (e.g.Boving and Grathwohl, 2001) The effective diffusion coefficient is conventionally substituted by the product of self-diffusion coefficient (D_{self}) and porosity ($D_{self}\Phi^x$). However, the effective diffusion coefficient varies depending on the power factor (x) of the porosity, and the estimated timescales depend significantly on the power factor (x). Therefore, we clarified the relationship between porosity vs effective diffusion coefficient and confining pressure vs effective diffusion coefficient using hydrothermal experiment under crustal condition with various low porosity granite. In this paper, we mention the following two experiments as the first step : (1) Fluorapatite (F-Ap) substitution reaction (2) Determination of effective diffusion coefficient using low porosity hydroxyapatite sintered body (OH-Ap).

In this study, natural F-Ap from Mexico and OH-Ap (Wako Pure Chemical corporation) were used as starting materials. In experiment (1), first, natural F-Ap was cut in the c-axis direction. And it was put in the gold tube with 0.0006-6 M HCl or 0.01-1 M NaOH two types solution. After that gold tube was putted in the batch type hydrothermal equipment and conducted hydrothermal experiment under 400 ℃, 50 MPa for168 hour. In experiment (2), OH-Ap powder was pressed under 200 MPa for 30 minutes and then the porosity was varied by sintering at deference temperature from 1500 ℃ to 1200 ℃. After cooling, the porosity was measured by the wet method. NaF solution saturated at room temperature and OH-Ap sintered body was added to the same apparatus as above and a hydrothermal experiment was conducted at 300 ℃ and 20 MPa for 168 hours. After the experiment (1) and (2), the samples were evaluated by quantitative analysis and mapping analysis with EPMA in both cases. Before the experiment, phase diagram of apatite under experimental temperature and pressure was prepared using SUPCRT92, GEMS to expect these reactions.

As a result of the hydrothermal experiment, in the experiment (1), it is suggested that the OH in F-Ap is substituted with Cl under HCl solution and the NaOH substitutes OH for F. In experiment (2), F diffusion zoning was generated along the clacks in the sintered OH-Ap, and an effective diffusion coefficient was calculated using diffusion equation. There was no apparent porosity dependency of the effective diffusion coefficient at porosities 1.68-5.83%. The effective diffusion coefficient obtained in this experiment was equivalent to the self-diffusion coefficient of fluorine multiplied by the porosity 2.26 power. ($D_{eff} = D_{self}\Phi^x$) (e.g. Oelkers and Helgeson, 1988) However, the porosity measured by the wet method needs to be investigated because it contains the cracks generated in making the sintered body. (e.g. mercury porosimeter)

Based on the above experimental results, it is discussed that the influence of temperature, pressure, solution condition, on substitution of monovalent halogen and hydroxyl group between apatite and fluid and relationship between porosity and effective diffusion coefficients.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References
John et al. Nature Geosience, Vol.5, July 2012, Pages 489-492 Boving and Grathwohl Journal of Contaminant Hydrology, Vol.53, 8 May 2001, Pages 85-100 Oelkers and Helgeson, Geochemica et Cosmochimica Acta, Vol.52, October 1988, 63-85

キーワード：有効拡散係数、空隙率、地殻内流体
Keywords: effective diffusion coefficient, porosity, Crustal fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層がウジ帯により記録される繰り返し地震すべり：野島断層ボーリングコアからの証拠

Seismic slipping events recorded in a fault gouge zone: evidence from the Nojima Fault drill holes, SW Japan

*林 愛明[1]、西脇 隆文[1]
*Aiming Lin[1], Takafumi Nishiwaki[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

It is well known that large intra-continental earthquakes occur repeatedly along mature active faults and that the seismic slip may be recorded by cataclastic rocks, including fault gouge zones, that form at shallow depths in the upper crust (e.g., Lin, 2008). A fault gouge zone, bounded by a principal fault plane, is considered to represent the seismic slip zone that accommodates most of the accumulated fault displacement in the seismogenic regime. Therefore, studies of fault gouge zones along mature active faults would provide important information for reconstructing the long-term seismic faulting behavior of such faults, as well as providing new insights into the individual seismic slipping processes of active faults and their paleoseismic histories.

In the present study, we focused on the structural features of the fault gouge zone observed in drill cores acquired from nine holes that were drilled through the Nojima Fault (NF) at different depths from ~260 to 900 m at the Ogura site (Lin and Nishiwaki, 2019). Drilling investigations and structural analyses of drill cores reveal that a ~60 m wide fault damage zone containing a 10–30 cm thick fault gouge zone developed along the Nojima Fault (NF), on which the 1995 M_w 6.9 Kobe (Japan) earthquake occurred. The fault gouge zone was observed at depths of ~260 to 900 m in nine drill holes that intersected the NF. Our findings show that i) the fault gouge zone observed at different depths in the nine drill cores is the principal fault slip zone of the NF, ii) the fault gouge zone can be divided into 11–20 thin layers of different color, and iii) the individually colored layers contain different color breccias of fault gouge that are offset and/or cut by cracks and crack-filled calcite and quartz veinlets. Our results reveal that the fault gouge zone probably records more than 11–20 paleoseismic faulting events along the NF during the late Pleistocene-Holocene.

References:

1) Lin, A., 2008. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes. Springer, Berlin, 348p (ISBN 978-3-540-74235-7).
2) Lin, A., Nishiwaki, T., 2019. Repeated seismic slipping events recorded in a fault gouge zone: evidence from the Nojima Fault drill holes, SW Japan. Geophys. Res. Lett., doi: 10.1029/2019GL081927.

キーワード：断層ガウジ、野島断層、地震すべり
Keywords: Fault gouge zone, Nojima Fault, Seismic slipping event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolution of fluid chemistry during basalt-water and basalt-seawater interactions revealed by hydrothermal flow-through experiments

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1]
*Yusuke Netsu[1], Atsushi Okamoto[1], Nobuo Hirano[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学　環境科学研究科
1. Tohoku University, Graduate School of Environment Studies

Recently, several deep drilling projects for exploiting the supercritical geothermal reservoirs in the world. For example, in 2017, the Island Deep Drilling Project (IDDP-2) reached 427 ˚C and 34 MPa, which exceeds the critical point of seawater. The drillcores revealed that the intense water-rock interaction under greenschist to amphibolite facies metamorphism. Although such deep drilling provides us direct information of active metamorphic processes. however, it is still unclear whether conventional petrological analyses could apply to reaction processes in open systems at high temperature hydrothermal alteration at seafloor. There have been few experiment studies on the water-rock interaction under supercritical conditions with some exceptions (Yardley et al. 2014).

In this study, we conducted hydrothermal flow-through experiments on the basalt-H_2O, basalt-NaCl.aq, basalt-seawater systems under the sub or supercritical conditions. The temperature and pressure were set to be 400 ˚C and 37 - 39 MPa, and the input solutions was flowed at constant flow rate (0.1 ml/min) for 1 –6 days. We placed a powder of MORB (Island, 250-500 μm), which is composed of plagioclase (Pl), olivine (Ol) phenocrysts and clinopyroxnene (Cpx), Pl groundmass, with lessor amount of volcanic glass, in a Ti inner tube (L=275 mm, I.D.= 4.35 mm). During the run, the solution was continuously pumped into the reaction vessel, and the output solution was collected every few hours. The concentration of Si, Al, Ti, Fe, Mg, Ca, Na, and K in the output solution was analyzed by ICP-AES.

In the basalt-H_2O experiment, the products varied with distance from the inlet. At the inlet and middle of tube, Ca-rich Pl (An# 0.98) formed around primary Pl grain with producing abundant pores, whereas chlorite was dominantly formed around Ol and Pl at the middle to outlet of inner tube. The solution chemistry evolves with time: Si concentration was initially high and then decreases toward the steady state. pH, Na and Al increases with decreasing Si, whereas the Ca, Mg and Fe concentrations were low. These features indicate the dissolution of volcanic glass at the initial stage, and then the solution chemistry was controlled by preferential leaching of albite component of plagioclase.

In the basalt-saline water (2.5 wt% of NaCl) experiment, we observed pH rises accompanying the decrease Si concentration, indicating the leaching of Si and dissolution of Pl similar to the basalt- H_2O experiment. One of the large differences between the two experiments was the extremely high Na concentration of saline water, resulting in the leaching of Ca (Ca concentration of the output solution was 40 to 80 times that of H_2O experiment), or breakdown of Ca-bearing minerals. In the basalt reaction with artificial seawater, which contains a lot of Mg^{2+}, SO_4^{2-}, CO_3^{2-} ions, revealed that the significant amount of precipitation of sulfate minerals occurred in the pre-heating parts of the vessel (before pass through the fluid reached the basalt sand), and that chlorite was formed throughout the reaction tube, which clogged the reaction vessel in a day. In contrast to the H_2O and saline water experiments, pH decreased to 3. In spite that we conducted the experiments with the same rock sample (basalt sand) and the same P-T conditions, the products and solubitions after the water-rock interaction were quite different in response to the input solutions, probably because the open system, in which new fluids are continuously supplied,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

is never rock-buffered. We will analyse the complicated reaction systems which control te evolution of solutions and minerals, based on the analyses of speciation of aqueous species, saturation of minerals and variation of replacement textures of minerals.

Reference
Yardley, B. W., Harlov, D. E., & Heinrich, W. (2010). Rates of retrograde metamorphism and their implications for crustal rheology. Geofluids, 10(1-2), 234-240.

キーワード：岩石-水相互作用、流通式実験、超臨界条件、玄武岩-水系、ザクロ石の生成
Keywords: Fluid-rock interaction, Flow through experiment, Supercritical condition, Basalt-seawater system, Garnet synthesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3D microstructural analyses of fault rocks using CT and μCT scanning techniques

*Bingcheng Liu[1], Aiming Lin[1], Takafumi Nishiwaki[1]

1. Kyoto University

Meso- and microstructures of fault rocks including fault gouge developed in the active fault shear zone can reflect the deformation processes of fault motion and faulting mechanisms (Lin, 2008). Therefore, the study on structural features of fault rocks may provide new insights for understanding the nature of active faults. However, it is difficult to understand the spatial variation of microstructures of fault core zone based on traditional methods using two dimensional images under naked-eye and microscopic observations. Accordingly, it is necessary to develop an analytical method for three dimension (3D) analysis for understanding the spatial variation and internal structures of fault core zone. Computed tomography (CT) apparatus with micro-CT (μCT) accessories is a powerful tool which allows non-destructive 3D X-ray imaging and analyzing the spatial and internal structures within non-transparent objects, mainly determined by variations in density, chemical composition (effective atomic number) as well as thickness (Cnudde, 2005).

In this study, the CT and μCT imaging techniques are exploited to observe the 3D internal structures of a series of representative fault rocks: 1) pseudotachylytes of different origins (melting and crushing), and 2) cataclasitic rocks including fault gouge, fault breccia and cataclasite, by utilizing two types of scanning apparatuses (Bruker microCT, 2014): 1) μCT flat panel (FP), and 2) μCT charge coupled device (CCD). The samples of pseudotachylyte are from Fuyun, NW China (Lin, 1994), Ohsumi, Japan (Fabbri et al., 2000), and Musgrave Mt, Australia (Lin et al., 2005), respectively. The samples of fault gouge were acquired from two typical active fault zones in Japan: The Nojima Fault and Arima-Takatsuki Tectonic Line, SW Japan (Lin and Nishiwaki, 2019). The FP analysis shows that 1) the flow structures within the melting-origin pseudotachylytes are denoted by parallel colored glassy matrix layers with numerous rounded quartz clasts and quartz-filled amygdules which are oriented along the flow layers, and 2) chilled margins are characterized by fine-grained microlites orientated parallel to the margins. The 3D scanning images show that the layering structures developed within the fault gouge and fault breccia zones which are marked by sharp colored boundaries, oriented clasts and fine-grained matrixes. Our results demonstrate that 1) the CCD imaging makes it possible to observe sub-micron and even nano-scale 3D microsturctures fault rocks without destruction, and 2) μCT imaging can be further combined with traditional methods (such as optical microscope and SEM observation) to determine the spatial variations for both the meso- and microstructures and chemical compositions of fault rocks.

References:

1). Lin, A., 2008. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes. Springer, Berlin, 348p (ISBN 978-3-540-74235-7).

2). Veerle Cnudde, 2005. Exploring the potential of X-ray tomography as a new non-destructive research tool in conservation studies of natural building stones. Diss. Ghent University.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3). Bruker microCT. SkyScan 2211 User Manual, 2014.

4). Lin, A., 1994. Jour. Struct. Geol., 16, 71-83.

5). Fabbri, O., Lin, A., Totsushige, H., 2000. Jour. Struct. Geol., 22, 1015-1026.

6). Lin et al., 2005. Tectonophysics, 402, 21-35.

7). Lin, A., Nishiwaki,T., 2019. Geophy. Res. Lett., 46, DOI: 10.1029/2019GL081927.

Keywords: computed tomography, fault rocks, microstructure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dissolution kinetics of forsterite olivine at >200 ˚C: implication for the kinetics of serpentinization.

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1]
*Ryosuke Oyanagi[1], Tatsu Kuwatani[1], Katsuhiko Suzuki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Serpentinization (hydration of mantle peridotite) gives significant changes to both chemical and physical properties of the oceanic lithosphere. Several studies suggested that the rate of serpentinization is maximized at 250-300˚C, and the rate-limiting process of serpentinization is the dissolution of primary mineral (e.g., Malvoisin et al., 2012). Therefore, the dissolution rate of olivine at 250-300˚C is consequently a critical parameter to understand the progress of serpentinization in the oceanic lithosphere. However, the olivine dissolution rates at > 150˚C have never been measured (Rimstidt et al. 2012), and the olivine dissolution rate extrapolatory calculated at 300˚C was inconsistent with the olivine serpentinization kinetics (Malvoisin et al., 2012). Towards the improved understanding of serpentinization kinetics, measuring dissolution rates of olivine as a function of solution composition and the temperature is required.

In this study, the dissolution rate of natural olivine ($(Mg_{0.91}, Fe_{0.09})_2SiO_4$) was measured at 200-400 ˚C and 50 MPa using a flow-through reactor (Suzuki et al., 2015). A 0.5 mol/kg NaCl solution was introduced at a constant rate of 2.0 mL/min during experiments. A preliminary experiment revealed that steady-state dissolution rate of olivine at 200 ˚C and far-from-equilibrium conditions was ca. -4.8 [mol/m^2/s] in log units. The obtained dissolution rate was consistent with the extrapolated dissolution rate (log_{10}(Rate) = ca. -4.72 [mol/m^2/s]), which was extrapolated from their pH-temperature dependence at 25-150 ˚C (Rimstidt et al., 2012). Based on dependences of temperature, salinity, and ΔG on dissolution rate, the timescales on hydrothermal alteration of peridotite will be discussed.

References

Malvoisin B, Brunet F, Carlut J, et al (2012) Serpentinization of oceanic peridotites: 2. Kinetics and processes of San Carlos olivine hydrothermal alteration. J Geophys Res Solid Earth 117:1–13. doi: 10.1029/2011JB008842

Rimstidt JD, Brantley SL, Olsen AA (2012) Systematic review of forsterite dissolution rate data. Geochim Cosmochim Acta 99:159–178. doi: 10.1016/j.gca.2012.09.019

Suzuki K, Kato S, Shibuya T, et al (2015) Development of Hydrothermal and Frictional Experimental Systems to Simulate Sub-seafloor Water–Rock–Microbe Interactions. In: Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems. Springer Japan, Tokyo, pp 71–85

キーワード：蛇紋岩、反応速度、かんらん石、溶解速度
Keywords: Serpentine, Reaction rate, Olivine, Dissolution rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

[SMP32-P01] Pressure-temperature estimates of the Lützow-Holm Complex utilizing distributions of trace elements and inclusions in garnet porphyroblasts in pelitic gneisses

*鈴木 康太[1]、河上 哲生[1]、伊神 洋平[2] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 地質学鉱物学教室 地球物質科学講座 岩石学グループ、2.名古屋大学未来材料・システム研究所)

[SMP32-P02] 東南極, リュツォ・ホルム岩体の明るい岬における泥質片麻岩の微細組織と温度圧力条件

*淀屋 勇斗[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP32-P03] 南インド・トリバンドラム岩体にみられる長時間（>9000万年）のグラニュライト相変成作用

*門脇 ひかる[1]、角替 敏昭[2]、Santosh M.[3]、Shaji E.[4]、高村 悠介[5]、堤 之恭[6] (1.筑波大学生命環境科学研究科地球科学専攻、2.筑波大学生命環境系、3.School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing、4.Department of Geology, University of Kerala、5.筑波大学生命環境科学研究科地球進化科学専攻、6.国立科学博物館地学研究部)

[SMP32-P04] Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

*Das Kaushik[1]、Tomioka Naotaka[2]、Ganguly Proloy[3]、Ando Jun-ichi[1]、Ghosh Gautam[3]、Bose Sankar[3] (1.Hiroshima University、2.Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC、3.Presidency University, India)

[SMP32-P05] 領家帯三河地域および讃岐東部地域のミグマタイトのU-Pbジルコン年代

*葛立 恵一[1]、河上 哲生[1]、Etienne Skrzypek[1]、坂田 周平[2]、平田 岳史[3] (1.京都大学、2.学習院大学、3.東京大学)

[SMP32-P06] 日高変成帯野塚岳地域における構造地質学的研究 -島弧・島弧接合による新生代大陸地殻の成長・形成過程とそのメカニズム-

*菅野 萌子[1]、豊島 剛志[2] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科)

[SMP32-P07] THE PRESSURE-TEMPERATURE PATH AND MINERAL ASSEMBLAGE OF THE KHONICHIIN OVOO AREA, SOUTHEASTERN MONGOLIA.

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、OTGONBAYAR DANDAR[1]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences the University of Tokyo)

[SMP32-P08] **九州北西部糸島半島野北地域の接触変成作用の温度圧力条件**

*池田 剛[1]、太田 健斗[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻)

[SMP32-P09] 天草下島に分布する長崎変成岩類の片麻岩に見られる部分溶融の証拠

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]、宮崎 一博[3] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門)

[SMP32-P10] **Microstructural Analysis of Quartz grains in Monomineralic and Polyphase domains: A case study from Main Central Thrust (MCT) Zone Mylonites, western Himalaya, India**

*Shivaji Saha[1]、Toru Takeshita[1]、Subhajit Ghosh[2]、Hari Bahadur Srivastava[3] (1.Department of Natural History Sciences, Hokkaido University、2.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、3.Department of Geology, Banaras Hindu University)

[SMP32-P11] **Tectono-thermal evolution of the Main Central Thrust (MCT) zone rocks of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*), Darjeeling-Sikkim Himalaya**

*Subhajit Ghosh[1,2]、Santanu Bose[2,3]、Nibir Mandal[4]、Arijit Laik[2] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032、2.Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India、3.Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India、4.Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India)

[SMP32-P12] 三波川帯の低変成度領域における温度構造と変形構造，およびテクトニックな意義

*山岡 健[1,2]、ウォリス サイモン[1]、森 宏[2] (1.東京大学、2.信州大学)

[SMP32-P13] Antigorite Raman spectrum: a case study in Shiraga region of the central Shikoku, Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan

*安藤 宏太[1]、纐纈 佑衣[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学)

[SMP32-P14] A fluid inclusion study from the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan

*進士 優朱輝[1]、辻森 樹[1]、川本 竜彦[2] (1.東北大学、2.静岡大学)

[SMP32-P15] Development of reaction-induced stress and permeability in MgO-H_2O system

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院 環境科学研究科)

[SMP32-P16] 透過菊池回折によるウルトラマイロナイト中のオリビン結晶方位解析：EBSDの微小部への拡張

*伊神 洋平[1]、道林 克禎[2]、柿畑 優季[2]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.名古屋大学 環境学研究科)

[SMP32-P17] Elucidation of effective diffusion coefficient along grain boundaries by hydrothermal experiment using low porosity rocks

*杉沢 直樹[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院　環境科学研究科　先進社会環境学専攻)

[SMP32-P18] **断層がウジ帯により記録される繰り返し地震すべり：野島断層ボーリングコアからの証拠**

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

[SMP32-P19] Evolution of fluid chemistry during basalt-water and basalt-seawater interactions revealed by hydrothermal flow-through experiments

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学　環境科学研究科)

[SMP32-P20] **3D microstructural analyses of fault rocks using CT and μCT scanning techniques**

*Bingcheng Liu[1]、Aiming Lin[1]、Takafumi Nishiwaki[1] (1.Kyoto University)

[SMP32-P21] **Dissolution kinetics of forsterite olivine at >200 °C: implication for the kinetics of serpentinization.**

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

Pressure-temperature estimates of the Lützow-Holm Complex utilizing distributions of trace elements and inclusions in garnet porphyroblasts in pelitic gneisses

*鈴木 康太[1]、河上 哲生[1]、伊神 洋平[2]
*Kota Suzuki[1], Tetsuo Kawakami[1], Yohei Igami[2]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 地質学鉱物学教室 地球物質科学講座 岩石学グループ、2. 名古屋大学未来材料・システム研究所
1. Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

The Lützow-Holm Complex (LHC) in East Antarctica is a late Neoproterozoic to early Cambrian orogenic belt, formed during the amalgamation of Gondwana and composed of various bulk compositions of high-grade metamorphic rocks. Based on matrix mineral assemblages of mafic to intermediate mafic rocks, the LHC has been divided into three metamorphic facies zones; upper-amphibolite facies zone, transitional zone and granulite facies zone [1]. Because of the continuous distribution of upper-amphibolite facies to granulite facies metamorphic rocks, the LHC has been considered as a good exposure of the cross section of lower crust during continental collision events.
However, recent studies have found that high-*T* conditions above 850 °C are common even in the transitional zone and such temperatures are attained under kyanite stability field [3, 6, 7]. The aim of this study is to re-examine the peak metamorphic *P-T* conditions and *P-T* paths of selected regions in the LHC (Rundvågshetta, Skallen, Skarvsnes and Akarui Point) utilizing distributions of trace elements and inclusions such as Al_2SiO_5 minerals and rutile in garnet porphyroblasts in high-grade pelitic gneisses.
The Zr content of rutile coexisting with zircon+quartz strongly depends on the temperature condition and has been calibrated as Zr-in-rutile geothermometers that is more robust than the traditional Fe-Mg exchange type geothermometers during high-*T* metamorphism. In this study, experimentally calibrated Zr-in-rutile geothermometer [8] was applied to rutile grains in garnet and matrix.
The polymorphs of Al_2SiO_5 minerals are known as valuable indicators of the *P-T* conditions. In the course of this study, sillimanite with a characteristic Raman peak around 420 cm^{-1} which is not listed as a sillimanite peak in the Lyon database (http://www.geologie-lyon.fr/Raman/) were found as inclusion minerals in garnet and as matrix minerals from all of the four studied regions. In order to examine whether such a peak is related to the phase transition from kyanite or mullite to sillimanite, we observed them in detail by TEM. However, no evidence for such transition was found. Therefore, sillimanite with 420 cm^{-1} peak is dealt as normal sillimanite in this study.
Chemical zoning of garnet in high-*T* metamorphic rocks in terms of major elements (Fe, Mg, Ca and Mn) are commonly obscured by the diffusion under high-*T* conditions. On the other hand, chemical zoning of garnet in terms of trace elements, especially P, is less affected by the later diffusion, and commonly preserves sharp growth zoning [e.g., 2, 4]. Utilizing the sharp P zoning as a contemporaneous surface during garnet growth to define core and rim of garnet, and utilizing relic inclusions in garnet such as Al_2SiO_5 minerals and rutile to constrain the *P-T* conditions of each metamorphic stage [e.g., 5], we estimated metamorphic *P-T* conditions recorded in pelitic gneisses from the four regions in the LHC. Although Akarui Point is located in the “transitional zone” and three other regions are in the “granulite facies zone”, all of the inferred *P-T* paths of high-grade pelitic gneisses from Skallen, Skarvsnes and Akarui Point indicate nearly isothermal decompression starting from kyanite stability field at temperature around 850 °C. From Rundvågshetta, although pressure condition could not be well constrained, extremely high peak metamorphic temperature (> 900 °C) was inferred.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Since the peak metamorphic grades inferred from inclusion minerals in garnet porphyroblasts from Skallen, Skarvsnes and Akarui Point are almost the same, the traditional metamorphic zone mapping based on matrix mineral assemblages does not represent the highest metamorphic conditions attained, and needs re-evaluation utilizing petrochronological approach.

References

[1]Hiroi et al, 1991 [2]Hiroi et al, 1997 [3]Iwamura et al, 2013 [4]Kawakami and Motoyoshi, 2004 [5]Kawakami and Hokada, 2010 [6]Kawakami et al, 2016 [7]Nakamura et al, 2013 [8]Tomkins et al, 2007

キーワード：組成累帯構造、リン、藍晶石、珪線石、Zr-in-rutile温度計、部分溶融
Keywords: chemical zoning, Phosphorus, kyanite, sillimanite, Zr-in-rutile geothermometer, partial melting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南極, リュツォ・ホルム岩体の明るい岬における泥質片麻岩の微細組織と温度圧力条件

Microstructures and pressure-temperature condition in pelitic gneisses from the Lützow-Holm Complex at Akarui Point, East Antarctica

*淀屋 勇斗[1]、池田 剛[2]
*Hayato Yodoya[1], Takeshi Ikeda[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Scinece, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of School of Scinece, Kyushu University

Metamorphic rocks have been considered to preserve the mineral assemblage and composition at the peak condition in each pressure (*P*) –temperature (*T*) path. If this assumption is valid, the metamorphic rocks in the same outcrop are expected to show the same *P-T* condition. However, different *P-T* conditions have been estimated based on different geothermobarometers for rocks even from the same outcrop. Systematic difference among the methods could be responsible for these differences. However, this study revealed that use of the same pair of geothermobarometers provides significantly different P-T conditions for two pelitic gneisses from the same outcrop of the Lützow-Holm Complex, at Akarui Point, East Antarctica. An alternative interpretation is proposed to account for this difference.

The mineral assemblages of the studied gneisses are garnet, biotite, plagioclase, K-feldspar, quartz with and without sillimanite. Garnet grains in the Sil-bg. sample show round shape and contain large amount of fine quartz inclusions, whereas those in the Sil-free sample represent irregular shape and sporadically include coarse-grained plagioclase.

Garnet in both samples have chemically heterogeneity such that X_{Ca} (=Ca/Fe+Mg+Ca+Mn) and Mg/Fe decrease from the core to the rim. Furthermore, garnet in contact with biotite represents lower Mg/Fe than that in contact with other minerals. Garnet in the Sil-bg. sample is low in X_{Ca} and Mg/Fe as compared with garnet in the Sil-free sample. Phosphorus in garnet of the Sil-bg. sample represents euhedral shape of chemical contour in contrast to the garnet in the Sil-free sample where phosphorus shows no zoning. Biotite in the Sil-bg. sample shows Al-rich and low Mg/Fe as compared with that in the Sil-free sample. No systematic difference in Ti content in biotite is recognized. The Sil-free sample contains plagioclase with higher anorthite content than the Sil-bg. sample.

In the AFM approximation, garnet and biotite coexisting with sillimanite are expected to show higher Mg/Fe than those free from sillimanite. However, the present observations disagree with the prediction. Garnet contains significant amount of Ca, requiring addition of CaO to the chemical system. A calculated garnet composition diagram with respect to Ca-Mg-Fe shows that garnet coexisting with sillimanite represents a univariant line lower Ca and Mg/Fe than that free from sillimanite, and the present data are consistent with it. This suggests that two samples were not necessarily equilibrated at different *P-T* condition.

Geothermobarometry, in contrast, indicates significant difference in *P-T* condition. That is, garnet-biotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

geothermometer (Ferry and Spear., 1978) and garnet-biotite-plagioclase-quartz geobarometer (Hoisch., 1990) show 685-718 ℃ at 6.4-6.6 kbar for the Sil-free sample and 828-855 ℃ at 7.2-7.8 kbar for the Sil-bg. sample.

It is puzzling feature that different samples from the same outcrop provide different *P-T* estimations using the same geothermobarometers. The Sil-bg. sample records higher temperature than the Sil-free sample, as described before. Preservation of euhedral chemical contour of phosphorus in the Sil-bg. sample would indicate that the garnet grew maintaining surface equilibrium, at high temperatures. In contrast, absence of such euhedral contour and highly-rough surface of garnet in the Sil-free sample suggest relatively high growth rate, at low temperatures.

The *P-T* path of Akarui Point contains pressure decrease during temperature decrease (Iwamura et al., 2013). Considering this *P-T* path, it is expected that the garnet of Sil-free sample didn’ t exist at high temperatures and formed at low pressures and temperatures. The difference in estimated *P-T* conditions in the same outcrop can be attributed to not only the difference in the method but also the difference in the timing of the formation of minerals.

キーワード：温度圧力条件、相関係、リュツォ・ホルム岩体
Keywords: pressure-temperature condition, phase relation, Lützow-Holm Complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南インド・トリバンドラム岩体にみられる長時間（>9000万年）のグラニュライト相変成作用
Long-lived (>90 Myr) granulite-facies metamorphism in the Trivandrum Block, southern India.

*門脇 ひかる[1]、角替 敏昭[2]、Santosh M.[3]、Shaji E.[4]、高村 悠介[5]、堤 之恭[6]
*Hikaru Kadowaki[1], Toshiaki Tsunogae[2], Santosh M.[3], Shaji E.[4], Yusuke Takamura[5], Yukiyasu Tsutsumi[6]

1. 筑波大学生命環境科学研究科地球科学専攻、2. 筑波大学生命環境系、3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing、4. Department of Geology, University of Kerala、5. 筑波大学生命環境科学研究科地球進化科学専攻、6. 国立科学博物館地学研究部
1. College of Geoscience, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences Beijing, 4. Department of Geology, University of Kerala, 5. Doctoral Program in Earth Evolution Sciences, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 6. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

南インドグラニュライト地塊は太古代～新原生代の様々な微小大陸や火山弧が、後期新原生代～カンブリア紀のゴンドワナ超大陸形成に伴う複雑な沈み込み一付加一衝突による高度変成作用を受けたことにより形成された。トリバンドラム岩体はインドの南端に位置し、主要な構成岩相は変堆積岩と正片麻岩である。このような高度変成岩体の変成温度一圧力一時間経路を求めることはゴンドワナ大陸衝突における変成過程を明らかにする上で重要である。トリバンドラム岩体の温度一圧力経路に関する先行研究は多く、現在も議論が続いている。Morimoto et al. (2004)やTadokoro et al. (2008)などはピーク変成条件が950 ˚Cを超え、12 kbarに達するとし、超高温変成作用を示唆した。一方でNandakumar and Harley (2000)やPattison et al. (2003)などは800-900 ˚C、4.5-6.0 kbarと、低い温度圧力条件を示している。先行研究で報告されているトリバンドラム岩体のピーク変成年代にも約600-510 Maと幅がある (Santosh et al., 2005, Harley and Nandakumar, 2014, Blereau et al., 2016など)。以上のことから、トリバンドラム岩体が温度圧力幅のある１回の変成作用を経たのか800-900 ˚Cと950 ˚C以上の２回の独立した変成作用を経たのかは議論の余地がある。そこで、本研究ではトリバンドラム岩体西部から採集したコンダライト、チャノッカイト、およびチャノッカイトの脱色帯の岩石学的記載、鉱物化学組成分析、変成温度圧力条件の計算、年代分析のデータを基に、当該地域の温度一圧力一時間経路を決定することで、高度変成作用の期間とメカニズムを解明することを目的とした。

トリバンドラム岩体西部のElavinmoodu採石場から採集したコンダライトを用いた鉱物平衡モデリングの結果から、超高温変成作用を示す920-1030 ˚C、6.0-7.6 kbarのピーク変成条件が得られた。累進・後退変成作用の温度圧力条件はそれぞれ˜750 ˚C/˜7 kbar、 ˜750 ˚C/˜4 kbarと決定され、地温勾配に沿って徐冷した時計回りの温度圧力経路が得られた。コンダライト中のパッチ状チャノッカイトや塊状チャノッカイト中の亀裂に沿った脱色部が見られるKakkod採石場から採集したコンダライトからも、調和的な温度圧力条件が得られた。チャノッカイトと脱色部の鉱物平衡モデリングでは820-950 ˚C/ 5-10 kbar、800-1000 ˚C/˜6 kbarの変成温度圧力条件が得られた。これはチャノッカイトの脱色が高度変成作用中に起こったことを示唆し、変成作用のピーク周辺で流体が浸透した可能性を示す。

Elavinmoodu採石場から採集したコンダライト中のジルコンとモナザイトを用いたU-Pb年代分析から、累進・ピーク・後退変成作用はそれぞれ約582±17 Ma、555.1±8.1 Ma、527.3±8.0～501.9±8.5 Maに、含水流体の浸透によるザクロ石の分解・黒雲母の形成は約489±12 Maに起きたと求まった。以上のことは地殻やマグマが熱源となり、高度変成作用が少なくとも582 Maから489 Ma の9000万年以上という非常に長い期間

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

続いたことを示す。

本研究結果は時計回りの一回の長期間の変成作用が起きたことを示す。この9000万年という変成期間はスリランカのワンニ岩体の変堆積岩から報告されているものとほぼ調和的であるが(>50 Myr; Hirayama et al., 2018)、スリランカのハイランド岩体からの報告(~180 Myr; He et al., 2018)よりも短い。Dharmapriya et al. (2016)やTakamura et al. (2018)などによる先行研究ではトリバンドラム岩体はハイランド岩体に延長することが示されているが、ゴンドワナ超大陸形成の過程でハイランド岩体の変成がトリバンドラム岩体の変成に先立って起きていた可能性が考えられる。

キーワード：トリバンドラム岩体、温度ー圧力ー時間経路、超高温変成作用、鉱物平衡モデリング、U-Pb年代分析
Keywords: Trivandrum Block, P–T–t evolution, Ultrahigh-temperature metamorphism, Phase equilibria modeling, U–Pb geochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone

*Das Kaushik[1]、Tomioka Naotaka[2]、Ganguly Proloy[3]、Ando Jun-ichi[1]、Ghosh Gautam[3]、Bose Sankar[3]
*Kaushik Das[1], Naotaka Tomioka[2], Proloy Ganguly[3], Jun-ichi Ando[1], Gautam Ghosh[3], Sankar Bose[3]

1. Hiroshima University、2. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC、3. Presidency University, India
1. Hiroshima University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 3. Presidency University, India

A considerable amount of information regarding the growth and evolution of old continents are preserved at the boundaries between the orogenic belts and pre-existing cratonic blocks. These are the areas of intense and repeated deformation, metamorphism and activities of crustal fluids. Apart from the precise estimation of the pressure-temperature-fluid evolution through time, one of the major existing challenges is to understand the deformation mechanisms operated in the deep to shallow crustal depths for such geologically complex areas. The Phulbani domain in the north-western part of the Eastern Ghats Granulite Belt, India (EGB) provides a good opportunity as it is juxtaposed in its north and west by the Archean Singbhum Craton and Bastar Craton, respectively. Recent petrological and geochronological works of our group on the metapelitic granulite-charnockite-granitic gneiss of this domain reveal the pressure-temperature-fluid evolution with time. Though this domain is differentiated from the Visakhapatnam domain situated further south-southwest, the overall evolutionary history is observed to be very similar in style and time of occurrence. The Si-poor aluminous granulites preserve exotic reaction textures implying prograde heating-dominated path culminating at UHT condition (~1000 ˚C at 8 Kbar) followed by a retrograde cooling-decompression path, both in presence of CO_2-rich fluids. The age of metamorphism and associated magmatism ranges between ca. 1000 Ma and 900 Ma, similar to that of the Visakhapatnam domain.

The Phulbani domain, however, is bound on its north by a pronounced east-west shear zone, known as the Ranipathar shear zone. This deep crustal shearing affected the pelitic granulite and granitic gneiss. The mylonitic garnet-bearing granite gneiss preserves east-west foliation-parallel ultramylonite layers. Moreover, broadly east-west and north-south oriented black veins occur in these rocks. Thick (cm-scale) to thin (mm-scale) veins have mesoscopic characters of a pseudotachylite, e.g. injection veins. The microscopic observations on the foliation-parallel veins reveal that the vesicular groundmass of the veins is composed of micron-scale quartz-feldspar-biotite with clasts of garnet, at places. These veins, in certain cases, contain mm-scale clasts of the host granite mylonite gneiss.

キーワード：Garnet dislocation microstructures、Cataclastic flow、Seismic slip、Orogen-boundary shear zone
Keywords: Garnet dislocation microstructures, Cataclastic flow, Seismic slip, Orogen-boundary shear zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

領家帯三河地域および讃岐東部地域のミグマタイトのU-Pbジルコン年代
U-Pb zircon ages of migmatitic rocks from the Ryoke belt in the Mikawa and eastern Sanuki areas

*葛立 恵一[1]、河上 哲生[1]、Etienne Skrzypek[1]、坂田 周平[2]、平田 岳史[3]
*Keiichi Kazuratachi[1], Tetsuo Kawakami[1], Etienne Skrzypek[1], Shuhei Sakata[2], Takafumi Hirata[3]

1. 京都大学、2. 学習院大学、3. 東京大学
1. Kyoto University, 2. Gakushuin University, 3. The University of Tokyo

高温低圧型の領家変成帯に産するミグマタイトの岩石学・年代学の融合的研究を行うことで、後期白亜紀イグニンブライト・フレアアップ時の、大陸地殻中部の部分溶融継続時間を見積もることができる。本研究では、領家帯に産するミグマタイト中の変成ジルコンの形成年代を変成作用のステージと結びつけて解釈することを目的とし、三河地域および讃岐東部地域の試料についてLA-ICP-MSによるU-Pb年代測定を行った。

領家帯三河地域においては、すでにTakatsuka et al. (2018a) が層状優白質部中のジルコンのU-Pb年代測定を行っている。同部分から得られた変成リムのU-Pb年代は~103 Maから~83 Maにかけてコンコーディア上に連続的に分布する。変成リムはCL像上での不連続なゾーニングおよび年代値や化学組成の違いから2段階に分けることができ、内側のリムは97.0±4.4 Maの昇温変成期、外側のリムは88.5±2.5 Maの降温変成期初期 (部分溶融メルトの固結時期) に形成されたと解釈された (Takatsuka et al., 2018a)。しかしこれらの変成リム年代値は、周囲のミグマタイト中のリューコゾームに比して顕著に厚い優白質部 (~20 cm) を用いて求められたもので、典型的なミグマタイト試料中のジルコンを測定したわけではなく、また試料数が1つで分析点数が少ないという問題点があった。

そこで本研究では、領家帯三河地域に産するミグマタイト4試料中のジルコン粒子に対し、U-Pbジルコン年代測定を行った。ミグマタイトの主要鉱物組合せは石英＋斜長石＋カリ長石＋黒雲母±菫青石＋珪線石±ざくろ石である。ジルコンには変成リムが発達し、珪線石および白雲母が包有されていた。年代測定の結果、~98 Maから~81 Maにかけてコンコーディア上に連続的に分布するU-Pb年代を得た。年代値に加えジルコン中の珪線石包有物の有無やジルコンのTh/U比・U濃度を考慮することで、以下の3つの変成ステージを認識できた。(1) 広域変成作用時の部分溶融メルト中でのリムの成長 (91.4±0.8 Ma; MSWD=1.4, Th/U＜0.08, n=29)、(2) 変成ピーク後の珪線石脈形成に伴うUに富むジルコン粒子の成長 (87.1±1.7 Ma; MSWD=2.1, Th/U=~0.002-0.01, n=3)、(3) (1) の外側に発達する~81 Ma (80.9±2.9 Maおよび81.5±7.3 Ma; Th/U<0.03) の変成リムの成長。(3) については、得られた分析点数が少ないながら、試料採取地点が81-75 Ma花崗岩類 (Takatsuka et al., 2018b) から約1.7 kmと近く、U-Pbジルコン年代も81-75 Ma花崗岩類に近いことから、同花崗岩類の貫入に伴う接触変成作用時に形成されたリムの可能性がある。

また、従来U-Pbジルコン年代値の報告がない讃岐東部地域 (沓掛ら, 1979) においても、2試料の変成ジルコンのU-Pb年代を決定した。1試料目は、讃岐東部に産する花崗岩類に囲まれた800m程度の変成岩岩体中の泥質片麻岩で、主要鉱物組み合わせは石英＋斜長石＋カリ長石＋黒雲母＋ざくろ石である。ジルコンには変成リム (Th/U=~0.02-0.18) が発達し、U-Pbジルコン年代は93.4±0.7 Ma (MSWD=0.85, n=27) を示した。2試料目は、同じく花崗岩に囲まれて約4 km幅で露出する変成岩岩体から得た泥質片麻岩で、片麻状構造は周囲の片麻状花崗岩類と調和的である。主要鉱物組み合わせは石英＋斜長石＋カリ長石＋黒雲母＋珪線石である。ジルコンには珪線石を包有する変成リム (Th/U=~0.05-0.08) が発達し、U-Pbジルコン年代は95.4±2.4 Ma (MSWD=0.47, n=6) を示した。これらは、周囲の~93 Maの片麻状花崗岩類のU-Pbジルコン年代 (Iida et al., 2015) と一致しているため、花崗岩類の貫入による接触変成作用時に、珪線石安定領域下で変成リムが成長した可能性が高い。

キーワード：U-Pbジルコン年代、ミグマタイト、高温変成作用

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: U-Pb zircon dating, migmatite, high-temperature metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日高変成帯野塚岳地域における構造地質学的研究 -島弧・島弧接合による新生代大陸地殻の成長・形成過程とそのメカニズム-
Structural geology of Hidaka metamorphic belt in the Mt.Nozuka area, Hokkaido, Japan -Growth and formation process of the Cenozoic continental crust by island arc/arc join and its mechanism-

*菅野 萌子[1]、豊島 剛志[2]
*Moeko Kanno[1], Tsuyoshi Toyoshima[2]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部地質科学科
1. Graduate school of Science and Technology, Niigata University , 2. Department of Geology,Faculty of Science,Niigata University

北海道日高変成帯は，白亜紀以降に形成された未成熟島弧の地殻衝上断片とみなされ（小松ほか，1982など），中新世の千島弧と東北日本弧の衝突により形成された日高山脈の大部分を構成する深成岩-変成岩複合岩体で，東から西に向かって順次地殻深部相が分布する単一の地殻衝上断面であるとされてきた．しかし，ジルコン年代の導入（Kemp et al 2007）により，従来1つの地殻衝上断片であるとされてきた日高変成帯は19Maと37Maの2回にわたって形成された2つの地殻断片が重なったものであるとされた（志村ほか，2015）．また，日高変成帯の周辺地質体のジルコン年代から，日高変成帯における３ステージの火成活動が予想されている（山崎ほか，2018）．これらにより，従来の日高変成帯の形成テクトニクスでは地殻の形成過程が説明できない状態となったため，日高変成帯の形成テクトニクスの再構築が必要となった．

本研究では日高変成帯の主要な変成岩や深成岩類（Sタイプトーナル岩・Iタイプトーナル岩・閃緑岩など）が分布する野塚岳地域のニオベツ川流域において，各種岩石の相互関係（接触関係，上下関係，時間的前後関係など）・形成史を調べ，日高変成帯形成テクトニクスの再構築に向けた基礎的なまとめを行った．

本地域の岩相のほとんどはNW-SE走向を示し変成帯の伸びの方向と平行であるのに対して，それらの岩相に貫入する閃緑岩（ニオベツ岩体）はN-S走向を示し，そのほかの岩相とは斜交する．閃緑岩周辺ではミグマタイトが形成されており，そのほかの深成岩類中にも変成岩の包有物が確認された．

深成岩類のジルコンU－Pb年代測定の結果，本地域の日高変成帯において約33Ma，約19Maとそれより古いと考えられる約45Maの３つの火成活動が考えられる．測定した深成岩類はいずれもミグマタイトや変成岩の包有物を伴っていることから，3つの火成活動はそれぞれ変成作用を伴っていたことが示唆される．従って，日高変成帯は3ステージの変成作用・深成作用によって形成されたと考えられる．

約19Maの深成岩である閃緑岩の南縁には不均質角閃岩が分布し，部分溶融を伴い激しく褶曲・変形している．変形帯としての不均質角閃岩層が19Ma深成岩・変成岩（ミグマタイト）とそれより古い深成岩・変成岩との境界となっているように見えることから，ニオベツ岩体の貫入が断層に沿って起こった可能性が考えられる．閃緑岩内部の非対称流理構造が正断層センスを示すことから，引張場における貫入が予想される．

日高主衝上断層（HMT）付近の岩相にはマイロナイト化が認められ，右横ずれ～右横ずれ正断層センスを示す．このマイロナイト化は構造解析の結果，3ステージに区分できると考えられる．

今後は変成作用・火成作用・変形作用の関係を明らかにするため，より詳細な変形作用の解析に加え，変成作用や火成作用との関係を明らかにし，日高変成帯の形成テクトニクスの再構築を行う必要がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：構造地質学、日高変成帯、テクトニクス
Keywords: Structural geology, Hidaka Metamorphic belt, Tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

THE PRESSURE-TEMPERATURE PATH AND MINERAL ASSEMBLAGE OF THE KHONICHIIN OVOO AREA, SOUTHEASTERN MONGOLIA.

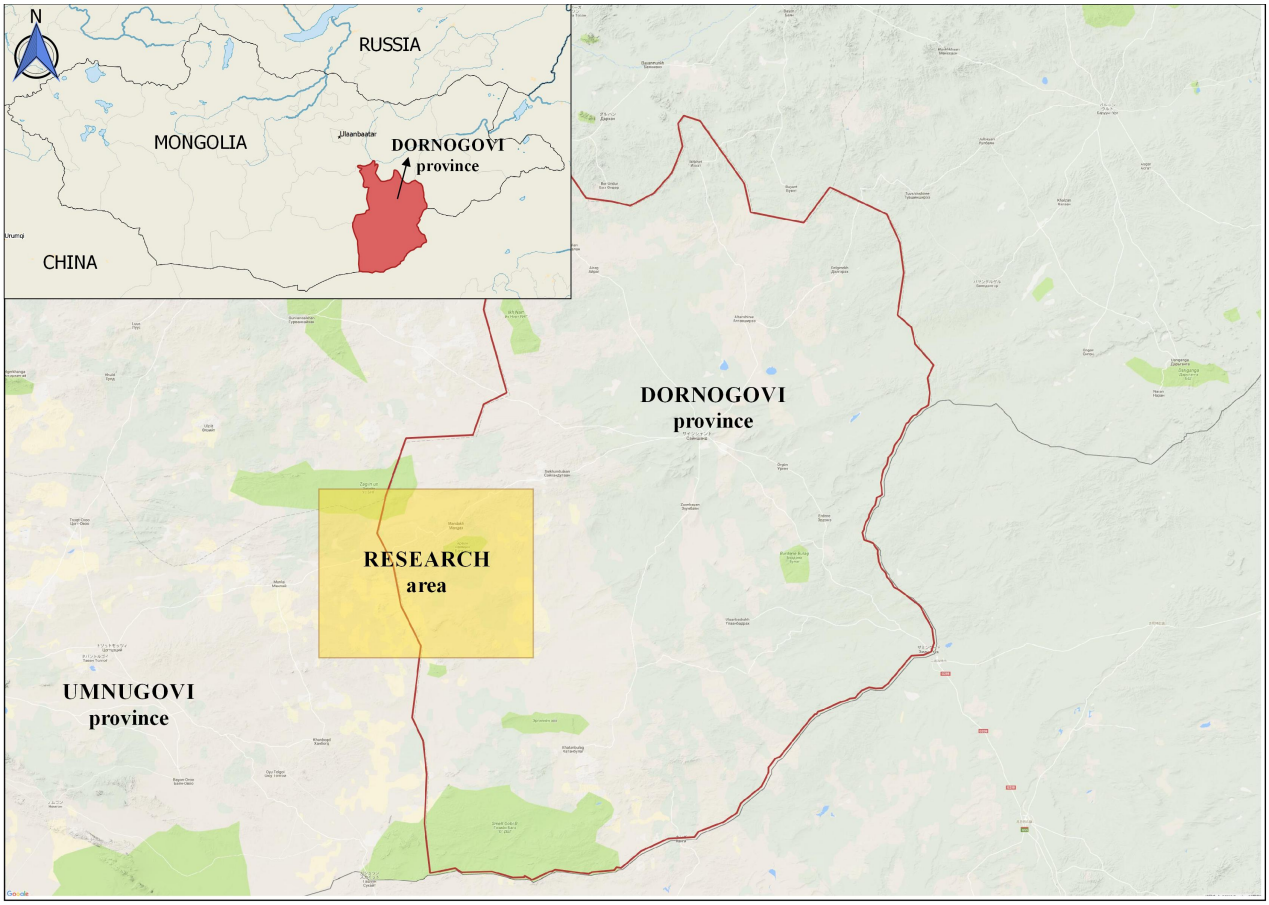
*Undarmaa Batsaikhan[1], Noriyoshi Tsuchiya[1], Masaoki Uno[1], Yukio Isozaki[2], Uyanga Bold[2], OTGONBAYAR DANDAR[1], Hikaru Sawada[2]

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Arts and Sciences the University of Tokyo

The Khonichiin ovoo area is located in the southeastern part of Mongolia of the Central Asian Orogenic belt, which is largest amalgamation history of during Phanerozoic time. The Khonichiin ovoo area mainly consists of the Khutaguul, the Norovzeeg metamorphic complexes that underwent high grade facies metamorphism, with rare igneous rocks. The Khutaguul metamorphic complex is composed of garnet-biotite, amphibolite-biotite, two mica gneiss, amphibolite schist, quartzite, marble, granite-gneiss, granulite and migmatites. The Norovzeeg metamorphic complex is composed of metasedimentary and metavolcanic rocks. P-T condition and mineral assemblage data/information for these metamorphic complexes are extremely limited. This is because international and local researchers had focused on investigations on Paleozoic igneous, volcanic and sedimentary rocks, which are somehow related to the porphyry copper deposits (Tsagaan suvarga Cu-Mo, Kharmagtai Cu-Au) in the south of Mongolia in the last two-decade years.
We will show new age dating and P-T conditions of the Khutaguul and the Norovzeeg metamorphic rocks.

Keywords: P-T path, Petrology, Southeastern Mongolia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

九州北西部糸島半島野北地域の接触変成作用の温度圧力条件
Pressure-temperature conditions of contact metamorphism in Nokita area, Itoshima Peninsula, northwest Kyushu

*池田 剛[1]、太田 健斗[2]
*Takeshi Ikeda[1], Kento Ota[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences,Faculty of Scinece, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences,Graduate School of Scinece, Kyushu University

Gneissose granitic rocks are common in high-grade areas of high-temperature low-pressure metamorphic complex. Similarity in age and concordant relation to the surrounding rocks imply that they supplied heat to cause the high-temperature low-pressure metamorphism. Parallelism of internal structures of granitic and metamorphic rocks also suggests that both rocks underwent simultaneous deformation during and after the intrusion of the granitic rocks. The post-metamorphic deformation would rearrange the thermal structure formed at the heat supply.

The Renge metamorphic complex in the Nokita area of Itoshima Peninsula, northwest Kyushu, was intruded by the Kitazaki and Itoshima granodiorites on the north and south at Cretaceous, respectively. The complex was recrystallized by thses intrusions and underwent significant deformation that belongs to flattening after the peak of contact metamorphism (Yamasaki & Ikeda, 2018). This study estimates the pressure-temperature condition preserved in pelitic rocks to evaluate the post-metamorphic deformation.

The pelitic schists in the study area are composed of leucocratic and melanocratic layers depending on the modal amount of biotite. The common constituent minerals are quartz, plagioclase, biotite. Garnet, muscovite, and K-feldspar locally occur. In addition, chlorite is present as veins and schistosity-forming mineral, which is interpreted as retrograde products.

Four pelitic schists were employed to estimate the metamorphic conditions. Garnet shows euhedral shape and so-called normal zoning where Mg increases and Fe and Mn decreases towards the rim. The composition of rim ranges such that Xalm=0.72-0.80, Xprp=0.09-0.12, Xsps=0.06-0.16, and Xgrs=0.04-0.06. On the other hand, that of core varies Xalm=0.50-0.66, Xprp=0.03-0.05, Xsps=0.24-0.40, and Xgrs=0.04-0.10. The Mg/Fe of rim and core ranges 0.13-0.15 and 0.06-0.08, respectively. Biotite also shows significant variation in composition, i.e., Ti of 0.15 - 0.46 based on 22 oxygen, and Mg/Fe of 0.44 - 0.76. The Ti content of biotite near chlorite is low as compared with that far from chlorite. Plagioclase is chemically homogeneous in one sample. The anorthite content shows southward increase from 0.23 to 0.42.

We chose the composition equilibrated at peak of the metamorphism such as the highest Mg/Fe in the rim of garnet, highest Ti in biotite and highest anorthite content in plagioclase. Geothermobarometry using garnet-biotite geothermometer (Ferry & Spear 1978) and a garnet-biotite-plagioclase-quartz geobarometer (Hoisch 1990) provide the metamorphic conditions of 590 °C, 1.4 kbar, 650 °C, 3.5 kbar, 770 °C, 4.2 kbar, and 650 °C, 2.8 kbar from south to north ,which corresponds to 5.3-16 km depth. The pressure and temperature vary by 2.8 kbar and 180 °C, respectively, within ca. 300 m distance. The lithostatic pressure relevant to 300 m thickness cannot explain the pressure difference of 2.8 kbar. The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

present result also supports the significant thinning deformation after the contact metamorphism.

キーワード：接触変成作用、変成後の変形、地質温度圧力計
Keywords: Contact metamorphism, Post-metamorphic deformation, Geothermobarometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天草下島に分布する長崎変成岩類の片麻岩に見られる部分溶融の証拠
Evidence of Partial Melting of Migmatitic Felsic Gneiss from Nagasaki Metamorphic Complex in Amakusa-Shimoshima, western Kyushu, Japan

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]、宮崎 一博[3]
*Yuki Mori[1], Takeshi Ikeda[2], Kazuhiro Miyazaki[3]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The Nagasaki Metamorphic Complex in Amakusa-Shimoshima is divided into the lower and upper units. The former and the latter are composed mainly of pelitic schists and gneisses with mafic and felsic composition, respectively. The upper unit is considered to have located at lower crust that was shortened due to ductile flow toward trench side (Miyazaki et al., 2013). The unit belongs to the high-pressure granulite facies and represents migmatitic mode of occurrence, which implies potential presence of melt that enhanced the ductile deformation. This study reports microstructural features indicative of partial melting in a felsic migmatitic gneiss.

The migmatitic felsic gneiss dealt with this study represents U-Pb zircon age of 125.8±1.8 Ma (Mori et al., 2018 JpGU). It is composed mainly of garnet, quartz, muscovite, zoisite and aggregate of fine-grained zoisite + albite + muscovite that is former plagioclase. Minor amounts of graphite, zircon, apatite, rutile, chlorite, and iron sulfide also occur. Tiny grains of hornblende are included in the rim of garnet. The matrix zoisite commonly includes epidote in the core. The epidote contains significant amounts of rare earth elements (REE) and is composed of Y-poor core and Y-rich rim. The garnet grains are roughly divided into two types of coarse- and fine-grained. The X_{Mg} [=Mg/(Mg+Fe)] of the coarse-grained garnet increases from the core to the rim and decreases at the extreme periphery, while that of the fine-grained garnet monotonically decreases from the core to the rim. The coarse-grained garnet represents Y-rich and P-poor core and Y-poor and P-rich rim whereas Y-poor and P-rich domain is dominant in the fine-grained garnet. A polyphase inclusion composed of chlorite + muscovite + quartz + $CaCO_3$ is found from the rim of coarse-grained garnet. The inclusion shows polygonal shape and has cuspate offshoots filled with chlorite or muscovite. Apatite is included in the core of the coarse-grained garnet but is not found from the rim. The fine-grained garnet and the rim of the coarse-grained garnet include Y-rich REE-epidote.

We applied Zr-in-rutile geothermometer (Ferry & Watson, 2007), garnet-hornblende geothermometers (Graham & Powell, 1984; Powell, 1985; Ravna, 2000), and hornblende-plagioclase geothermometer (Holland & Blundy, 1994). These results are consistent among them within their errors and represent 720 –770 ˚C as the peak condition. The pressure at the peak condition was estimated utilizing garnet-hornblende-plagioclase-quartz geobarometer of Kohn & Spear (1990), and we obtained the pressure of 9.1 –10.2 kbar.

The estimated condition lies above the melting reaction of zoisite + muscovite + quartz + water = kyanite + melt (cf. Schliestedt & Johannes, 1984). The polygonal shape of the polyphase inclusion in the rim of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

coarse-grained garnet could represent negative crystal of garnet. Combining the constituent minerals of the inclusion, it is likely that the polyphase inclusion was originally melt inclusion.

The concentration of yttrium and phosphorus in the rim of coarse-grained garnet is similar to that in fine-grained garnet. Based on the presence of melt inclusion in the rim of coarse-grained garnet, we consider that fine-grained garnet nucleated during the partial melting with the formation of the rim of coarse-grained garnet. The Y-rich REE-epidote is in the matrix and included in the fine-grained garnet and the rim of the coarse-grained garnet, so we consider that Y-poor garnet and Y-rich REE-epidote coexisted with the melt. The lack of apatite inclusion in P-rich domain of both garnets may indicate that the phosphorus in P-rich domain in garnet was supplied by breakdown of apatite during the melting.

キーワード：部分溶融、メルトインクルージョン、柘榴石、REE緑簾石、アパタイト
Keywords: partial melting, melt inclusion, garnet, REE-epidote, apatite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microstructural Analysis of Quartz grains in Monomineralic and Polyphase domains: A case study from Main Central Thrust (MCT) Zone Mylonites, western Himalaya, India

*Shivaji Saha[1], Toru Takeshita[1], Subhajit Ghosh[2], Hari Bahadur Srivastava[3]

1. Department of Natural History Sciences, Hokkaido University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Department of Geology, Banaras Hindu University

Ongoing collision in the Himalayan orogeny causes crustal deformation owing to the thrust activity. Hence, the movement along the Main Central Thrust (MCT) enhances ductile deformation of the crust widely distributed across the orogenic belt. Therefore, detailed microstructural analysis is necessary to define the shear zone by the degree of strain intensification across the MCT. A study area along Madhmaheswar Ganga valley, Rudraprayag district, Uttarakhand, India, has been chosen. Purpose of this study is to perceive the heterogeneity of the deformational behavior of quartz grains in terms of thickness of quartz layers and other associated phases along with the understanding of fabric development with respect to the MCT. In this research, the lower Greater Himalayan Sequence (L-GHS) of *c.* 1.5 km thickness on the hangingwall side and upper Lesser Himalayan Sequence (U-LHS or Munsiari formation) of *c.* 4 km thickness on the footwall side of the MCT, has been studied.

Microstructural observations are essentially focused on the quartzo-feldspathic gneiss of the Munsiari formation and L-GHS. At lower Munsiari formation, Quartz microstructures are characterized by subgrain rotation recrystallization (SGR). Polygonal quartz grains with triple point junction indicate SGR followed by static grain growth. At upper Munsiari formation, lobate boundaries of quartz grains with sweeping extinction and deformation lamellae indicate high temperature grain boundary migration (GBM) overprinted by late stage low temperature deformation. Quartz grains in the lower GHS rocks are coarser than that of the Munsiari rocks and highly amoeboid in shape. High temperature deformation is evidenced by the presence of elongated sub-grains within these irregular grains.

To carry out further microstructural studies, 14 samples were selected for EBSD analysis. Quartz *c*-axis fabric from ~500-829 μm thick quartz-rich monomineralic layer shows a series of type-*II* crossed girdle fabrics with *Y*-maximum. Here, the quartz *c*-axes are aligned parallel to intermediate finite strain axis *Y*, revealing the intracrystalline deformation by active prism {10 -10} *a* slip system. In contrast, c-axis orientations obtained from thin monomineralic quartz layers (thickness ~72-163 μm) records girdles ranging from small circle girdles to type-*I* crossed girdle fabric with r-maxima. In this case, the rhombohedral plane of quartz is aligned parallel to the foliation plane (*XY*), which indicate basal (0001) *a* slip and rhomb {10 -11} *a* slip system activity. Thus, there is an effect of thickness of monophase layers on fabric development and, perhaps the role of other phases has a strong impact on the fabric development for thin monomineralic layers.

On the other hand, polyphase domains are characterized by the quartz grains totally surrounded by other phases. The size of recrystallized quartz grains within polyphase domain increases from ~64.4 μm in Munsiari to ~109 μm in L-GHS. C-axes orientations are random for the Munsiari samples. Whereas, C-axis fabric with point maxima is observed for the L-GHS samples. However, those fabric patterns are strengthened with increasing modal abundance of quartz.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The strength of the quartz *c*-axis fabric is quantified as a function of eigenvectors (λ_1 = maximum; λ_2 = intermediate; λ_3 = minimum) from *c*-axes orientation distribution. Following, Vollmer (1990), three end member fabric types are determined from these eigenvectors; those are point (*P*), girdle (*G*) and random (*R*). Then, by introducing cylindricity index (*B*) of Vollmer (1990), the variation in fabric strength of quartz LPO is shown as a function of strain localization throughout the Munsiari formation. Progressive increase in fabric intensity for both thin and thick monomineralic quartz layers indicate an increase in strain towards the MCT.

Keywords: Main Central Thrust Zone, Quart c-axis fabric, Strain intensification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tectono-thermal evolution of the Main Central Thrust (MCT) zone rocks of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*), Darjeeling-Sikkim Himalaya

*Subhajit Ghosh[1,2], Santanu Bose[2,3], Nibir Mandal[4], Arijit Laik[2]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0032, 2. Department of Geology, University of Calcutta, 35, Ballygunge Circular Road, Kolkata 700019, India, 3. Department of Geology, Presidency University, 86/1 College Street, Kolkata 700073, India, 4. Department of Geological Sciences, Jadavpur University, Kolkata 700032, India

The rheology of the Himalayan Crystalline Complex (*HCC*) laying above the Main Central Thrust (MCT), is the key boundary condition for all the tectonic models that deals with extrusion of lower crustal material. Therefore, it is important to understand the intricate relationship between the processes of crustal thickening, Barrovian metamorphism and strain localization in the high-grade rocks of the *HCC* that controls the rheology of a deforming wedge. Initially deformation was distributed and a series of repeated folding leads to crustal thickening and pro-grade metamorphism. The similarity between the peak metamorphic and peak deformation temperature, as documented by frozen high-temperature microstructures is indicative of this phase. The '*locked in*' deformation microstructures and syn-kinematic growth of metamorphic index minerals reveal that the MCT related shearing begins at or near the peak metamorphic condition (16-12 Ma), where grain size reduction by dislocation-controlled creep was the most effective mechanism for strain localization. The observed deformation microstructures and the available P-T data shows that the peak deformation and metamorphic condition progressively increases (~500 to >700˚C) towards the mountain interior. It is further evident that the now-exposed *HCC* begun to extrude under dominantly ductile mid-crustal condition at a temperature >700˚C, where the hotter mid-crustal rocks can flow in a viscous manner by melt enhanced depth-dependent ductile flow. Hence, initially the MCT represents a rheological and metamorphic boundary that separates material which can or cannot flow. Then with subsequent exhumation, cooling and strengthening of the *HCC* produced diffuse ductile shear zones along the same rheological boundary, where deformation was distributed for 4-6 km width (~ MCT zone). The base of the high strain zone is marked by base of the compressed reverse paleo-isograds that coincides with the SGR-GMB transition for quartz, leading to steep P-T gradient locally constrained within the MCT zone before it flattened in the migmatite gneisses. At further lowering of temperature (shallower depth), the MCT localized into narrow shear zone under dominantly brittle condition, transporting the entire *HCC* thrust sheets to the foreland.

Keywords: Himalaya, India-Asia collision, Superposed folding, Strain localization , Main Central Thrust Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三波川帯の低変成度領域における温度構造と変形構造，およびテクトニックな意義

Thermal structure and deformation history of the low-grade Sanbagawa belt in the central of Kii Peninsula and tectonic implications

*山岡 健[1,2]、ウォリス サイモン[1]、森 宏[2]
*Ken Yamaoka[1,2], Simon Wallis[1], Hiroshi Mori[2]

1. 東京大学、2. 信州大学
1. University of Tokyo, 2. Shinshu University

The Sanbagawa belt in SW Japan is one of the best-documented regions of relatively warm subduction-type metamorphism and information from such regions are important to clarify our understanding of convergent plate margins. Much of the present knowledge is based on petrological studies in the higher grade parts of this belt. However, most of the Sanbagawa belt belongs to the lowest grade domain, the chlorite zone. The lack of reliable methods to determine the thermal structure in this low-grade zone has meant that information from the majority of the belt has been underrepresented. Development of the Raman carbonaceous material thermometer (RCMT) has opened up possibilities of determining the temperature structure of low-grade metamorphic domains such as the chlorite zone of the Sanbagawa metamorphism. Application of RCMT to pelitic rocks of the central Kii peninsula shows a progressive decrease in T from ~390 ˚C close to the northern boundary marked by the Median Tectonic Line (MTL) to ~270 ˚C ~7 km to the south and roughly constant thereafter. The thermal structure is not significantly affected by fault boundaries between different geological units. Meso and microstructural observations combined with strain analysis based on deformed shapes of detrital grains in metamudstone indicate a similar deformation history throughout the area and no correlation between strain and temperature gradients. These features can be used to asses possible models for the observed temperature rise. On this basis, we suggest the rise in T was not due to return flow of high T material in a subduction channel. We also conclude that the rise in T takes place over too narrow a distance to be explained as part of the expected thermal warping in a warm subduction zone. We find no evidence for heating related to the rise of magma or hot fluids. Shear heating along the MTL does provide a plausible explanation for the observed thermal structure compatible with all observations. One-dimensional thermal modeling shows that to account for the observed thermal structure requires slip rates of several mm/yr and relatively high coefficients of friction (μ=??). A similar result was reported from an area to the east but with a much more limited domain of elevated temperatures, probably due to late-stage thinning related to normal faulting. Our results imply that long-lived major crustal faults such as the MTL are at least locally associated with high stresses and are relatively strong. Evidence for the faults being weak at shallow depth implies there is a rapid decrease in strength over the upper few km of the MTL fault zone.

キーワード：三波川帯、炭質物ラマン温度計、剪断熱
Keywords: Sanbagawa belt, Raman carbonaceous material thermometry, shear heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Antigorite Raman spectrum: a case study in Shiraga region of the central Shikoku, Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan

*安藤 宏太[1]、纐纈 佑衣[1]、道林 克禎[1]
*Kota Ando[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

Serpentinites are important rocks and are associtated with water circulating in the earth's interior. However, it is difficult to estimate their metamorphic conditions because serpentine minerals are stable at wide P-T condition. In this study, we compared Raman spectrum of antigorite in different metamorphic grade samples and determined whether Raman spectrum could constrain metamorphic conditions of serpentinites. Serpentinites in this study have been sampled from Shiraga region of the central Shikoku, the Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan. All samples experienced the metamorphic conditions in which olivine were formed by the dehydration reaction of antigorite with brucite. Some samples show retrograde antigorite formed during exhumation. Raman spectrum were measured from various sizes and textures of antigorite grains. Comparing full width at half maximum (FWHM) of Raman spectrum, we found that the prograde-antigorite had different features from retrograde-antigorite. As a consequence, FWHM of Antigorite Raman spectrum could be used to constrain the timing of antigorite formation.

キーワード：アンチゴライト、蛇紋岩、ラマンスペクトル、三波川変成帯
Keywords: antigorite, Serpentinite, Raman spectrum, Sanbagawa metamorphic belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A fluid inclusion study from the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan

*進士 優朱輝[1]、辻森 樹[1]、川本 竜彦[2]
*Yuzuki Shinji[1], Tatsuki Tsujimori[1], Tatsuhiko Kawamoto[2]

1. 東北大学、2. 静岡大学
1. Tohoku University, 2. Shizuoka University

Primary fluid inclusions trapped in subduction metamorphic rocks can provide direct information concerning composition and origin of slab-derived fluids. In order to investigate fluid signatures at the mantle wedge beneath forearc regions, we conducted microthermometry for primary fluid inclusions in both prograde eclogite-stage omphacite and retrograde blueschist-stage quartz, in the late Paleozoic retrograde eclogite from the Yunotani Valley of the Omi area, Hida-Gaien Belt, Japan. Note that the investigated blueschist-stage quartz forms a microvein along cracks of omphacite. The investigated eclogite occurs as mafic layers or lenses which are intercalated in metasedimentary rocks with the mineral assemblage paragonite + phengite + garnet ±glaucophane + quartz + rutile. Recent study confirmed that the retrograde blueschist-stage reached the pumpellyite stability field of P = ~0.62–0.70 GPa and T = ~280–320°C (Shinji and Tsujimori 2019 doi:10.2465/jmps.180716).

The primary fluid-inclusions in both omphacite and quartz are aqueous two-phase inclusions of liquid and vapor. Their molecular species in a liquid and gas phase were identified using micro-Raman spectroscopy. The fluid inclusions of the eclogite-stage omphacite are characterized by relatively high salinity of ~8.0–8.2 wt% NaCl equivalent and the brine freezing temperatures at ~-70°C suggests presence of divalent ions such as Ca^{2+} and/or Mg^{2+}. In contrast, fluid inclusion in blueschist-stage quartz shows relatively low value of ~2.4 wt% NaCl equivalent. The liquid phase of the fluid inclusion transforms completely into solid phases at ~-38°C, suggesting existence of the limited monovalent ions such as Na^{+} or/and K^{+} in the fluids.

Our preliminary data demonstrates that the pervasive fluids entrapped at prograde eclogite-stage and retrograde blueschist-stage had different chemical compositions. This suggests different fluid sources at eclogite and blueschist depth. Our observation is consistent with the different fluid compositions recorded in zoned lawsonite in Guatemalan eclogite (Hara et al. 2018 doi: 10.1016/j.lithos.2018.09.001). In our study, the existence of higher salinity fluids in the eclogite-facies conditions can suggest more effective transportation of the lithophile elements into the mantle wedge at deeper forearc regions.

キーワード：Slab-derived fluid、Mantle wedge beneath forearc region、Fluid inclusion、Microthermometry、Retrograde eclogite、Retrograde blueschist-stage pumpellyite
Keywords: Slab-derived fluid, Mantle wedge beneath forearc region, Fluid inclusion, Microthermometry, Retrograde eclogite, Retrograde blueschist-stage pumpellyite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of reaction-induced stress and permeability in MgO-H_2O system

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1]
*Hisamu Kasahara[1], Masaoki Uno[1], Atsushi Okamoto[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院 環境科学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Fractures are dominant flow path of fluid transport in the crust, and fluid flow through the fractures is important for the progress of fluid-rock interaction and material transport in the crust. The fractures enhance permeability in rocks, which has significant effects on the efficiency oil mining, geothermal development and Carbon dioxide Capture and Storage (CCS). Thus, the research on the fracture formations and associated permeability developments are increasingly important for geoscience and engineering.

Especially during fluid-rock interactions in the crust, hydration reactions increase solid-volume and generate stress. Recently such reaction-induced stress has been investigated as a new fracture generation process. For example, the fractures associated with reaction-induced stress are observed in serpentinized olivine (Jamtveit and Austrheim, 2010). In addition, the stress exceeding rock strength is reported from thermodynamic prediction (Kelemen and Hirth, 2012) and experimental measurements (e.g., Lambart et al., 2018). However, the existence of non-fractured rocks despite the volumetric expansion reaction (Centerrea et al., 2015) and the discrepancies between the experimental and theoretical values of reaction-induced stress have not yet been clarified. To understand the causes of these phenomena, it is important to constrain the controlling factors and the generation processes of reaction-induced stress. Therefore, we conducted direct measurements of reaction-induced stress and permeability development during hydration reactions, to clarify the relation between the reaction, stress generation, fracturing and permeability developments.

In our previous study, we measured the reaction-induced stress in MgO–H_2O system, and observed stress generation of approximately 40 MPa, exceeding common tensile strength of rocks. It is indicated that temperature dependence exists in stress generation behavior: the higher the temperature, the higher stress are generated and the stronger stress relaxation are observed after a peak stress. We also showed that this behavior can be explained by competition between reaction and deformation strain rate. This result was consistent to a certain extent with the result of $CaSO_4$・$1/2H_2O$–H_2O system reported by Skarbek et al. (2018).

In this report, we aimed to clarify the influence of reaction and deformation rate on stress generation and the permeability development during volumetric expansion reaction. We conducted two experiments, the stress measurement experiments and the permeability experiments. In the former, experiments were conducted using pellets (ϕ=45–55%) of MgO powder as a starting material under conditions of approximately 80 to 120 ˚C and fluid pressure of approximately 0.100 MPa. The developments of reaction-induced stress were measured as a function of temperature. In the same experimental systems, the reaction and deformation rate were determined by measuring the strain and the reaction rate. In the latter, the experiment was conducted using the sintered MgO as a starting material under the conditions of approximately 100 to 300 ˚C, a fluid pressure of 0 to 10 MPa, and a confining pressure of 0 to 50 MPa. The permeability developments were measured under conditions of various temperatures, confining

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

pressures and fluid pressures. From the results, we consider the relation between stress, fracturing and permeability and discuss the modes of rock fracturing and fluid transfer enhancement during hydration reactions in the crust.

キーワード：反応誘起応力
Keywords: Reaction-induced stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

透過菊池回折によるウルトラマイロナイト中のオリビン結晶方位解析：EBSDの微小部への拡張
Crystal orientation analysis of olivine in ultra-mylonite using TKD method: progress in spatial resolution from EBSD

*伊神 洋平[1]、道林 克禎[2]、柿畑 優季[2]、纐纈 佑衣[2]
*Yohei Igami[1], Katsuyoshi Michibayashi[2], Kakihata Yuki[2], Yui Kouketsu[2]

1. 名古屋大学 未来材料・システム研究所、2. 名古屋大学 環境学研究科
1. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

マントルは地球全体の80%以上を占めており、地球内部における物質循環や地球の形成史を理解する上で重要な領域である。そのうち上部マントル層の主要構成物質はかんらん岩であり、オリビン（$[Mg,Fe]_2SiO_4$、かんらん石）粒子の集合体である。オリビンは斜方晶系の結晶で力学的にも異方性を示すため、かんらん岩が剪断的な変形作用を受けた際に含水量や差応力などを反映して様々パターンでの選択配向を示す(Karato et al., 2008)。この配向パターンはかんらん岩の変形場について理解するための重要な指標となる上に、バルクでの地震波異方性推定のためのパラメータにもなるため、マントルの物質科学において大変重要な意味を持つ情報である。

オリビンの配向パターンの解析には現在、ほとんどの場合で走査型電子顕微鏡および電子線後方散乱回折検出器(SEM-EBSD）による方位マッピングが用いられている。EBSDは試料表面から形成される菊池パターンを解析する手法で、現在では自動でのデータ取得・方位決定が可能なハード・ソフトウェアが充実している。そのため様々な地域で採取されたカンラン岩中のオリビン配向パターンのデータが蓄積されてきた。しかし、オリビンの粒径がミクロンオーダー以下となってくると明瞭なEBSDパターン取得が難化することもあって、構造地質学の議論の上ではサブミクロン～ナノ領域の粒子の影響は見過ごされてきたことも多い。

一方、菊池パターンを得る際には、試料を100nm程度の薄膜にすることで、試料内での電子線の広がりが抑えられて空間分解能の向上が可能である(Keller and Geiss, 2011)。これは、透過菊池回折法(TKD)と呼ばれる手法で、EBSDの検出器や自動解析環境をそのまま使うことができるという利点も持つ。そこで本研究では、構造地質学のサブマイクロオーダー粒子の解析への展開を念頭に、TKD法によるウルトラマイロナイト中のオリビン配向解析を試みた。ウルトラマイロナイトは強い剪断応力を受けて、数μmからそれ以下の粒子の多結晶体となったカンラン岩であり、より詳細な変形プロセス理解が望まれている。

試料は、PROTEA5航海での調査で得られたMarionトランスフォーム断層のウルトラマイロナイトを用いた。SEM観察によれば、当試料はオリビンや角閃石の斑晶および細粒粒子のマトリックスで構成され、その他には直方輝石やクロムスピネルも確認される (Kakihata et al., 2018, AGU)。この試料に対し、SEM-EBSDにより方位解析を試みたのち、FIB (HITACHI FB2100)を用いて、オリビン細粒結晶領域を切り出して薄膜化し、TKD解析を行った。EBSDおよびTKDでは同じSEM-EBSDシステム（HITACH, S-3400N + OXFORD Instruments, NordlysNano)を用いた。

実験の結果、ウルトラマイロナイトのTKDデータの取得に成功し、サブミクロンの粒子同士の粒界まで識別エラー無く方位同定された。WフィラメントのSEMを用いたにもかかわらず、同試料の薄片に対するFESEM-EBSDでの解析よりも高い空間分解能を有したデータが得られた。得られたTKDマップデータに対してはEBSD同様の統計解析システムを用い、三宅ら(2016, 鉱物科学会)の提案による設定を行うことで方位マップが得られ、細粒オリビンのb軸が剪断面構造に対して垂直の選択配向を示すことが分かった。また、いびつな形状の粒子の存在や、亜粒界により連なるような粒子の存在も可視化された。本研究で用いたTKD法は、TEM分析ほどの空間分解能には至らないものの、薄膜試料全体の方位解析における労力はとても小さく、TEM分析の事前準備としての活用は効果的である。今後、TKD法の活用により、これまで分析が困難であったカンラン岩中の細粒粒子の力学的影響の研究が促進されると考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：電子線後方散乱回折法、透過菊池回折法、結晶選択配向、ウルトラマイロナイト、かんらん岩
Keywords: EBSD, TKD, crystal preferred orientation, ultra-mylonite, peridotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Elucidation of effective diffusion coefficient along grain boundaries by hydrothermal experiment using low porosity rocks

*杉沢 直樹[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1]
*Naoki Sugisawa[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院　環境科学研究科　先進社会環境学専攻
1. Graduate school of environmental studies Tohoku university

Elucidation of the time scale of the fluid activity recorded in the rock is important for understanding the actual condition of fluid activity in the crust. In recent years, it has become possible to estimate time-scale of fluid activity in the crust from isotopes and element concentration profile of natural metamorphic rocks. (e.g.John et al.,2012) To estimate the time-scale, the effective diffusion coefficient (Deff) is important as an indicator of diffusion via grain boundary fluid. It is known that the effective diffusion coefficient depends on the porosity (Φ) of rock and time due to grain boundary diffusion. (e.g.Boving and Grathwohl, 2001) The effective diffusion coefficient is conventionally substituted by the product of self-diffusion coefficient (D_{self}) and porosity ($D_{self}\Phi^x$). However, the effective diffusion coefficient varies depending on the power factor (x) of the porosity, and the estimated timescales depend significantly on the power factor (x). Therefore, we clarified the relationship between porosity vs effective diffusion coefficient and confining pressure vs effective diffusion coefficient using hydrothermal experiment under crustal condition with various low porosity granite. In this paper, we mention the following two experiments as the first step : (1) Fluorapatite (F-Ap) substitution reaction (2) Determination of effective diffusion coefficient using low porosity hydroxyapatite sintered body (OH-Ap).

In this study, natural F-Ap from Mexico and OH-Ap (Wako Pure Chemical corporation) were used as starting materials. In experiment (1), first, natural F-Ap was cut in the c-axis direction. And it was put in the gold tube with 0.0006-6 M HCl or 0.01-1 M NaOH two types solution. After that gold tube was putted in the batch type hydrothermal equipment and conducted hydrothermal experiment under 400 ℃, 50 MPa for168 hour. In experiment (2), OH-Ap powder was pressed under 200 MPa for 30 minutes and then the porosity was varied by sintering at deference temperature from 1500 ℃ to 1200 ℃. After cooling, the porosity was measured by the wet method. NaF solution saturated at room temperature and OH-Ap sintered body was added to the same apparatus as above and a hydrothermal experiment was conducted at 300 ℃ and 20 MPa for 168 hours. After the experiment (1) and (2), the samples were evaluated by quantitative analysis and mapping analysis with EPMA in both cases. Before the experiment, phase diagram of apatite under experimental temperature and pressure was prepared using SUPCRT92, GEMS to expect these reactions.

As a result of the hydrothermal experiment, in the experiment (1), it is suggested that the OH in F-Ap is substituted with Cl under HCl solution and the NaOH substitutes OH for F. In experiment (2), F diffusion zoning was generated along the clacks in the sintered OH-Ap, and an effective diffusion coefficient was calculated using diffusion equation. There was no apparent porosity dependency of the effective diffusion coefficient at porosities 1.68-5.83%. The effective diffusion coefficient obtained in this experiment was equivalent to the self-diffusion coefficient of fluorine multiplied by the porosity 2.26 power. ($D_{eff} = D_{self}\Phi^x$) (e.g. Oelkers and Helgeson, 1988) However, the porosity measured by the wet method needs to be investigated because it contains the cracks generated in making the sintered body. (e.g. mercury porosimeter)

Based on the above experimental results, it is discussed that the influence of temperature, pressure, solution condition, on substitution of monovalent halogen and hydroxyl group between apatite and fluid and relationship between porosity and effective diffusion coefficients.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References
John et al. Nature Geosience, Vol.5, July 2012, Pages 489-492 Boving and Grathwohl Journal of Contaminant Hydrology, Vol.53, 8 May 2001, Pages 85-100 Oelkers and Helgeson, Geochemica et Cosmochimica Acta, Vol.52, October 1988, 63-85

キーワード：有効拡散係数、空隙率、地殻内流体
Keywords: effective diffusion coefficient, porosity, Crustal fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層がウジ帯により記録される繰り返し地震すべり：野島断層ボーリングコアからの証拠

Seismic slipping events recorded in a fault gouge zone: evidence from the Nojima Fault drill holes, SW Japan

*林 愛明[1]、西脇 隆文[1]
*Aiming Lin[1], Takafumi Nishiwaki[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

It is well known that large intra-continental earthquakes occur repeatedly along mature active faults and that the seismic slip may be recorded by cataclastic rocks, including fault gouge zones, that form at shallow depths in the upper crust (e.g., Lin, 2008). A fault gouge zone, bounded by a principal fault plane, is considered to represent the seismic slip zone that accommodates most of the accumulated fault displacement in the seismogenic regime. Therefore, studies of fault gouge zones along mature active faults would provide important information for reconstructing the long-term seismic faulting behavior of such faults, as well as providing new insights into the individual seismic slipping processes of active faults and their paleoseismic histories.

In the present study, we focused on the structural features of the fault gouge zone observed in drill cores acquired from nine holes that were drilled through the Nojima Fault (NF) at different depths from ~260 to 900 m at the Ogura site (Lin and Nishiwaki, 2019). Drilling investigations and structural analyses of drill cores reveal that a ~60 m wide fault damage zone containing a 10–30 cm thick fault gouge zone developed along the Nojima Fault (NF), on which the 1995 M_w 6.9 Kobe (Japan) earthquake occurred. The fault gouge zone was observed at depths of ~260 to 900 m in nine drill holes that intersected the NF. Our findings show that i) the fault gouge zone observed at different depths in the nine drill cores is the principal fault slip zone of the NF, ii) the fault gouge zone can be divided into 11–20 thin layers of different color, and iii) the individually colored layers contain different color breccias of fault gouge that are offset and/or cut by cracks and crack-filled calcite and quartz veinlets. Our results reveal that the fault gouge zone probably records more than 11–20 paleoseismic faulting events along the NF during the late Pleistocene-Holocene.

References:

1) Lin, A., 2008. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes. Springer, Berlin, 348p (ISBN 978-3-540-74235-7).
2) Lin, A., Nishiwaki, T., 2019. Repeated seismic slipping events recorded in a fault gouge zone: evidence from the Nojima Fault drill holes, SW Japan. Geophys. Res. Lett., doi: 10.1029/2019GL081927.

キーワード：断層ガウジ、野島断層、地震すべり
Keywords: Fault gouge zone, Nojima Fault, Seismic slipping event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolution of fluid chemistry during basalt-water and basalt-seawater interactions revealed by hydrothermal flow-through experiments

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1]
*Yusuke Netsu[1], Atsushi Okamoto[1], Nobuo Hirano[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学　環境科学研究科
1. Tohoku University, Graduate School of Environment Studies

Recently, several deep drilling projects for exploiting the supercritical geothermal reservoirs in the world. For example, in 2017, the Island Deep Drilling Project (IDDP-2) reached 427 ˚C and 34 MPa, which exceeds the critical point of seawater. The drillcores revealed that the intense water-rock interaction under greenschist to amphibolite facies metamorphism. Although such deep drilling provides us direct information of active metamorphic processes. however, it is still unclear whether conventional petrological analyses could apply to reaction processes in open systems at high temperature hydrothermal alteration at seafloor. There have been few experiment studies on the water-rock interaction under supercritical conditions with some exceptions (Yardley et al. 2014).

In this study, we conducted hydrothermal flow-through experiments on the basalt-H_2O, basalt-NaCl.aq, basalt-seawater systems under the sub or supercritical conditions. The temperature and pressure were set to be 400 ˚C and 37 - 39 MPa, and the input solutions was flowed at constant flow rate (0.1 ml/min) for 1 –6 days. We placed a powder of MORB (Island, 250-500 μm), which is composed of plagioclase (Pl), olivine (Ol) phenocrysts and clinopyroxnene (Cpx), Pl groundmass, with lessor amount of volcanic glass, in a Ti inner tube (L=275 mm, I.D.= 4.35 mm). During the run, the solution was continuously pumped into the reaction vessel, and the output solution was collected every few hours. The concentration of Si, Al, Ti, Fe, Mg, Ca, Na, and K in the output solution was analyzed by ICP-AES.

In the basalt-H_2O experiment, the products varied with distance from the inlet. At the inlet and middle of tube, Ca-rich Pl (An# 0.98) formed around primary Pl grain with producing abundant pores, whereas chlorite was dominantly formed around Ol and Pl at the middle to outlet of inner tube. The solution chemistry evolves with time: Si concentration was initially high and then decreases toward the steady state. pH, Na and Al increases with decreasing Si, whereas the Ca, Mg and Fe concentrations were low. These features indicate the dissolution of volcanic glass at the initial stage, and then the solution chemistry was controlled by preferential leaching of albite component of plagioclase.

In the basalt-saline water (2.5 wt% of NaCl) experiment, we observed pH rises accompanying the decrease Si concentration, indicating the leaching of Si and dissolution of Pl similar to the basalt- H_2O experiment. One of the large differences between the two experiments was the extremely high Na concentration of saline water, resulting in the leaching of Ca (Ca concentration of the output solution was 40 to 80 times that of H_2O experiment), or breakdown of Ca-bearing minerals. In the basalt reaction with artificial seawater, which contains a lot of Mg^{2+}, SO_4^{2-}, CO_3^{2-} ions, revealed that the significant amount of precipitation of sulfate minerals occurred in the pre-heating parts of the vessel (before pass through the fluid reached the basalt sand), and that chlorite was formed throughout the reaction tube, which clogged the reaction vessel in a day. In contrast to the H_2O and saline water experiments, pH decreased to 3. In spite that we conducted the experiments with the same rock sample (basalt sand) and the same P-T conditions, the products and solubitions after the water-rock interaction were quite different in response to the input solutions, probably because the open system, in which new fluids are continuously supplied,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

is never rock-buffered. We will analyse the complicated reaction systems which control te evolution of solutions and minerals, based on the analyses of speciation of aqueous species, saturation of minerals and variation of replacement textures of minerals.

Reference
Yardley, B. W., Harlov, D. E., & Heinrich, W. (2010). Rates of retrograde metamorphism and their implications for crustal rheology. Geofluids, 10(1-2), 234-240.

キーワード：岩石-水相互作用、流通式実験、超臨界条件、玄武岩-水系、ザクロ石の生成
Keywords: Fluid-rock interaction, Flow through experiment, Supercritical condition, Basalt-seawater system, Garnet synthesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3D microstructural analyses of fault rocks using CT and μCT scanning techniques

*Bingcheng Liu[1], Aiming Lin[1], Takafumi Nishiwaki[1]

1. Kyoto University

Meso- and microstructures of fault rocks including fault gouge developed in the active fault shear zone can reflect the deformation processes of fault motion and faulting mechanisms (Lin, 2008). Therefore, the study on structural features of fault rocks may provide new insights for understanding the nature of active faults. However, it is difficult to understand the spatial variation of microstructures of fault core zone based on traditional methods using two dimensional images under naked-eye and microscopic observations. Accordingly, it is necessary to develop an analytical method for three dimension (3D) analysis for understanding the spatial variation and internal structures of fault core zone. Computed tomography (CT) apparatus with micro-CT (μCT) accessories is a powerful tool which allows non-destructive 3D X-ray imaging and analyzing the spatial and internal structures within non-transparent objects, mainly determined by variations in density, chemical composition (effective atomic number) as well as thickness (Cnudde, 2005).

In this study, the CT and μCT imaging techniques are exploited to observe the 3D internal structures of a series of representative fault rocks: 1) pseudotachylytes of different origins (melting and crushing), and 2) cataclasitic rocks including fault gouge, fault breccia and cataclasite, by utilizing two types of scanning apparatuses (Bruker microCT, 2014): 1) μCT flat panel (FP), and 2) μCT charge coupled device (CCD). The samples of pseudotachylyte are from Fuyun, NW China (Lin, 1994), Ohsumi, Japan (Fabbri et al., 2000), and Musgrave Mt, Australia (Lin et al., 2005), respectively. The samples of fault gouge were acquired from two typical active fault zones in Japan: The Nojima Fault and Arima-Takatsuki Tectonic Line, SW Japan (Lin and Nishiwaki, 2019). The FP analysis shows that 1) the flow structures within the melting-origin pseudotachylytes are denoted by parallel colored glassy matrix layers with numerous rounded quartz clasts and quartz-filled amygdules which are oriented along the flow layers, and 2) chilled margins are characterized by fine-grained microlites orientated parallel to the margins. The 3D scanning images show that the layering structures developed within the fault gouge and fault breccia zones which are marked by sharp colored boundaries, oriented clasts and fine-grained matrixes. Our results demonstrate that 1) the CCD imaging makes it possible to observe sub-micron and even nano-scale 3D microsturctures fault rocks without destruction, and 2) μCT imaging can be further combined with traditional methods (such as optical microscope and SEM observation) to determine the spatial variations for both the meso- and microstructures and chemical compositions of fault rocks.

References:

1). Lin, A., 2008. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes. Springer, Berlin, 348p (ISBN 978-3-540-74235-7).

2). Veerle Cnudde, 2005. Exploring the potential of X-ray tomography as a new non-destructive research tool in conservation studies of natural building stones. Diss. Ghent University.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3). Bruker microCT. SkyScan 2211 User Manual, 2014.

4). Lin, A., 1994. Jour. Struct. Geol., 16, 71-83.

5). Fabbri, O., Lin, A., Totsushige, H., 2000. Jour. Struct. Geol., 22, 1015-1026.

6). Lin et al., 2005. Tectonophysics, 402, 21-35.

7). Lin, A., Nishiwaki,T., 2019. Geophy. Res. Lett., 46, DOI: 10.1029/2019GL081927.

Keywords: computed tomography, fault rocks, microstructure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dissolution kinetics of forsterite olivine at >200 ˚C: implication for the kinetics of serpentinization.

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1]
*Ryosuke Oyanagi[1], Tatsu Kuwatani[1], Katsuhiko Suzuki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Serpentinization (hydration of mantle peridotite) gives significant changes to both chemical and physical properties of the oceanic lithosphere. Several studies suggested that the rate of serpentinization is maximized at 250-300˚C, and the rate-limiting process of serpentinization is the dissolution of primary mineral (e.g., Malvoisin et al., 2012). Therefore, the dissolution rate of olivine at 250-300˚C is consequently a critical parameter to understand the progress of serpentinization in the oceanic lithosphere. However, the olivine dissolution rates at > 150˚C have never been measured (Rimstidt et al. 2012), and the olivine dissolution rate extrapolatory calculated at 300˚C was inconsistent with the olivine serpentinization kinetics (Malvoisin et al., 2012). Towards the improved understanding of serpentinization kinetics, measuring dissolution rates of olivine as a function of solution composition and the temperature is required.

In this study, the dissolution rate of natural olivine ($(Mg_{0.91}, Fe_{0.09})_2SiO_4$) was measured at 200-400 ˚C and 50 MPa using a flow-through reactor (Suzuki et al., 2015). A 0.5 mol/kg NaCl solution was introduced at a constant rate of 2.0 mL/min during experiments. A preliminary experiment revealed that steady-state dissolution rate of olivine at 200 ˚C and far-from-equilibrium conditions was ca. -4.8 [mol/m^2/s] in log units. The obtained dissolution rate was consistent with the extrapolated dissolution rate (log_{10}(Rate) = ca. -4.72 [mol/m^2/s]), which was extrapolated from their pH-temperature dependence at 25-150 ˚C (Rimstidt et al., 2012). Based on dependences of temperature, salinity, and ΔG on dissolution rate, the timescales on hydrothermal alteration of peridotite will be discussed.

References

Malvoisin B, Brunet F, Carlut J, et al (2012) Serpentinization of oceanic peridotites: 2. Kinetics and processes of San Carlos olivine hydrothermal alteration. J Geophys Res Solid Earth 117:1–13. doi: 10.1029/2011JB008842

Rimstidt JD, Brantley SL, Olsen AA (2012) Systematic review of forsterite dissolution rate data. Geochim Cosmochim Acta 99:159–178. doi: 10.1016/j.gca.2012.09.019

Suzuki K, Kato S, Shibuya T, et al (2015) Development of Hydrothermal and Frictional Experimental Systems to Simulate Sub-seafloor Water–Rock–Microbe Interactions. In: Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems. Springer Japan, Tokyo, pp 71–85

キーワード：蛇紋岩、反応速度、かんらん石、溶解速度
Keywords: Serpentine, Reaction rate, Olivine, Dissolution rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:遠藤 俊祐(島根大学 総合理工学部 地球科学科)、大柳 良介(国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

15:30 ~ 15:45

[SMP32-13] 日本列島造山帯の初期沈み込み記録: 木頭名結晶片岩の年代学再訪

*松永 翔太[1]、辻森 樹[1]、宮下 敦[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.成蹊大学、3.岡山理科大学)

15:45 ~ 16:00

[SMP32-14] Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

*辻森 樹[1]、原 智美[1]、進士 優朱輝[1]、石坂 知裕[1]、宮島 宏[2]、木村 純一[3]、青木 翔吾[4]、青木 一勝[4] (1.東北大学、2.フォッサマグナミュージアム、3.海洋研究開発機構、4.岡山理科大学)

16:00 ~ 16:15

[SMP32-15] スパースモデリングにより捉えた沈み込みスラブの発展的組成変化

*吉田 健太[1]、桑谷 立[1,2]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、赤穂 昭太郎[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SMP32-16] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology: Applications

*古川 旦[1]、辻森 樹[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[4] (1.東北大学地球惑星物質科学科、2.東北大学、3.岡山理科大学生物地球学部、4.岡山理科大学　理学部　基礎理学科)

16:30 ~ 16:45

[SMP32-17] X線CTを用いた断層岩の3次元構造解析ー野島断層を例としてー

*西脇 隆文[1]、林 愛明[1]、劉 炳成[1] (1.京都大学)

16:45 ~ 17:00

[SMP32-18] High- and low-stress subduction zones recognized in the rock record

*石井 和彦[1]、ウォリス サイモン[2] (1.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

日本列島造山帯の初期沈み込み記録: 木頭名結晶片岩の年代学再訪
Early Paleozoic subduction-zone metamorphism in Japan: A geochronological reappraisal of Kitomyo Schists

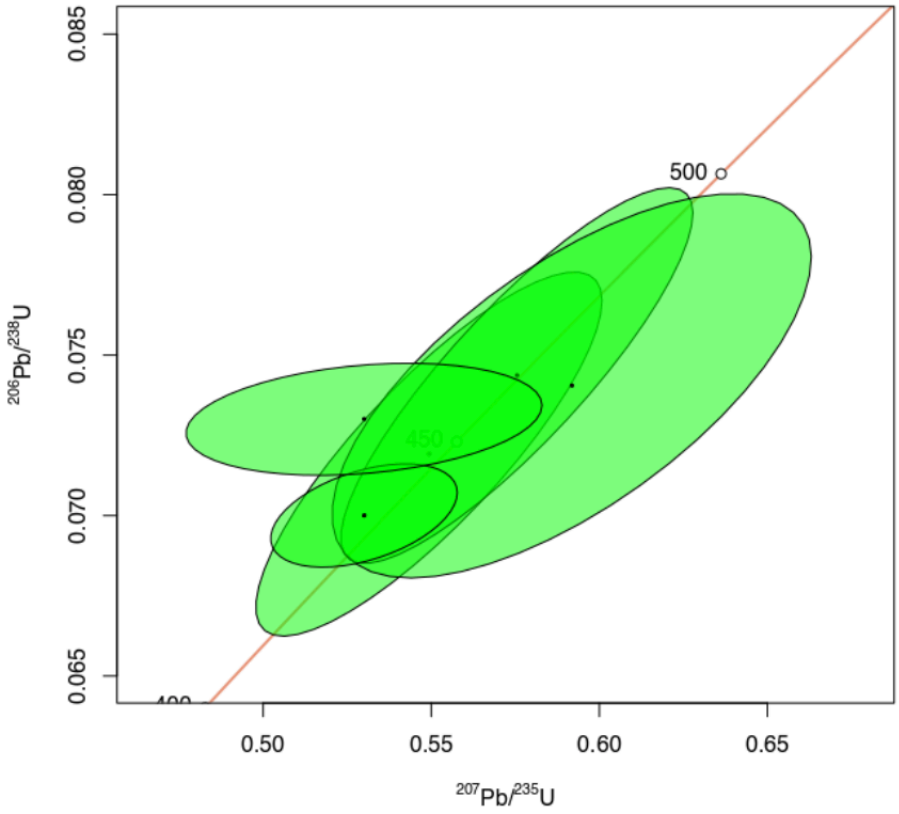
*松永 翔太[1]、辻森 樹[1]、宮下 敦[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3]
*Shota Matsunaga [1], Tatsuki Tsujimori[1], Atsushi MIYASHITA[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[3]

1. 東北大学、2. 成蹊大学、3. 岡山理科大学
1. Tohoku University, 2. Seikei University, 3. Okayama University of Science

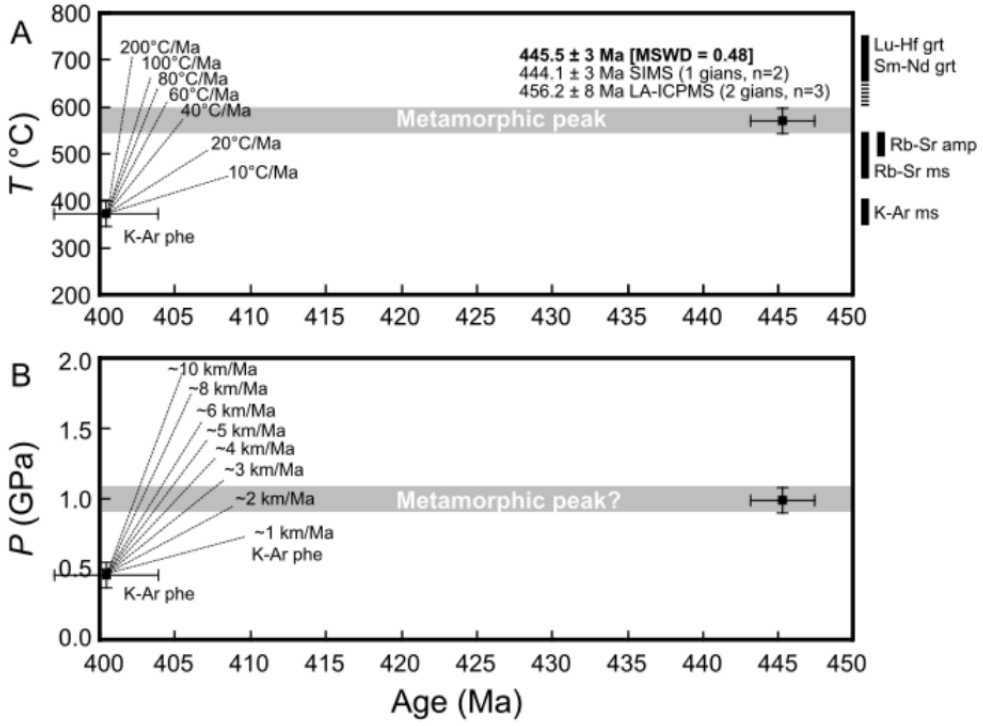
Early Paleozoic subduction-related high-pressure metamorphic rocks have been reported from the Kitomyo Schists of the Kurosegawa Belt (Maruyama and Ueda 1975 [doi: 10.2465/ganko1941.70.47]) and the Fuko Pass Metacumulates (FPMC) of the Oeyama Belt (Tsujimori and Liou 2004 [doi: 10.1111/j.1525-1314.2004.00515.x]). In order better to understand the earliest subduction zone record of the ‘proto-Japan’, we revisited the Kitomyo Schists petrologically and gecohronologically. The metasedimentary sample is a well-deformed, quartzo-feldspathic mica schist, with the mineral assemblage of garnet + clinozoisite + phengite (Si p.f.u. = 3.3–3.5) + quartz + albite. Euhedral grains show distinct prograde chemical zoning in spessartine decrease toward the rims. The lack of biotite, oligoclase and paragonite indicate that the schist underwent a HP intermediate type metamorphism. The metabasaltic rock is a well-deformed, amphibolite. Although the amphibolite was overprinted severely at a greenschist-facies condition, relict barroisitic amphibole [B]Na (Na in the B-site) = ~0.69 and rutile, indicating HP metamorphism. LA-ICPQMS and HR-SIMS zircon geochronology yielded 445.5 ±3 Ma for the timing of HP intermediate type metamorphism of the Kitomyo Schists. Metamorphic zircon in metasedimentary sample is characterized by lower U (117–132 μg/g) and lower Th (34–143 μg/g) than detrital magmatic zircons. Our reapproval suggests that the Kitomyo Schists formed in an Early Paleozoic subduction zone with geothermal gradient in the order of ~15°C/km. Such a relatively high geothermal gradient in the subduction zone has produced the HP intermediate type metamorphism. The earliest subduction record in the ‘proto-Japan’ was not ‘cool’ enough to produce blueschist.

キーワード：変成ジルコン、ジルコン年代学
Keywords: metamorphic zircon, zircon geochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



LA-ICPQMS and HR-SIMS U-Pb analysis of metamorphic zircons. Data are plotted on Concordia diagram



P-T condition of metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

*辻森 樹[1]、原 智美[1]、進士 優朱輝[1]、石坂 知裕[1]、宮島 宏[2]、木村 純一[3]、青木 翔吾[4]、青木 一勝[4]
*Tatsuki Tsujimori[1], Tomomi Hara[1], Yuzuki Shinji[1], Tomohiro Ishizaka[1], Hiroshi Miyajima[2], Jun-Ichi Kimura[3], Shogo Aoki[4], Kazumasa Aoki[4]

1. 東北大学、2. フォッサマグナミュージアム、3. 海洋研究開発機構、4. 岡山理科大学
1. Tohoku University, 2. Fossa Magna Museum, 3. JAMSTEC, 4. Okayama University of Science

'Nunakawaite' (strontiojoaquinite) is an orthorhombic variety of strontiojoaquinite [$Sr_2Ba_2(Na,Fe)_2Ti_2[Si_4O_{12}]_2O_2(O,OH)_2{\cdot}H_2O$]; it is a rare joaquinite group mineral that is only found in a riebeckite-bearing albitite in the serpentinite-matrix mélange of the Itoigawa–Omi area. The mineral was originally named after 'Princess Nunakawa' (*nunakawa hime*) in the Japanese Shinto mythology '*Kojiki*'.

'Nunakawaite' is characterized by remarkably high Ba, Zr, Nb, Zn, LREEs, MREEs, and enriched in U (35.8–721 $\mu g{\cdot}g^{-1}$), Pb (2.2–31 $\mu g{\cdot}g^{-1}$), and Th (7.42–2365 $\mu g{\cdot}g^{-1}$). LA-ICPMS analyses show highly variable U/Pb ($^{238}U/^{206}Pb$ = 9.245–68.98) and Pb ($^{207}Pb/^{206}Pb$ = 0.0758–0.756) isotope ratios, and the scattered trend define an isochron line with a lower intercept at 89.19 ±1.07 Ma. The 'nunakawaite' U–Pb age confirms that the 'nunakawaite'-hosted riebeckite-bearing albitite formed at late Cretaceous. This implies that the serpentinite-matrix mélange unit with early Paleozoic jadeitites and late Paleozoic blueschist, eclogite and amphibolite was reactivated by a significantly younger tectonic event.

In-situ Sr-Pb isotope analyses show two different isotope trends between Sr-rich accessory minerals in riebeckite-bearing albitite ('nunakawaite' and ohmilite) and those in jadeitite (itoigawaite, stronalsite, vesvianite, Sr-rich epidote). The Sr-Pb isotopes also support the idea that the riebeckite-bearing albitite formed by a fluid-induced metasomatic event different from the jadeitite-forming metasomatism at early Paleozoic. The formation of riebeckite-bearing albitite at ~90 Ma is coeval with late Cretaceous granitic intrusion of the Omi area (youngest zircon U–Pb: 90.8 ±1.1 Ma: Nagamori et al. 2018). The granitic intrusion might have acted an important role in the formation of 'nunakawaite'. In other words, reactivation of metasomatic mineralization in the Paleozoic serpentinite mélange is recorded in the Cretaceous riebeckite-bearing albitite.

キーワード：'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)、U–Pb dating、metasomatism、serpentinite mélange、Itoigawa–Omi area
Keywords: 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite), U–Pb dating, metasomatism, serpentinite mélange, Itoigawa–Omi area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スパースモデリングにより捉えた沈み込みスラブの発展的組成変化
Modeling of the progressive evolution of subducting slab composition by sparse modeling

*吉田 健太[1]、桑谷 立[1,2]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、赤穂 昭太郎[3]
*Kenta Yoshida[1], Tatsu Kuwatani[1,2], Kenta Ueki[1], Ryosuke Oyanagi[1], Shotaro Akaho[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、2. 科学技術振興機構 さきがけ、3. 産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. PRESTO, Japan Science and Technology Agency, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

The progressive evolution of subducting rocks under intermediate high-*P/T* type metamorphism is modelled by using thermodynamic calculation combined with mass-transfer calculation. On the basis of non-negative matrix factorization analysis, Yoshida et al. (2018 J. Metamorph. Geol.) pointed out the evolutional change of the composition of metapelites collected from the Sanbagawa metamorphic belt. The evolutional change can be approximated as the increase of stoichiometric garnet, which may have resulted from the fixation of garnet and the effusion of other components by high-temperature aqueous fluids. To model this progressive compositional evolution more quantitatively, we performed mass-transfer calculation to determine a specific reference frame of the evolutionally-changing whole-rock compositions. Generally, mass-transfer calculation defines one or multiple immobile elements on the basis of petrographic observation, common knowledge of mobility of elements, deviation of the concentration among the dataset used, and so on (e.g., Baumgartner and Olsen, 1995; Ague 2011). The Data-driven Isocon analysis, newly proposed method applying a sparse modeling approach, is designed to determine reference frame of mass-transfer being mostly free from the arbitrariness to choose immobile element(s), and also applicable for the case where no elements can be assumed as a completely immobile element (Kuwatani et al., 2019 in this meeting M-GI33). This new method defines a reference frame of a series of dataset on the basis of the data structure, finding a least-mobile (not necessary to be “immobile”) element. To figure out the mass gain/loss behavior of the subducting metapelites, applying the Data-driven Isocon analysis is suitable because (1) the dataset show weak but mostly monotonous compositional trend (Yoshida et al., 2018); (2) it is difficult to assume a specific immobile element on the basis of the petrographic observation provided previously. We performed the Data-driven Isocon analysis to the major component dataset of the metapelites collected from the Sanbagawa metamorphic belt of the central Shikoku (Goto et al., 1996). The Isocon analysis indicated a total of 6% of mass loss during the progressive metamorphism, which is characterized by the decrease of Na and Si and the increase of divalent cations assuming Al as the least-mobile element. This result indicated that the evolutional change of the Sanbagawa metapelites is characterized not only by mass loss possibly because of the high-temperature fluid, but also some addition of mafic components. Among the high metamorphic grade zone (> garnet zone) of the relevant area, common existence of the ultramafic blocks are observed, suggesting the previous contact with the wedge mantle (Aoya et al., 2013). The addition of the mafic components may have originated from the material transfer from the ultramafic bodies. On the basis of actual mass loss obtained from the Isocon analysis and the thermodynamic modelling, the water production rate can be calculated (e.g., Dragovic et al., 2018). From the chlorite zone (approximately 350 degC, 0.5 GPa) to the oligoclase-biotite zone (approximately 610 degC, 1.0 GPa), water production rate of 64 kg/m3/Myr, being consistent with the previously indicated values (6-90 kg/m3/Myr: Peacock, 1989; 5-20 kg/m3/Myr: Lyubetskaya and Ague, 2009), was obtained.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：三波川変成帯、沈み込み帯、スパースモデリング、深部流体
Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, subduction zone, sparse modeling, deep fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology: Applications

*古川 旦[1]、辻森 樹[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[4]
*Tan Furukawa[1], Tatsuki Tsujimori[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[4]

1. 東北大学地球惑星物質科学科、2. 東北大学、3. 岡山理科大学生物地球学部、4. 岡山理科大学　理学部　基礎理学科
1. Tohoku University, Department of Earth Science, 2. Tohoku University, 3. Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 4. Department of Applied Science Okayama University of Science

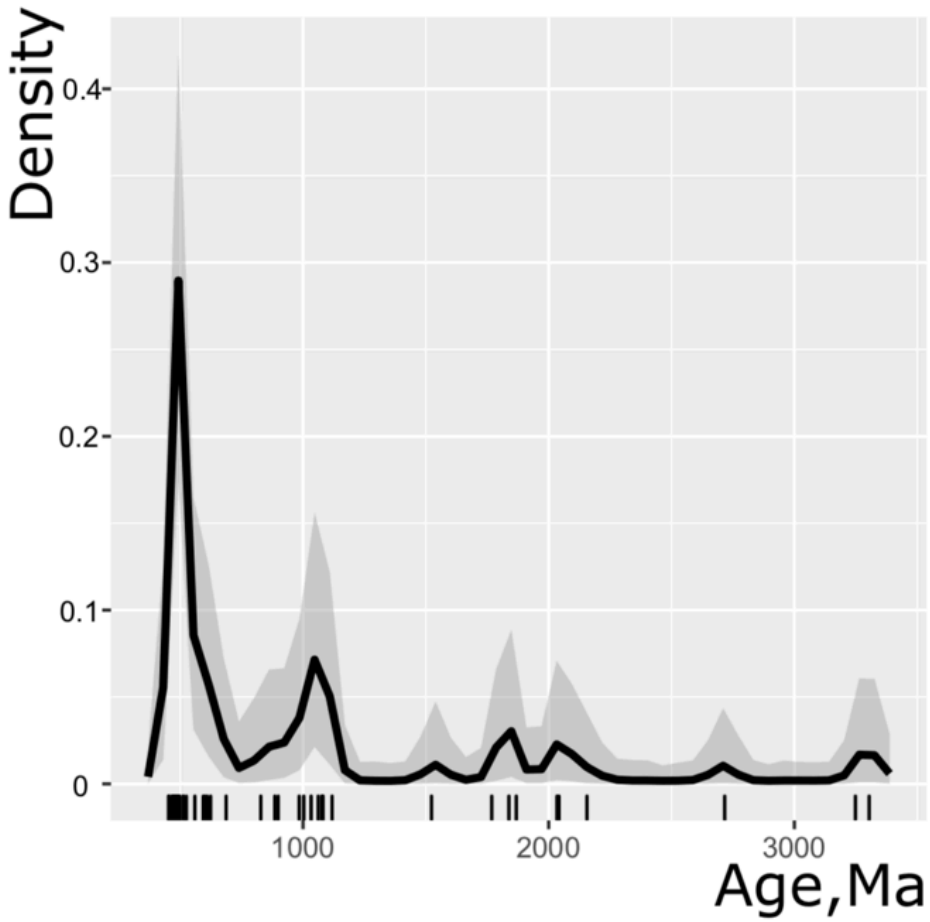
Detrital zircon geochoronology is an essential method for determining the provenance and maximum depositional age of sedimentary and metamorphic strata. The age distribution is conventionally evaluated by using histograms. However the lack of the statistical verification of the histograms can cause misunderstanding of data. In order to overcome the raised statistical issues, we established new statistical evaluation method to evaluate distribution for detrital zircon ages, based on Bayesian Statistics (Furukawa and Tsujimori, 2019 JpGU, session M-GI33). As the application of our new statistical evaluation method, LA-ICPMS U-Pb dating for detrital zircon separates from the Carboniferous lawsonite-bearing metagreywacke of the Osayama serpentinite mélange (OSM) and the Cretaceous arkose sandstone of the Akaiwa Formation (AFS), Tetori Group was conducted.

The OSM of the Renge Belt tectonically overlies the pre-Triassic geotectonic units of the Chugoku Mountains (e.g., Tsujimori 1997 Min. Mag.; Tsujimori and Itaya 1999 IAR). The geological and lithological features are similar to those of late Paleozoic blueschist-bearing serpentinite mélange units of the Kurosegawa Belt in Shikoku, Kyushu and Kii Peninsula. Our new data shows that the OSM zircons show at least bimodal age distributions at ~500 Ma and ~1,100 Ma with 95% certainty; the group of the oldest concordant ages reaches 3,300 Ma and the youngest concordant age was 412 Ma.Comparison with existing data in the literatures (e.g. metasediments in the Kii Peninsula: Yoshimoto et al. 2013 JMPS), our Bayesian-based statistical evaluation shows a strong similarity.

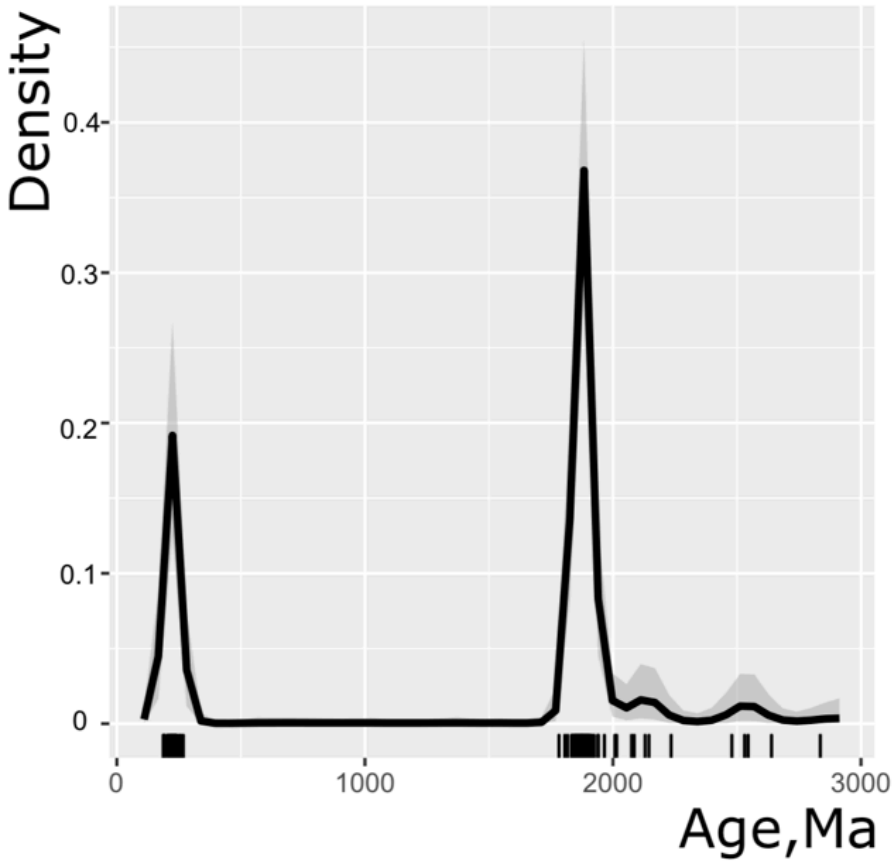
We also applied our new evaluation method to the Tetori Group sandstones. The youngest grain yields 187 Ma, and the oldest concordant age was 2,940 Ma. Our evaluation found statistical 'discrepancy' with more than 90% certainty between our AFS data and the existing data of the Itsuki Formation (Kawagoe et al., 2012 Mem. FPDM), which stratigraphically occupy higher portion of the AFS and unconformably overlies the AFS. Throughout the two applications, we introduce how our new statistical evaluation works and its advantages in geological sciences.

キーワード：ベイズ統計学、砕屑性ジルコン年代学
Keywords: Bayesian statistics, detrital zircon geochoronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



The distribution of OSM detrital zircons and its 95% credible interval



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X線CTを用いた断層岩の3次元構造解析ー野島断層を例としてー
3D structural analysis using X-ray Computed Tomography technique: a case study for fault rocks from the Nojima Fault, southwest Japan

*西脇 隆文[1]、林 愛明[1]、劉 炳成[1]
*Takafumi Nishiwaki[1], Aiming Lin[1], Bingcheng Liu[1]

1. 京都大学
1. Kyoto University

活断層せん断帯における断層岩の構造には、断層運動のメカニズム解明のために重要な情報が残されている場合がある（例えばLin et al, 2013; Lin and Nishiwaki, 2019）。これは、断層岩の巨視的ー微視的な変形組織構造が、断層発達過程における一連の変形過程によって、ある空間的広がりを持って形成されるためである（Lin, 2008）。従って断層せん断帯の巨視的ー微視的組織構造の空間変化を理解するためには、断層岩構造の3次元（3D）解析が重要であるといえる。　本研究で我々は、1995年神戸地震において活動した野島断層帯において実施された科学掘削プロジェクト“Drilling into Fault Damage Zone (DFDZ)”で得られた断層ガウジを含む断層岩試料に対して、X線CT法（XCT）による3次元構造解析を実施した。XCTは、試料の3次元イメージを密度と化学組成で決まるCT値によって非破壊で得ることができる。掘削調査および3次元構造解析によって、野島断層に沿って発達する断層破砕帯は幅約60 mであり、厚さ約15~30 cmの断層ガウジ帯を含むことが明らかとなった(Nishiwaki et al., 2018; Lin and Nishiwaki, 2019)。断層ガウジ帯は、厚さ1-2 mmから約10 cmの色調の異なる複数のガウジ層からなり、各ガウジ層中には層と平行もしくはやや斜交して面構造が発達する。XCTによる3次元構造解析では以下のことが明らかとなった：1) 主断層面とした断層面は二つの断層ガウジ層の間に明瞭に認められ、周囲の断層ガウジ層および角礫をせん断する。2) 各断層ガウジ中にはX-Z面において、複合面構造が発達しており、その面構造は右横ずれのせん断センスを示す。このせん断センスは地形地質学的痕跡から推定されるせん断センスと調和的である。3) 細粒破砕物質が周囲の断層岩中に注入し、複雑な空間分布を示すネットワーク構造を形成する。以上の結果は、XCTは従来の解析手法と組み合わせることによって、断層岩の3次元組織構造解析のために有用なツールになることを示している。

引用文献
1) Aiming Lin, 2008. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes. Springer, Berlin, 348p (ISBN 978-3-540-74235-7).
2) Lin, A., Yamashita, K., Tanaka, M., 2013. J. Struct. Geol., 48, 3-13. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2013.01.005.
3) Lin, A., Nishiwaki, T., 2019. Geophys. Res. Lett., doi: 10.1029/2019GL081927. https://doi.org/10.1029/ 2019GL081927.
4) Nishiwaki, T., Lin, A., Lin, W., 2018. Geophys. Res. Lett., 45, 12814-12820, https://doi.org/10.1029/2018GL079317.

キーワード：野島断層、断層岩、構造解析、CTスキャン
Keywords: Nojima fault, fault rock, structural analysis, CT scan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High- and low-stress subduction zones recognized in the rock record

*石井 和彦[1]、ウォリス サイモン[2]
*Kazuhiko Ishii[1], Simon Richard Wallis[2]

1. 大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Physical Science, Graduate School of Sciences, Osaka Prefecture University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, The University of Tokyo

Knowledge of the frictional strength along subduction plate boundaries is an essential part of understanding the conditions necessary for plate tectonics, the processes leading to great earthquakes occur along subduction megathrusts and the thermal structure of subduction zones. The frictional strength of faults increases with depth until ductile deformation becomes dominant and is usually expressed as the ratio of shear to normal stress known as the coefficient of friction, mu or the apparent coefficient, mu', when the effects of fluid pressure are taken into account. Lamb (2006) uses force balance for forearc domains to infer mu' = 0.03-0.09 along subduction boundaries. Gao and Wang (2014) infer mu' = 0.02-0.13 based on the comparison between heat flow data and numerical modeling, while England (2018) estimates relatively uniform values mu' = 0.05-0.07 from analytical modeling of heat flow data. In addition, a global 3D thermo-mechanical model presented by Osei Tutu et al. (2018) suggests the average mu' along plate boundaries is required to be <= 0.05 to match the observed present-day plate motion and net rotation.

The published estimates of mu' for subduction boundaries are significantly lower than Byerlee's Law (mu' ~ 0.4, assuming hydrostatic fluid pressure) and closer to values published for seismic slip rates with mu' ~ 0.1 (Di Toro et al., 2011). However, estimates for different subduction zones or obtained by different methods show variations over an order of magnitude. It is desirable to obtain direct estimates of shear stresses from ancient subduction zones both as an independent test of the suggested values and because if high- and low-stress subduction zones can be identified in the ancient record then observations of the associated geology can help identify those characteristics that are responsible for differences in shear strength along subduction zone boundaries.

Thermal modelling shows that high- and low-stress subduction zones can potentially be recognized in the ancient record based on the shape of the prograde P-T path in the forearc region. For all but very young and very slowly subducting slabs, high-stress subduction can be distinguished by curved P–T paths with higher P/T gradients at greater depths. Low-stress subduction over the same domain results in straight paths.

The Cretaceous Sanbagawa belt of SW Japan records metamorphism developed as a result of rapid (20-24 cm/yr) subduction of the Izanagi plate with a slab age of around 60 Ma. The prograde P-T paths show the characteristics predicted for high-stress subduction. Comparisons with thermal modelling suggest an apparent coefficient of friction, mu', of > 0.11, and the corresponding peak shear stresses are ~60 MPa.

Prograde P–T paths and geochronological information from high grade blocks of the Franciscan Complex, USA, indicate rapid cooling during the initial 10-20 Myr subduction with low mu' <= 0.02.

P–T paths in subduction-type metamorphic belts have the potential to be used as paleo stress indicators.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examining differences between high- and low-stress subduction-type metamorphic belts can help determine what controls the strength of different subduction boundaries and assess the potential for great earthquakes in modern settings.

キーワード：高圧型変成岩、沈み込み境界の応力、三波川帯、フランシスカン　コンプレックス
Keywords: High pressure metamorphic rocks, Stress along subduction boundaries, Sanbagawa belt, Franciscan complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[SMP33-01] CO_2を含むメラノフロジャイトの高温その場ラマン分光研究

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

9:15 ~ 9:30

[SMP33-02] カルサイト構造をもつ炭酸バリウムの合成と炭酸イオンの無秩序化

*鍵 裕之[1]、斉藤 綾花[1]、小松 一生[1]、川野 潤[2] (1.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設、2.北海道大学大学院理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SMP33-03] In-situ Raman spectroscopy of ε-FeOOH under high pressures

*池田 理[1]、坂巻 竜也[1]、鈴木 昭夫[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

9:45 ~ 10:00

[SMP33-04] **Strong hydrogen-bond generation in dense hydrous magnesium silicate phase E observed by single-crystal neutron diffraction**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Christina Hoffmann[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Neutron Scattering Division, Neutron Sciences Directorate, Oak Ridge National Laboratory)

10:00 ~ 10:15

[SMP33-05] **Water partitioning between upper mantle minerals and melts**

*Dmitry Bondar[1]、Hongzhan Fei[1]、Tony Withers[1]、Tomoo Katsura[1] (1.Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany)

10:15 ~ 10:30

[SMP33-06] $MgSiO_3$ メージャライトの落下溶解エンタルピー測定

*糀谷 浩[1]、野田 昌道[2]、井上 徹[2,3]、赤荻 正樹[1] (1.学習院大学理学部化学科、2.愛媛大学　GRC、3.広島大学大学院地球惑星システム学科)

CO_2を含むメラノフロジャイトの高温その場ラマン分光研究
High-temperature Raman spectroscopic study of CO_2-containing melanophlogite

*神崎 正美[1]
*Masami Kanzaki[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Matereials, Okayama University

緒言：メラノフロジャイトはシリカ鉱物の一種で、クラスレート構造を持つ。その構造は２種のカゴからなり、12個の５員環からなるM^{12}カゴと、それにさらに2個の6員環が加わったM^{14}カゴがある。過去の結晶構造解析からは、CO_2はより大きなM^{14}カゴに主に入っていると考えられている。数年前に我々はCO_2を含むメラノフロジャイトに強くてブロードな低周波数ラマンピークがあることを発見した。このピークの原因を探るために、熱処理実験と1100 °Cまでの高温その場ラマン分光観察を行った。

実験方法：顕微ラマンスペクトルはシングルモノクロメーター、CCD検出器と低周波数が測定できるOndax SureBlockフィルターからなる自家製のラマンシステムで取得した。熱処理にはマッフル炉を使い、その場観察にはワイヤーヒーターを使った。イタリアのFortunillo産の球状メラノフロジャイト単結晶を砕き、破片を実験に使用した。

結果と議論(低周波数ピークの起源)**：**熱処理実験において、950 °C6 h保持条件では、CO_2の振動ラマンピーク（Fermi diad）強度から判断して、ほとんどCO_2が脱ガスしたメラノフロジャイトが得られた。同時に低周波数ピークもほぼ消えた。より低温や短時間の条件ではまだ残っているCO_2の振動ピークが観察された。また、そのようにして得られた試料のCO_2振動ピークが分裂していることを新たに見出した。

その場高温観察においては、CO_2の総積分振動ピーク強度が450 °Cくらいから低下することが観察され、同時に低周波数ピークの強度も低下した。それらのピークは1100 °Cで完全に消えたが、メラノフロジャイト自体はまだ安定であった。これらの観察から、低周波数ピークはメラノフロジャイト自体ではなくて、CO_2に由来するものと結論づけた。そして、CO_2分子のカゴ内でのlibrationalとtranslationalモードが低周波数ピークの起源だと推定した。したがって、メラノフロジャイトの脱ガス過程は、CO_2の振動ピークだけではなくて、低周波数ピークを使っても調べることができることになる。

(CO_2振動ピークの分裂)**：**その場観察から、450 °CくらいからCO_2振動ピークが分裂する（正確には新しいピークが高周波数側に出現して温度とともにその強度を増加させる）ことに気づいた。この分裂はある程度は急冷可能で、それは前述の熱処理実験の結果でも見られた。メラノフロジャイト中におけるCH_4とH_2Sの振動ピークについては、分裂があることが既に知られており、分子がM^{12}とM^{14}カゴ両方に入っているためと解釈されている。我々の観察したCO_2振動ピーク分裂も同様に解釈できるであろう。CO_2のピーク分裂については、極低温における１例を除いて、報告がこれまでなかった。我々の実験から、450 °C以上で最初M^{14}カゴに入っていたCO_2が、高温になることで隣接するM^{12}やM^{14}カゴに移動できるようになり、M^{12}カゴのCO_2振動ピークが出現したと解釈できる。M^{14}カゴは隣のM^{14}カゴと6員環を共有して１次元の鎖を作るので、M^{14}からM^{14}への移動は長距離の拡散となり、これが脱ガスに寄与する。一方で、M^{14}からM^{12}への移動はピーク分裂に寄与する。したがって、高温その場ラマン分光測定は、メラノフロジャイトにおけるCO_2（および他のガス分子）の拡散を詳細に調べるために有用であると言える。

キーワード：二酸化炭素含有メラノフロジャイト、高温その場ラマン分光、低周波数ラマン分光、包摂化合物、脱ガス過程
Keywords: CO2-containing melanophlogite, In-situ high-temperature Raman spectroscopy, Low-frequency Raman spectroscopy, clathrasil, degassing process

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

カルサイト構造をもつ炭酸バリウムの合成と炭酸イオンの無秩序化
Synthesis of barium carbonate with calcite structure and rotational disorder of carbonate ions

*鍵 裕之[1]、斉藤 綾花[1]、小松 一生[1]、川野 潤[2]
*Hiroyuki Kagi[1], Ayaka Saito[1], Kazuki Komatsu[1], Jun Kawano[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設、2. 北海道大学大学院理学研究院
1. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. Fuculty of Science, Hokkaido University

Structures of divalent metal carbonate is constrained by the ionic radii of cations. Cations larger than Ca^{2+} take the aragonite structure and cations smaller than Ca^{2+} take the aragonite structure. Barium carbonate (witherite) takes the aragonite structure and Ba2+ is incompatible to calcite. We have reported that large incompatible cations can be introduced to calcite through amorphous calcium carbonate (ACC). In this study, we synthesized $Ba_{0.7}Ca0.3CO_3$ with the calcite structure by heating treatment on ACC containing Ba^{2+}. The obtained crystal can be interpreted as Ca-containing barium carbonate with the calcite structure, which cannot be found in nature or synthesized from a direct precipitation from the supersaturated solutions.

X-ray diffraction (XRD) patterns of Ba-doped calcite measured at 300 K shows the extinction of 113 reflection with increasing Ba concentration (see Figure 1). The extinction of the 113 reflection was reported on pure calcite at temperatures higher than 1240 K (Ishizawa et al., 2013). The change was attributed to the rotational disorder of CO_3^{2-} ions. In contrast, we have observed the extinction of 113 reflection on the Ba-doped calcite at 300 K.

To investigate the behavior of CO_3^{2-} ions at an atomistic level, molecular dynamics (MD) simulation of Ba-doped calcite was conductedusing the MD program, MXDTRICL (Kawamura 1997). Intensity ratio of reflections 113 to 104 (I_{113}/I_{104}) was measured from XRD patterns obtained from experimental study and MD simulation. $I_{113}/I_{104}$from experiment dropped to 0 at Ba/(Ba + Ca) = 26.8 ±1.6 mol% while that of MD-simulated Ba-doped calcite gradually weakened and did not fall to zero. MD simulations of 25.5% and 50.9% Ba-doped calcite at high temperature were also conducted. In 25.5% Ba-doped calcite, I_{113}/I_{104} remarkably dropped at around 1050 K with the structure of rotationally disordered CO_3^{2-} ions. The transition temperature to the rotational disorder was at around 850 K for 50.9% Ba-doped calcite. These simulated temperatures are much lower than the transition temperature (1250 K) obtained from MD simulation on pure calcite (Kawano et al., 2009). The simulated results showed that the transition temperature to the rotational disordered phase dramatically decreased with increasing Ba/(Ba + Ca) in calcite.

キーワード：炭酸バリウム、分子動力学シミュレーション、回転無秩序化、炭酸カルシウム（カルサイト）
Keywords: barium carbonate, molecular dynamics simulation, rotational disorder, calcium carbonate (calcite)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

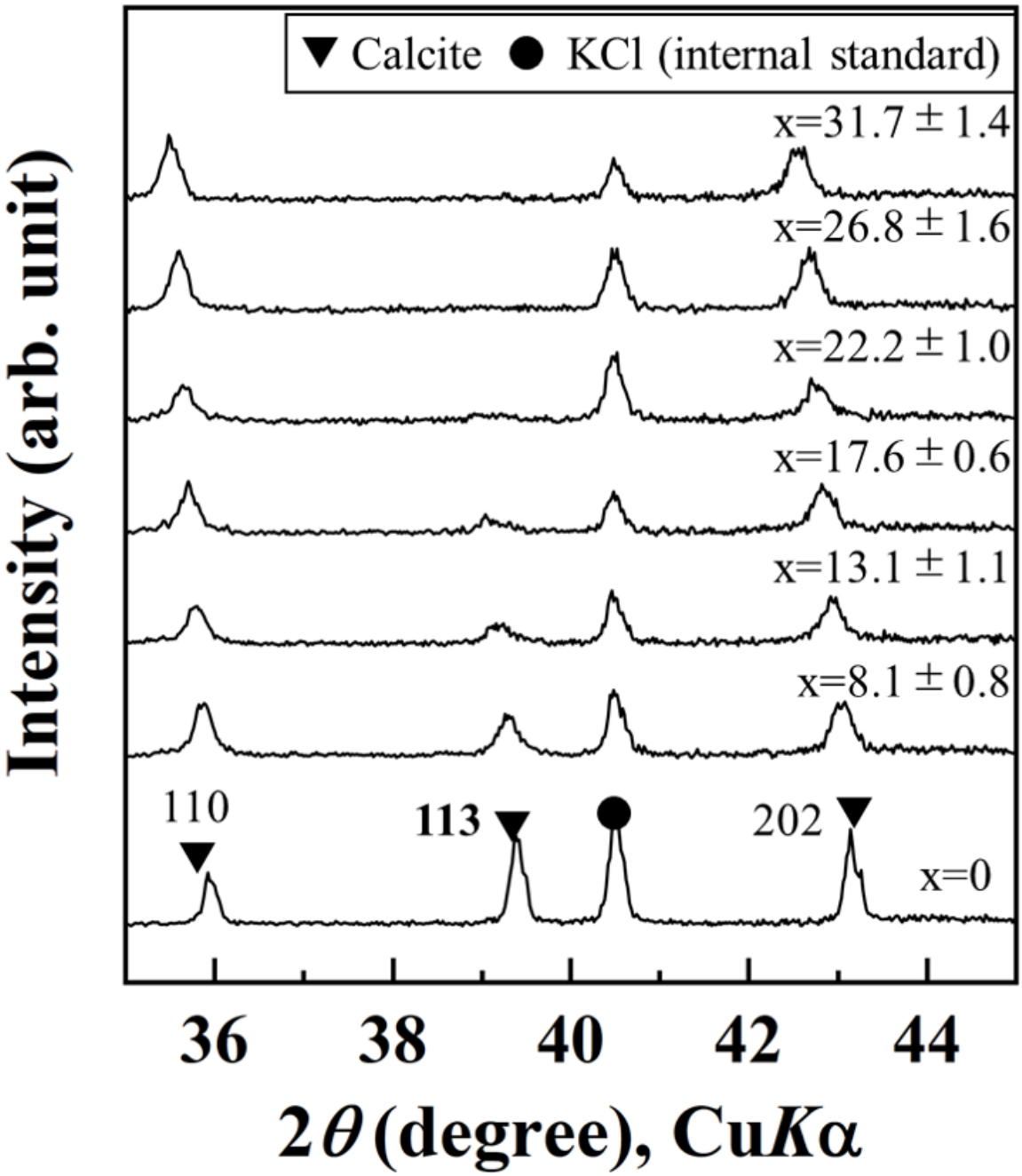


Figure 1. Broadening and disappearance of reflection 113 observed from powder X-ray patterns of Ba-doped calcite samples. x stands for Ba/(Ba+Ca) mol% in Ba-doped calcite.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In-situ Raman spectroscopy of ε-FeOOH under high pressures

*池田 理[1]、坂巻 竜也[1]、鈴木 昭夫[1]
*Osamu Ikeda[1], Tatsuya Sakamaki[1], Akio Suzuki[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University

ε-FeOOH is one of crucial high-pressure hydrous phases in the Earth's mantle, and is isostructural to δ-AlOOH. A first principles calculation (Gleason et al., 2013) has indicated pressure-induced hydrogen bond symmetrization at 43 GPa, and spin transition of iron at 65 GPa. These transitions cause changes in physical properties, and knowledge of the transition changes can help us to understand the behaviors of hydrous phases under high pressure.

We present a first study of Raman spectroscopy of ε-FeOOH at high pressure and room temperature. The measured sample was polycrystalline ε-FeOOH, which was synthesized in advance from a powder of reagent grade 99 % α-FeOOH at the pressure-temperature condition of 8 GPa and 480 ℃ for 2 hour. Micro-Raman spectrometer NRS-4100TOR (JASCO Corporation), which has a laser with the wavelength 532 nm and power 50 mW installed in Tohoku University, was used to obtain Raman spectra. Symmetric diamond anvil cell with 300 μm culet size was used to generate high pressure. The sample was loaded in the sample chamber of tungsten gasket with NaCl pressure medium. The pressure in the chamber was calculated by means of the ruby luminescence pressure scale (Dewaele et al., 2004).

Along compression, the frequencies of most of peak tops have positive pressure dependences but some peaks (298, 386, 698, and 1099 cm^{-1} at 15 GPa) changed the dependences to negative around 14 GPa. Above 15 GPa some peaks (197, 298, and 443 cm^{-1} at 15 GPa) disappeared and the others (364, 386, 549, 646, 698, and 1099 cm^{-1} at 15 GPa) jumped by frequency 10–30 cm^{-1}. This change around 15 GPa may correspond to the replacement of vibrational modes in Raman spectra of δ-AlOOH at the pressure of 5.6 GPa (Mashino et al., 2016), which indicates a hydrogen-bond related space-group transition from $P2_1nm$ to *Pnnm* (Tsuchiya et al., 2008).

Reference:
Dewaele, A., Loubeyre, P., and Mezouar, M. (2004). Equations of state of six metals above 94 GPa. Phys. Rev. B *70*, 094112.
Gleason, A.E., Quiroga, C.E., Suzuki, A., Pentcheva, R., and Mao, W.L. (2013). Symmetrization driven spin transition in ε-FeOOH at high pressure. Earth Planet. Sci. Lett. *379*, 49–55.
Mashino, I., Murakami, M., and Ohtani, E. (2016). Sound velocities of δ-AlOOH up to core-mantle boundary pressures with implications for the seismic anomalies in the deep mantle. J. Geophys. Res. Solid Earth *121*, 595–609.
Tsuchiya, J., Tsuchiya, T., and Wentzcovitch, R.M. (2008). Vibrational properties of δ-AlOOH under pressure. Am. Mineral. *93*, 477–482.

キーワード：ε-FeOOH、high pressure、Raman spectroscopy、H-bond symmetrization
Keywords: ε-FeOOH, high pressure, Raman spectroscopy, H-bond symmetrization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Strong hydrogen-bond generation in dense hydrous magnesium silicate phase E observed by single-crystal neutron diffraction

*Narangoo Purevjav[1], Takuo Okuchi[1], Christina Hoffmann[2]

1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Neutron Scattering Division, Neutron Sciences Directorate, Oak Ridge National Laboratory

Dense hydrous magnesium silicates (DHMS) are considered as the most major water transporters in cold subducting slabs, which are descending into the deep mantle. Phase E [$Mg_2SiH_4O_6$ –ideal] is one of the most important DHMS phases which is stable at conditions between 13 –17 GPa and 800 –1200 ˚C [1]. Besides its stability at such high temperatures, it stores up to 18 wt.% of water within its crystal structure, which is one of the largest among DHMS phases. Thus phase E is one of the most important carriers and transporter of water in the subducting slabs. The crystal structure of phase E was first investigated by single crystal x-ray diffraction except for its hydrogen position [2]. Its structure has brucite-like layers of MgO6 octahedra which are crosslinked by SiO4 tetrahedra [2]. The hydrogen atoms were expected to be located between these MgO6 octahedra layers like those in brucite, $Mg(OH)_2$. The previous expectation on the structure of phase E was recently confirmed by our powder neutron diffraction study [3]. In contrast, present single-crystal neutron diffraction is conducted to investigate hydrogen bonding geometry in phase E structure, including the Debye-Waller factor of the hydrogen, for which we utilize much higher spatial resolution of the single crystal method. The method has been well confirmed to be very sensitive for investigating such properties of the hydrogen atoms within a series of hydrous minerals [4, 5].
We expect that such information is helpful to understand the reason of stability of phase E at the high-temperature condition. A deuterated phase E single crystal was measured by neutron time-of-flight single-crystal Laue diffraction at Spallation Neutron Source, Oak Ridge National Laboratory. From preliminary structure refinement results, we found that the covalent bond O-D was inclined and displaced from the three-fold axis. Such O-D inclination should occur due to interlayer strong hydrogen-bond generation in the phase E structure. The details of the results will be given in the presentation.

References: [1] Kanzaki, M. *Trans Am Geophys Union* (1991) **70**:508. [2] Kudoh, Y., Finger, L. W., Hazen, R. M., Prewitt, C. T., Kanzaki, M. and Veblen, D. R., *Phys. Chem. Minerals* (1993) **19**:357. [3] Tomioka, N., Okuchi, T., Purevjav, N., Abe, J. and Harjo, S., *Phys. Chem. Mineral.* (2016) **43**:267. [4] Purevjav, N., Okuchi, T., Tomioka, N., Wang, X. and Hoffmann, C. *Sci. Rep.* (2016) **6**:34988. [5] Purevjav, N., Okuchi, T., Wang, X., Hoffmann, C. and Tomioka, N. *Acta Cryst.* (2018) B**74**:115.

Keywords: hydrogen-bond, dense hydrous magnesium silicate, neutron diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Water partitioning between upper mantle minerals and melts

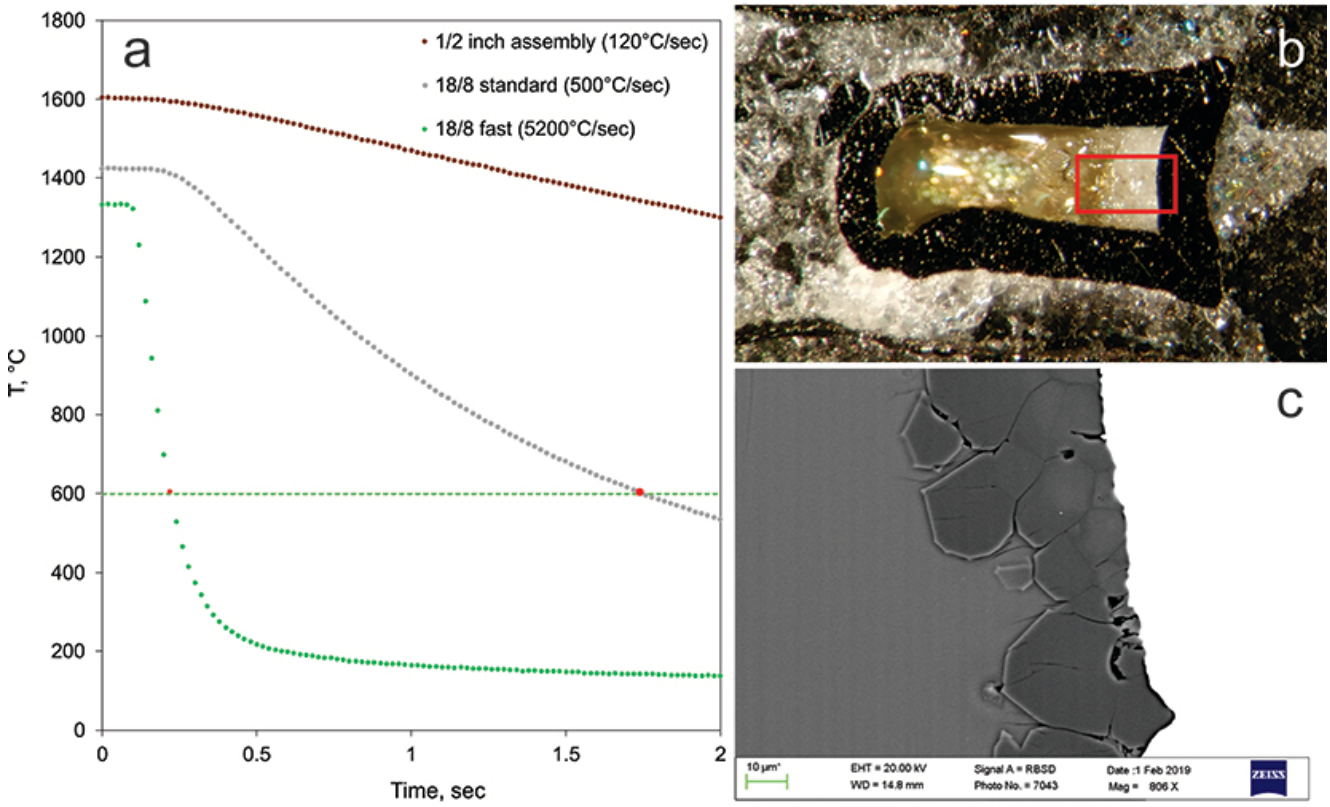
*Dmitry Bondar[1], Hongzhan Fei[1], Tony Withers[1], Tomoo Katsura[1]

1. Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany

Water in the Earth's upper mantle is predominantly stored in nominally anhydrous minerals (NAMs) such as olivine, orthopyroxene, clinopyroxene and garnet. Since incorporated water has a strong influence on mantle properties, namely melting temperature, rheology, electrical conductivity and seismic velocity, it is important to know the distribution of water among phases. Knowledge of how water partitions between upper mantle minerals and melts is essential for estimation of water content in incipient melts at different depths, water transport by these melts, and total amount of water in the upper mantle.
There are quite a few studies providing data on water partitioning between NAMs and melts. The most challenging part of these studies is to quench melt coexisting with mineral phases to form glass at elevated pressures (>2 GPa), which is necessary to measure water partitioning with high accuracy. It also becomes more difficult to quench melt with higher Mg/Si ratio into glass, which is necessary in order to crystallize olivine from the melt. Previous studies produced mantle minerals coexisting with quenched melt up to only 5 GPa, namely olivine up to 3 GPa, orthopyroxene up to 4 GPa, clinopyroxene and garnet up to 5 GPa. As a result, there is no systematic pressure, temperature and water content dependence of water partitioning from the data scattered over the narrow pressure range. Many authors also reported that glasses in some run products were not transparent, which implies micro-crystals may have crystallized in those studies.
The difficulty of quenching melt into glass lies in the insufficient cooling rate. The cooling rates of regular piston-cylinder and multi-anvil experiments used for these purposes are 120˚/sec and 500˚/sec, respectively. Quenching glass at elevated pressures and at various compositions is important not only for measuring water partitioning, but also for a number of other tasks, such as melt structure studies and partitioning of other components and elements.
The purposes of the present study are (1) to develop a multi-anvil technique allowing much faster cooling rate than conventional ones and (2) to measure water partitioning between upper mantle minerals and melts for a pressure range from 1 to 13 GPa, which covers the whole upper mantle. Our design for a fast-cooling multi-anvil technique has already been shown to produce a very high quenching rate (5200˚/sec) in comparison with those of regular piston cylinder and multi-anvil apparatus (120˚C/sec and 500˚C/sec, respectively) (Fig. 1a). Using this technique, completely transparent glass coexisting with garnet was successfully quenched at 6 GPa (Fig.1b,c). We plan to improve the fast quenching technique to allow quenching melts under even wider conditions.
Fig 1. (a) Comparison of cooling rate among different assemblies. 1/2 and 18/8 are piston-cylinder and multi-anvil assemblies, respectively. Cooling rate was calculated for the temperature range between target temperature and 600˚C; (b) Glass coexisting with garnet at 6 GPa; (c) BSE image of the area in the red box from picture b.

Keywords: Water partitioning, Water distribution, Upper mantle, Nominally anhydrous minerals , Quenched melts, Basaltic glass

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$MgSiO_3$ メージャライトの落下溶解エンタルピー測定
Drop-solution enthalpy measurement of $MgSiO_3$ majorite

*糀谷 浩[1]、野田 昌道[2]、井上 徹[2,3]、赤荻 正樹[1]
*Hiroshi Kojitani[1], Masamichi Noda[2], Toru Inoue[2,3], Masaki Akaogi[1]

1. 学習院大学理学部化学科、2. 愛媛大学　GRC、3. 広島大学大学院地球惑星システム学科
1. Department of Chemistry, Faculty of Science, Gakushuin University, 2. GRC, Ehime University, 3. Dept. of Earth and Planetary systems Science, Hiroshima University

地球の主要なマントル構成鉱物の一つと考えられている珪酸塩ガーネットには、深さの増大に伴って輝石成分が固溶していく。$MgSiO_3$メージャライト（Mj）は、そのような輝石成分を固溶した珪酸塩ガーネットを熱力学的に取り扱うための重要な端成分である。最近、我々は$MgSiO_3$ Mjの定圧熱容量および標準エントロピーを実験的に決定した。これらの新しい熱力学データとYusa et al. (1993)やSaikia (2008)により報告されている$MgSiO_3$ Mjのエンタルピーデータを組み合わせて$MgSiO_3$系の*P-T*相図の熱力学計算を行うと、計算される$MgSiO_3$ Mjの安定領域は、これまでの$MgSiO_3$系の高圧相関係実験結果と調和的ではない。そこで、本研究では、落下溶解エンタルピー測定を行うことにより$MgSiO_3$ Mjの標準生成エンタルピー値を再決定し、熱力学的手法を用いて$MgSiO_3$ Mjの安定領域について検討を行った。

落下溶解エンタルピー測定用の$MgSiO_3$ Mjは、愛媛大学GRC設置の高圧プレス装置を用いて19 GPa, 2173 Kで高圧合成した焼結体試料を粉砕したものであり、一部は定圧熱容量測定に用いたのと同じ試料である。落下溶解エンタルピー測定は、SETARAM社製カルベー型高温熱量計を用いて行った。約4 mgの粉末試料をペレット状にし、熱量計の外から978 Kの熱量計内に置かれたホウ酸鉛溶媒（$2PbO{\cdot}B_2O_3$.）に落下・溶解させ、その時の室温から978 Kまでの熱含量と978 Kでの溶解エンタルピーの和である落下溶解エンタルピー（$\Delta H_{d\text{-}s}$）を測定した。なお、試料の溶解を促進させるため、Arガスを溶媒に通すことにより発生する泡により溶媒を撹拌させた。

5回分のデータの平均値から、$\Delta H_{d\text{-}s}$ ($MgSiO_3$ Mj)は69.57±0.77 kJ/molと決定された。この値は、先行研究で決定された80.0±2.5 kJ/mol（Yusa et al., 1993）と59.5±3.2 kJ/mol（Saikia, 2008）との中間値である。また、$\Delta H_{d\text{-}s}$ (MgO) (33.74±0.99 kJ/mol, Kojitani et al. 2012)＋$\Delta H_{d\text{-}s}$ (SiO_2 石英)(40.05±0.36 kJ/mol, Akaogi et al. 1995)との差より、1気圧、298 Kにおける酸化物からの標準生成エンタルピーは4.2±1.3 kJ/molと求められた。本研究のエンタルピー値を適用することにより熱力学的に計算された$MgSiO_3$系*P-T*相図は、Mj相の安定領域がこれまで認識されてきたものよりもさらに低温側に広がっていることを示唆する。

キーワード：ガーネット、メージャライト、エンタルピー、熱力学的安定性、熱力学計算
Keywords: garnet, majorite, enthalpy, thermodynamic stability, thermodynamic calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鹿山 雅裕(東北大学)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[SMP33-07] $MgO\text{-}TiO_2$系鉱物の高圧相転移

*赤荻 正樹[1]、藤村 哲也[1]、荒井 駿人[1]、岡野 雅樹[1]、糀谷 浩[1] (1.学習院大学理学部化学科)

11:00 ~ 11:15

[SMP33-08] 硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への相変化プロセス

*佐野 喜成[1]、興野 純[2]、米田 安宏[3]、山本 弦一郎[1] (1.筑波大学生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.日本原子力研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SMP33-09] Fe-S-O系メルト微粒子の急冷による組織形成過程

*磯部 博志[1] (1.熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学領域)

11:30 ~ 11:45

[SMP33-10] 動力学的回折理論に基づく電子回折シミュレーションと鉱物への応用

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.京都大学大学院理学研究科、3.名古屋大学大学院工学研究科)

11:45 ~ 12:15

[SMP33-11] 分析電子顕微鏡による鉱物中の陽イオン占有サイト解析：TEM-ALCHEMI法の地球惑星科学への応用

★招待講演

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]、栗林 貴弘[4]、藤 昇一[5] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.京都大学 理学研究科、3.名古屋大学 工学研究科、4.東北大学 理学研究科、5.福岡大学 理学部)

$MgO-TiO_2$系鉱物の高圧相転移
High-pressure phase transitions of minerals in the system $MgO-TiO_2$

*赤荻 正樹[1]、藤村 哲也[1]、荒井 駿人[1]、岡野 雅樹[1]、糀谷 浩[1]
*Masaki Akaogi[1], Tetsuya Fujimura[1], Shunto Arai[1], Masaki Okano[1], Hiroshi Kojitani[1]

1. 学習院大学理学部化学科
1. Department of Chemistry, Faculty of Science, Gakushuin University

$MgO-TiO_2$系の常圧安定相であるMg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$は、それぞれFe_2TiO_4、$FeTiO_3$、$FeTi_2O_5$などの間にspinel(Sp)型、ilmenite(Ilm)型、pseudobrookite(Pbr)型の固溶体を形成し、それらは火成岩、変成岩などに少量鉱物として産出する。高圧下でのMg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$の安定関係に関する従来の研究では、$MgTiO_3$の相転移が18GPa程度まで調べられてきたことを除くと、3GPa以下の低圧力に限られていた。本研究では28GPa、1800℃までの条件で、Mg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$の相平衡関係を明らかにした。

1300-1400℃で合成したSp型Mg_2TiO_4、Ilm型$MgTiO_3$、Pbr型$MgTi_2O_5$を出発物質とし、マルチアンビル高圧装置を用いたクエンチ法により、4-28GPa、1000-1800℃の圧力温度範囲での相関係を決定した。

$MgTiO_3$(Ilm)は1200-1600℃、16-20GPaで高圧相に転移し、$LiNbO_3$(Ln)型と考えられる相が回収された。この相は高圧下でperovskite(Pv)型であるが、減圧中にLn型に転移したと判断される(Linton et al., 1999)。21-25GPa以上では、MgO＋aPbO_2型TiO_2が回収されたが、TiO_2の高圧相転移の研究から、aPbO_2型TiO_2は高圧下でbaddeleyite(Bd)型であったと考えられる。この$MgTiO_3$(Pv)から$MgO+TiO_2$(Bd)への転移境界線は正の勾配を持つ。Mg_2TiO_4(Sp)は1GPaで$MgTiO_3$(Ilm)+MgOに分解し、より高圧では$MgTiO_3$(Ilm)がPvに転移し、さらに$2MgO+TiO_2$(Bd)へ分解することが示された。$MgTi_2O_5$(Pbr)は1-2GPaで$MgTiO_3$(Ilm)＋rutile(Ru)型TiO_2に分解し、TiO_2(Ru)が10GPa程度でaPbO_2型に転移し、より高圧では$MgTiO_3$のIlmーPv転移を経て、$MgO+2TiO_2$(Bd)が安定になることが示された。このように、Mg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$はいずれも、20-25GPa以上ではMgOとTiO_2の混合物に分解する。以上の高圧相の内、Ln型$MgTiO_3$の粉末X線回折データを用いて、リートベルト解析によるLn型構造の精密化を行い、Ti^{4+}、Mg^{2+}イオンが八面体の対称心位置から外れ、その方向が揃うことにより極性構造を持つことを確定した。

今回決定したMg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$の相転移をFe_2TiO_4、$FeTiO_3$、$FeTi_2O_5$の相転移と比較すると、$MTiO_3$(Ilm, Pv)　(M=Mg, Fe)が中間の圧力で安定になる点は同じである。しかしFe_2TiO_4では約15GPa以上で$CaTi_2O_4$(CT)型に転移し、$FeTiO_3$ではCT型Fe_2TiO_4＋直方晶$FeTi_2O_5$相に分解するため(Akaogi et al., 2017)、より高圧下での相転移様式は異なっている。

キーワード：高圧、チタン酸塩鉱物、相転移
Keywords: high pressure, titanate mineral, phase transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への相変化プロセス
Phase change process of iron sulfide nanoparticle from amorphous to crystalline with grain growth

*佐野 喜成[1]、興野 純[2]、米田 安宏[3]、山本 弦一郎[1]
*Yoshinari Sano[1], Atsushi Kyono[2], Yasuhiro Yoneda[3], Gen-ichiro Yamamoto[1]

1. 筑波大学生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系、3. 日本原子力研究開発機構
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 3. Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに

嫌気的な海底堆積物の間隙水中では，硫酸還元細菌 (SRB) が海水由来の硫酸イオン (SO_4^{2-}) を硫化物イオン (S^{2-}) に還元することで生命活動に必要な代謝を行っている．さらに，硫化物イオンが硫黄細菌 (SB) によって硫黄 (S^0) から硫酸イオンまで段階的に酸化されることで，地球化学的な硫黄元素の循環 (硫黄サイクル) が成り立っている．この一連の反応において，環境中に放出される硫化物イオンの一部が二価の鉄イオン (Fe^{2+}) と容易に反応して硫化鉄のナノ粒子 (FeS) が生成され，それらがより安定なマッキナワイト (FeS) に成長する．先行研究では，120°Cの熱水中において硫化鉄ナノ粒子がマッキナワイトへ成長することが報告されており (Csákberényi-Malasics et al., 2012)，硫化鉄ナノ粒子はマッキナワイトの前駆物質として重要視されているが，その結晶構造と粒成長のプロセスは未だ明らかにされていない．そこで本研究では，硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への構造変化プロセスを解明することを目的として，放射光X線全散乱測定による原子2体相関関数 (atomic Pair Distribution Function: PDF) 解析を行った．

2. 実験方法

はじめに，0.2 Mの$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$・$6H_2O$水溶液10 mLと0.4 MNa_2S・$9H_2O$水溶液10 mLを窒素ガス雰囲気下で混合することで，硫化鉄ナノ粒子の黒色懸濁液を合成し，120°Cに設定された電気炉内でそれぞれ2，4，6，8，12時間加熱を行った．得られた固相は窒素ガスを吹き付けて乾燥させた後，真空デシケーター内で保存した．放射光X線全散乱測定は，SPring-8のBL14B1で実施した．用いたX線の波長はλ = 0.20606 Å，測定範囲は0≦Q ($Å^{-1}$)≦25，測定温度は20 K及び300 Kとし，得られたX線全散乱データに対して原子2体相関関数 (PDF) 解析を行った．

3. 結果と考察

非加熱の試料において，PDFパターンの周期的な振動は約2 nmでほぼ消滅していたのに対し，加熱2，4，6，8，12時間の試料では，周期的な振動が約4 nmまで続いていた．したがって，硫化鉄ナノ粒子は加熱によって約2倍の粒子サイズに成長した．また，PDFパターンから示されたFe-S結合距離は2.25 Å，Fe-Fe原子間距離は2.65 Åであり，加熱による変化はほとんど見られない．すなわち，加熱によって硫化鉄ナノ粒子が粒成長する過程では，FeS_4四面体の局所構造はほぼ維持されることが明らかになった．そして，マッキナワイトのモデル構造との比較から，硫化鉄ナノ粒子ではFeS_4四面体の配列に歪みが生じていることが示唆された．この結果は，先行研究によって提案された硫化鉄ナノ粒子のモデル構造と調和的である (Wolthers et al., 2003; Ohfuji and Rickard, 2006; Jeong et al., 2008)．発表では，硫化鉄ナノ粒子の中距離構造の解析結果や粒成長による構造変化に加えて，20 Kと300 KでのPDFパターンの比較に関して詳細に議論する．

キーワード：原子2体相関関数、硫化鉄ナノ粒子、マッキナワイト
Keywords: atomic Pair Distribution Function , iron sulfide nanoparticle, mackinawite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fe-S-O系メルト微粒子の急冷による組織形成過程
Texture formation in quenching of Fe-S-O micro melt spherules

*磯部 博志[1]
*Hiroshi Isobe[1]

1. 熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学領域
1. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University

鉱物の微細組織は，その形成過程における結晶成長場の物理化学的及び速度論的条件を記録している。組織形成過程においては，ローカルな結晶成長過程と，それに伴う物質の移動挙動，及び結晶成長場の地球化学的条件が重要な役割を果たす場合がある。特に，鉄や硫黄を主成分とする系は，酸化還元や揮発現象に鋭敏に影響される。さらに，微細な粒子においては極めて速い温度変化が起こりうるため，急冷による結晶成長挙動が鉱物の組織形成及びそれに伴う物質移動を規定する可能性がある。本研究では，高温炉中で微粒子を自由落下させる実験系（Isobe and Gondo, 2013）を用いて，多様な酸化還元条件においてFe-S-O系微粒子の急加熱・急冷実験を行い，酸化を伴うメルト微粒子の急冷過程における硫化鉄及び酸化鉄結晶の組織形成過程とそこで起こる現象について検討した。

試料には，FeS試薬を粉砕して作成した径約100μmの不定形粒子を用いた。出発物質は純粋なFeSではなく，酸化鉄及び金属鉄相を含む。本実験では，粒子はおよそ2秒以内に最高温度である約1600ºCに達し，その後急冷される。酸素分圧は，FMQ -0.5，+0.9または+2.4 log unitとした。実験生成物は，走査電子顕微鏡による外形及び粒子内部組織の観察を行い，酸素量の半定量分析を含む組成分析を行った。

実験生成物粒子のほとんどは，完全な溶融状態を経たことを示す外形を示している。出発物質粒子の組成不均質および酸化の進行により，酸化鉄に富む組成となった粒子は，粒子全体にわたって一定方位の磁鉄鉱結晶が格子状構造体を作っているものがある。また，粒子表面に放射状の樹枝状構造を持つ磁鉄鉱結晶が存在するものもある。硫黄に富む粒子内部では，硫化鉄が樹枝状急冷結晶として成長しているものがある。硫化鉄結晶が成長している粒子では，結晶粒間メルト組成は硫黄に乏しく，磁鉄鉱結晶が急冷結晶として成長している粒子では結晶粒間メルトは硫黄に富む。従って，還元条件のために酸化が進まず，硫黄に富むメルトの冷却過程においては硫黄の揮発が抑制され，リキダス相として磁鉄鉱結晶が晶出する組成まで酸化が進んだ場合は，硫黄の揮発が促進されると考えられる。

キーワード：硫化鉄、磁鉄鉱、急冷結晶、微粒子、樹枝状結晶
Keywords: iron sulfide, magnetite, quench crystals, spherules, dendrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

動力学的回折理論に基づく電子回折シミュレーションと鉱物への応用
Development of a software for electron diffraction simulation based on dynamical theory and its application to mineralogy

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]
*Yusuke Seto[1], Masahiro Ohtuka[3], Akira Miyake[2]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 京都大学大学院理学研究科、3. 名古屋大学大学院工学研究科
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Graduate School of Technology, Nagoya University

Electron diffraction technique is widely used for the phase identification and crystal structure determination of Earth and planetary materials. Electrons are scattered by the positive potential inside the electron cloud, resulting that the interaction of electrons with matter is much stronger (10^6-10^7) than that of X-rays. This has the advantage that the diffracted electron beams have a high intensity and the patterns can directly be observed on the viewing screen of the electron microscope. The strong interaction, however, easily causes multiple scattering, and thereby the intensities of the reflections are much influenced by the dynamical effects. This makes structure determinations from electron diffraction more difficult and less reliable than that from XRD data. In order to treat the dynamical effects, a lot of computer resources of Fourier transform and/or eigenvalue problem are required, and consequently, such a dynamical analysis was limited to simple structured materials. However, that situation has been changing. In recent years, many-core CPUs can make a lot of computation possible. Moreover, with the rapid spread of field emission transmission electron microscopes (TEM) and sensitive detectors (CCD or CMOS), the quantitative analyses of electron intensities become available even from nanometer-sized minerals.

In the present study, the authors developed a GUI-based software, ReciPro, that simulates electron diffraction patterns using one of the dynamical theories, called the Bethe method (or Bloch wave eigenvalue method), in which the three dimensional eigenvalues of the electron wave function in a crystalline specimen are solved with the appropriate boundary conditions on the entrance and exit face of the crystal. By this method, the diffraction patterns (SAED and CBED) can be obtained with a good accuracy and speed regardless of the specimen thickness. Moreover, ReciPro provides following features: i) Loading any crystal structure including AMCSD (American Mineralogist Crystal Structure Database) database or COD (Crystallography Open Database). ii) Changing a specimen orientation and TEM conditions freely by a mouse operation. iii) Displaying Digital Micrograph file, the de facto standard of TEM image file format developed by Gatan inc., can be read and displayed. iv) Fitting diffraction spots by two dimensional pseudo-Voigt functions. v) Quantitative comparison of simulated and experimental diffraction patterns, and many more features. In the presentation, the authors will report examples of reproducibility of simulated diffraction patterns (SAED and CBED) for several minerals, and future prospects of this approach.

キーワード：電子回折、動力学理論、透過電子顕微鏡
Keywords: electron diffraction, dynamical theory, transmission electron microscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

分析電子顕微鏡による鉱物中の陽イオン占有サイト解析：TEM-ALCHEMI法の地球惑星科学への応用

Site occupation analysis for cation in minerals by analytical electron microscopy: application of TEM-ALCHEMI for earth and planetary science

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]、栗林 貴弘[4]、藤 昇一[5]
*Yohei Igami[1], Shunsuke Muto[1], Masahiro Ohtsuka[3], Akira Miyake[2], Takahiro Kuribayashi[4], Shoichi Toh[5]

1. 名古屋大学 未来材料・システム研究所、2. 京都大学 理学研究科、3. 名古屋大学 工学研究科、4. 東北大学 理学研究科、5. 福岡大学 理学部
1. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 4. Graduate School of Science, Tohoku University, 5. Faculty of Science, Fukuoka University

Cation site occupation in natural minerals is very important for earth and planetary science, because it should reflect thermal histories such as peak temperatures and cooling rates. However, natural minerals generally have various complex micro-textures. Therefore, determination of cation site occupation from micrometric regions has been required.
Spence and Taftø [1] developed the ALCHEMI (Atom Location by CHanneling-Enhanced MIcroanalysis) method in which transmission electron microscope with energy dispersive X-ray spectrometer (TEM-EDS) is used to determine the crystallographic sites of impurity elements from micrometric regions in crystals on the basis of channeling-enhanced X-ray emissions. Subsequent improvements in the ALCHEMI have led to more statistical method called HARECXS (High Angular Resolution Electron Channeling X-ray Spectroscopy) or St-ALCHEMI (statistical ALCHEMI). This method is widely applicable including minerals with low symmetric structures (reviewed by [2]). Recently, we successfully determined the order parameter of Al and Si in the tetrahedral sites in sillimanite (Al_2SiO_5) at the areas free from precipitates of mullite ($3Al_2O_3$ $2SiO_2$) and glasses [3]. In this study, we carried out the ALCHEMI/HARECXS method for major rock forming minerals to extend its applicability in earth and planetary science.
Sample minerals are olivine ($[Mg, Fe]_2SiO_4$), diopside ($Ca[Mg, Fe]Si_2O_6$) and sillimanite. The samples were prepared by a focused ion beam system (FIB, FEI Quanta 200 3DS or Helios NanoLab G3 CX), and examined by using TEM-EDS (JEOL JEM-2100F, JED-2300T). X-ray signals generated under illumination of 200 keV electrons were collected as a function of electron beam direction. The homogeneous areas free from dislocations or inclusions were selected as regions of interest.
The one-dimensional tilting ALCHEMI datasets under the condition exciting the particular systematic reflection row (HARECXS profiles) were successfully obtained from regions ~1 μm in diameter by automated control of beam tilting and X-ray detection following Muto and Ohtsuka [2]. For determination of cation site occupation, we performed theoretical calculations of HARECXS profiles using ICSC code [4] and evaluated sample thicknesses by convergent-beam electron diffraction. The experimentally obtained HARECXS profiles were fitted by linear combinations of calculated profiles, and the site occupations of constituent cations were quantitatively determined. Obtained results were almost consistent with the results determined by single crystal X-ray diffraction experiments. Moreover, the cation distributions in annealed samples showed continuous disordering with increasing temperature. This study suggests that the ALCHEMI/HARECXS method is one of the most promising candidates for accurate analysis of minerals in particular the samples having heterogeneous textures.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] J. H. Spence and J. Taftø, J. Microscopy 130 (1983) 147-154.
[2] S. Muto and M. Ohtsuka, Prog. Cryst. Growth Ch. 63 (2017) 40-61.
[3] Y. Igami, T. Kuribayashi and A. Miyake, Am. Mineral. 130 (2018) 944-951.
[4] M. P. Oxley and L. J. Allen, J. Appl. Cryst. 36 (2003) 940-943.

キーワード：分析電子顕微鏡、ALCHEMI、高角度分解能電子チャネリングX線分光法、サイト占有率、陽イオン配列秩序
Keywords: Analytical electron microscopy, ALCHEMI, HARECXS, Site occupancy, Cation ordering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:則竹 史哉(山梨大学大学院総合研究部工学域物質科学系)、鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

13:45 ~ 14:15

[SMP33-12] Molecular Dynamics Study of Soret Effect in Silicate Liquids

★Invited Papers

*則竹 史哉[1] (1.山梨大学大学院総合研究部)

14:15 ~ 14:30

[SMP33-13] Seebeck coefficient of olivine: Implausible Mercury's thermoelectric dynamo

*五味 斎[1]、芳野 極[1]、米田 明[1] (1.岡山大学)

14:30 ~ 14:45

[SMP33-14] 外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた液体ガリウムの密度測定

*鶴岡 椋[1]、寺崎 英紀[1]、鎌田 誠司[2]、山田 伊織[1]、前田 郁也[3]、近藤 忠[1]、浦川 啓[4]、平尾 直久[5]、町田 晃彦[6] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.東北大学学際科学フロンティア研究所、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.岡山大学大学院自然科学研究科、5.高輝度光科学研究センター、6.量子科学技術研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SMP33-15] Density measurements of crystalline Fe and amorphous materials at high pressure

*鎌田 誠司[1,2]、寺崎 英紀[3]、田窪 勇作[3]、鶴岡 椋[3]、前田 郁也[2]、山田 類[1]、河口 沙織[4]、平尾 直久[4]、町田 晃彦[5] (1.東北大学学際科学フロンティア研究所、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、4.JASRI、5.QST)

15:00 ~ 15:15

[SMP33-16] DAC-GHz ultrasonic P wave velocity measurement on KCl and natural olivine

*Akira Yoneda[1]、Shinichiro Kobayashi[2]、Seiji Kamada[3] (1.Institute for planetary materials, Okayama University、2.Department of Earth Science, Graduate school of Science, Tohoku Univ.、3.Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku Univ.)

Molecular Dynamics Study of Soret Effect in Silicate Liquids

*則竹 史哉[1]
*Fumiya Noritake[1]

1. 山梨大学大学院総合研究部
1. Graduate Faculty of interdisciplinary Research, University of Yamanashi

There are various transportation phenomena driven a potential gradient. The Soret effect is diffusion driven by a temperature gradient (Soret, 1879; Ludwig, 1856). The inverse effect is known as Dufour effect. The Soret effect is sometime used in explanation of fractionation phenomena in geology (Lesher, 1986; Dominguez et al., 2011). Recently Kishi et al. (2018) reports a distribution anomaly of composition in calcium aluminosilicate glass made by migration of high-temperature metal sphere induced by laser irradiation (Hidai et al., 2016). The rate of fractionation by temperature gradient is determined by both thermal diffusivity (D_T) and mass diffusivities (D) because the total net flux must be zero in a steady state. Consequently, understanding the Soret coefficient (D_T/D, or $\partial \log \rho / \partial T$) is difficult because the coefficient might be affected by not only atomic mass and inter-atomic interaction that affect activation energy but also geometric/structural factor.
I applied the molecular dynamics (MD) simulations for pseudo binary and aluminosilicate liquids to investigate the mechanism of fractionation by temperature gradient. The MD simulation appropriate method for this study because it gives trajectories of each atoms in the simulation cells and potentials of each atom at any point in simulation time. MD simulations of sodium/calcium-silicate/aluminosilicate liquids were performed using MXDORTO code (Sakuma & Kawamura, 2009). The simulation conditions are as follows: The inter-atomic potential model was taken from Feuston & Garofalini (1988). Systems of approximately 30000 particles in rod-shaped (approximately 5 x 5 x 17 nm) simulation cell in periodic boundary condition were firstly annealed for 2 ns at 2000 K from randomly generated structure. Then we started the simulations in temperature gradient. The temperatures in sliced region (approximately 0.35 nm thickness) perpendicular to the longest axis at the end and the center of simulation cell were maintained 2000 and 3500 K using the scaling procedure. After several tens nano-second simulations, we confirmed the changes in distribution of composition. The concentration of SiO_2 in the high-temperature center part slightly increases as simulation proceeds. In contrast the concentration of CaO and Na_2O in that part slightly decreases. Soret coefficients for each cation has linear relation with the half width of potential energy distribution in binary silicates. The existence of Al_2O_3 content impedes fractionation in sodium-aluminosilicate whereas it enhances in calcium-aluminosilicate. This behavior might be caused by the charge compensation of 4-fold aluminum cation.

キーワード：珪酸塩融体、分子動力学シミュレーション、ソレー効果
Keywords: Silicate Liquids, Molecular Dynamics Simulation, Soret Effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seebeck coefficient of olivine: Implausible Mercury’s thermoelectric dynamo

*五味 斎[1]、芳野 極[1]、米田 明[1]
*Hitoshi Gomi[1], Takashi Yoshino[1], Akira Yoneda[1]

1. 岡山大学
1. Okayama University

The Mercury’s magnetic fields are known to be weaker than that predicted by conventional dynamo models. In order to explain the Mercury’s weak magnetic field, several models are proposed (Stanley and Glatzmaier, 2010). One of them is the thermoelectric dynamo, which drive the dynamo via the thermoelectric force (Stevenson, 1987). The field strength is proportional to the relative Seebeck coefficient between the core and the mantle. Because the Seebeck coefficient of insulators is more than one order larger than that of metals, the Seebeck coefficient of Mercury’s mantle is the central parameter. Therefore, we investigated the Seebeck coefficient of mantle minerals from the first-principles calculations. The structure relaxation and band structure calculations were conducted by using the Quantum ESPRESSO package. The bandgap energy was calibrated by means of the quasiparticles self-consistent GW (QSGW) approximation adopted in the ecalj package. The Seebeck coefficient was calculated via the Boltzmann equation implemented in the BoltzTraP package. The results indicate that the Seebeck coefficient of forsterite with a small amount of dopant exhibit comparable to that previously thought (|S| ~ 1000 mV/K). This value may constrain the upper limit. The Mercury’s mantle may contain ~3wt% FeO (Robinson and Taylor, 2001). The Fe substitution and O vacancy act as donor, which is predicted to reduce the Seebeck coefficient, significantly. The field strength also depends on the electrical conductivity of the mangle. Recent high pressure experiments suggest that the electrical conductivity of the Earth’s mantle is ~ 10^{-2} Sm. Considering the both of the Seebeck coefficient and the electrical conductivity of mantle material, the field strength is calculated to be ~ 0.1 nT, which is significantly weaker than the observed value of 300 nT. Therefore, we conclude that the thermoelectric dynamo cannot generate the Mercury’s magnetic fields.

キーワード：ゼーベック係数、水星、熱電ダイナモ
Keywords: Seebeck coefficient, Mercury, thermoelectric dynamo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた液体ガリウムの密度測定
Density measurement of liquid gallium using externally heated diamond anvil cell

*鶴岡 椋[1]、寺崎 英紀[1]、鎌田 誠司[2]、山田 伊織[1]、前田 郁也[3]、近藤 忠[1]、浦川 啓[4]、平尾 直久[5]、町田 晃彦[6]
*Ryo Tsuruoka[1], Hidenori Terasaki[1], Seiji Kamada[2], Iori Yamada[1], Fumiya Maeda[3], Tadashi Kondo[1], Satoru Urakawa[4], Naohisa Hirao[5], Akihiko Machida[6]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 東北大学学際科学フロンティア研究所、3. 東北大学理学研究科地学専攻、4. 岡山大学大学院自然科学研究科、5. 高輝度光科学研究センター、6. 量子科学技術研究開発機構
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science Osaka University, 2. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, 3. Department of Earth and Planetary Materials Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Department of Earth Science, Okayama University, 5. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 6. National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

Density of a liquid metal at high pressure and high temperature is fundamental information to determine its equation of state (EOS). Gallium (Ga) which has a low melting temperature at ambient pressure has been reported to have complex liquid structures. The densities of Ga at high pressures have been reported based on the measurement of volume changes (Lyapin et al. 2008), that of liquid structures (Yu et al. 2012), and that of sound velocity (Ayrinhac et al. 2015). However, these densities were not consistent each other. In this study, we measured densities of liquid Ga at high pressure using an X-ray absorption method with an externally heated diamond anvil cell (EHDAC).

Ga sample and reference materials (KBr, RbBr) were loaded into each hole drilled on a pre-indented Re gasket. The reference materials were used for estimation of sample thickness and for determination of experimental pressures (Takubo et al. 2018). The Re gasket was coated with Al_2O_3 to avoid a reaction between the Ga sample and the gasket. High pressure was generated using a symmetric DAC with a lever-arm frame. The culet size of the diamond anvils used was 600 μm. High temperature was generated using external heaters composed of Pt-Rh wires with a ZrO_2 insulator. X-ray absorption measurements were conducted with monochromatic X-ray of 30 keV at BL10XU and BL22XU beamlines in SPring-8. Intensities of incident and transmitted X-rays were detected using a photo-diode or ion chambers. Experimental pressures were determined based on EOSs of KBr and RbBr using their volumes from XRD patterns collected using a flat panel detector.

The densities of liquid Ga were measured up to 9.4 GPa and 500 K. The densities of liquid Ga obtained at 4–9 GPa range 6.53(7)–7.25(14) g/cm^3. The measured density at 4 GPa is consistent with the density calculated from sound velocity data reported by Ayrinhac et al. (2015).

キーワード：ガリウム、ダイヤモンドアンビルセル、X線吸収法
Keywords: gallium, diamond anvil cell, X-ray absorption method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Density measurements of crystalline Fe and amorphous materials at high pressure

*鎌田 誠司[1,2]、寺崎 英紀[3]、田窪 勇作[3]、鶴岡 椋[3]、前田 郁也[2]、山田 類[1]、河口 沙織[4]、平尾 直久[4]、町田 晃彦[5]
*Seiji Kamada[1,2], Hidenori Terasaki[3], Yusaku Takubo[3], Ryo Tsuruoka[3], Fumiya Maeda[2], Rui Yamada[1], Saori Kawaguchi[4], Naohisa Hirao[4], Akihiko Machida[5]

1. 東北大学学際科学フロンティア研究所、2. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、3. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、4. JASRI、5. QST
1. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, 2. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 4. JASRI, 5. QST

Terrestrial planets, such as Earth, Venus, Mars, and Mercury, have metallic liquid and/or solid cores. The cores consistent of mainly Fe and Ni with small amounts of light elements. Chemical compositions of solid state cores have been estimated by density measurements of crystalline core materials in a number of previous studies. On the other hand, there are a few previous studies on density measurements of liquid samples because of technical difficulties. Although Morard et al. (2008, 2013) obtained densities of liquid Fe with light elements by structure analyses from XRD patterns, accuracy of the densities was under debate because they used XRD patterns with narrow reciprocal lattice spaces. In this study, we have measured densities of crystalline Fe and amorphous materials using an X-ray absorption method in order to avoid problems of small diffraction angles due to a diamond anvil cell (DAC).
High pressure measurements were performed using a DAC with a gasket having 3 sample chambers. Fe or amorphous samples were loaded in a sample chamber for density measurements. Powders of KCl, KBr, or RbBr as references for thickness were also loaded in the other sample chambers. After XRD patterns were taken from all samples and references, absorption profiles were also measured. Experimental pressures were determined using pressure averages between KCl and KBr, or KBr and RbBr. Densities based on the X-ray absorption method were obtained using the Lambert Beer law with mass absorption coefficients from NIST data base. Densities of crystalline Fe were obtained up to 20 GPa and density differences between XRD and the absorption method were less than 2%. This technique was applied to densities of amorphous materials as well. We will report the densities based on the X-ray absorption method.

キーワード：X線吸収法、ダイヤモンドアンビルセル
Keywords: X-ray absorption method, diamond anvil cell

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DAC-GHz ultrasonic P wave velocity measurement on KCl and natural olivine

*Akira Yoneda[1], Shinichiro Kobayashi[2], Seiji Kamada[3]

1. Institute for planetary materials, Okayama University, 2. Department of Earth Science, Graduate school of Science, Tohoku Univ., 3. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku Univ.

GHz ultrasonic velocity measurements has been developed up to 14 GPa in diamond anvil cell (DAC). In order for GHz ultrasonic measurement, both P and S wave buffer rods were manufactured through sputtering ZnO piezoelectric film on single crystal rods, such as sapphire, rutile, and YAG. Several technical breakthroughs were achieved before observing stable signals from the specimen squeezed in DAC: (1) Wiping by aqueous ammonia on the contact surfaces enhances transmissibility of GHz wave from buffer rod to diamond. (2) Cleaning by lathery detergent and water jet is effective to remove sticky staff on rear surface of diamond. (3) Steel ball supporter provides easier adjustment of contact between buffer rod and diamond. Consequently, we succeeded to demonstrate performance of DAC-GHz system through KCl and natural olivine samples.

Keywords: elasticity, DAC, GHz ultrasonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

[SMP33-P01] ザイフェルタイトのラマン分光分析

*鹿山 雅裕[1]、大谷 栄治[1]、宮原 正明[2]、金子 詳平[1]、関根 利守[3]、小澤 信[1]、平尾 直久[4] (1.東北大学、2.広島大学、3.HPSTAR、4.高輝度光科学研究センター)

[SMP33-P02] 衝突ダイヤモンドの微細組織の結晶化プロセス

*大藤 弘明[1]、中谷 元祐[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

[SMP33-P03] Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による

*上原 亮[1]、桑原 義博[1]、島田 和彦[1]、中牟田 義博[1]、上原　誠一郎[1]、足立 達朗[1] (1.九州大学)

[SMP33-P04] 小笠原諸島父島における沸石の共生関係について

伊藤 道玄[1]、*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、山崎 淳司[2]、萩谷 宏[1] (1.東京都市大学知識工学部自然科学科、2.早稲田大学理工学術院総合研究所)

[SMP33-P05] Title: Single-crystal X-ray diffraction study of mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) from 213 to 303 K

*池田 龍太郎[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P06] Elastic constants of single-crystal topaz studied via sphere-resonance method

*荒舘 佳子[1]、渡辺 了[1]、浜田 盛久[2] (1.富山大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP33-P07] シート状鉱物の研磨によるダメージの検証

*纐纈 佑衣[1]、安藤 宏太[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学大学院　環境学研究科)

[SMP33-P08] Zebra Rock の記載とパターン形成モデル

*吉村 薫[1]、寅丸 敦志[2]、市原 美恵[3]、野口 高明[4]、松本 徹[5] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.東京大学地震研究所、4.九州大学基幹教育院、5.宇宙研究開発機構/宇宙科学研究所)

[SMP33-P09] Thermal conductivity anomaly of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution across the spin transition

*趙 耕賢[1]、謝 文斌[1,2] (1.台湾中央研究院地球科学研究所、2.台湾国立台湾大学地質学科)

[SMP33-P10] **Melting experiments in the $MgSiO_3$ – SiO_2 system under high pressures**

*森口 拓弥[1]、米田 明[1]、伊藤 英司[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SMP33-P11] Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1] (1.岡山大学)

[SMP33-P12] タイタン内部条件におけるメタンハイドレートの安定性

*門林 宏和[1]、平井 寿子[2]、大藤 弘明[1]、川村 英彰[1]、大竹 道香[3]、山本 佳孝[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科、3.産業技術総合研究所)

[SMP33-P13] Magnetite-maghemite-hematite相転移の研究

*杵渕 伊吹[1]、興野 純[1]、佐野 喜成[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P14] The Effects of Temperature and Pressure on Hydromagnesite

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、服部 高典[3]、松下 能孝[4]、米田 安宏[3] (1.筑波大学、2.総合科学研究機構、3.日本原子力研究開発機構、4.物質・材料研究機構)

[SMP33-P15] Synthesis and crystal structure of Mg-bearing Fe_9O_{11}: New insight in the complexity of Fe-Mg oxides at conditions of the deep upper mantle

*石井 貴之[1]、Uenver-Thiele Laura[2]、Alan B Woodland[2]、Edith Alig[3]、Tiziana Boffa Ballaran[1] (1.バイロイト大学バイエルン地球科学研究所、2.Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt、3.Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt)

[SMP33-P16] **Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment**

*Soyeon Kwon[1]、Yongjae Lee[1] (1.YONSEI University)

ザイフェルタイトのラマン分光分析
Raman spectroscopy of seifertite

*鹿山 雅裕[1]、大谷 栄治[1]、宮原 正明[2]、金子 詳平[1]、関根 利守[3]、小澤 信[1]、平尾 直久[4]
*Masahiro KAYAMA[1], Eiji Ohtani[1], Masaaki Miyahara[2], Shohei Kaneko[1], Toshimori Sekine[3], Shin Ozawa[1], Naohisa Hirao[4]

1. 東北大学、2. 広島大学、3. HPSTAR、4. 高輝度光科学研究センター
1. Tohoku University, 2. Hiroshima University, 3. HPSTAR, 4. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

SiO_2多形であるザイフェルタイト（Seifertite）はα-PbO_2構造を有し、~100 GPaを超える高圧条件下において熱力学的に安定な高圧相である。クリストバライトを出発試料とした静的圧縮実験では、少なくとも~11 GPaかつ0.01 sの条件でSi-O結合の破断を生じずにザイフェルタイトへ準安定的に相転移することが知られており、この場合、減圧時に低圧相に戻らず、ザイフェルタイトのまま常温常圧で回収することが可能である。そのため、月・火星隕石から発見されたザイフェルタイトは、母天体に産するクリストバライトから天体衝突により相転移した準安定相である。また、ザイフェルタイトの存在から衝突時の圧力・保持時間が制約され、衝突速度を算出することで衝突天体やクレーターの直径を推定することができる。このように、ザイフェルタイトは各種隕石が経験した衝突履歴を明らかにするための重要な指標となり得る。一方で、ポストスティショバイトは熱的に非常に不安定であると考えられており、レーザー光を用いた分析手法では信号を検出することが困難とされてきた。従って、ザイフェルタイトのラマン分光分析に関する事例はほとんど無く、そのラマン散乱特性については現状では分かっていない。本研究では、クリストバライトの静的圧縮実験により合成した試料及び月・火星隕石に産するザイフェルタイトから固有のラマン信号を検出するに至り、各スペクトルピークを第一原理計算により得られた結果と比較して、振動モードの帰属を行った。

ザイフェルタイトの合成試料は、クリストバライト粉末を対象にマルチアンビルプレスを用いて16 GPa、673 K及び0.5 hの条件で加圧して回収されたものである。また、火星隕石NWA2975及びZagamiと月隕石NWA 4734に産するザイフェルタイトを分析に供した。合成・天然試料ともに放射光XRD分析（BL10XU, Spring-8）からザイフェルタイトを含むシリカ粒子であることを確認している。ラマン分析にはNd: YAG 532 nmのレーザーを用い、出力を20 mW並びに露光時間3分の条件で実施した。

ラマン分光分析の結果、ザイフェルタイトを含むシリカ粒子は合成及び隕石試料共に、他のSiO_2多形とは明らかに異なるスペクトピークを示した。両試料とも、380、401、496、515、539、547、564、606、739、749および796 cm^{-1}に顕著なピークが認められる。先行研究により報告されているザイフェルタイトの結晶構造のパラメーターを基に、第一原理計算によりラマンスペクトルの相対強度と波数を算出したところ、合成及び隕石試料で得られた値と一致した。また、振動モードに関して380、515、564及び796 cm^{-1}のスペクトルピークはAgの原子振動に、401、496及び539 cm^{-1}のものはB1gに、606及び749 cm^{-1}はB2gに、547及び739 cm^{-1}はB3gに帰属される。また、20 mWで30分間にわたるレーザー照射後をしても、ザイフェルタイトが示す固有のラマン信号の強度や波数、半値幅に変化はほとんど認められないことから、熱による影響はほとんどないと考えられる。ラマン分光分析により固有の信号が取得できたことから、隕石に含まれるザイフェルタイトをより簡便かつ非破壊で同定するが可能である

キーワード：ザイフェルタイト、ラマン分光、隕石
Keywords: Seifertite, Raman spectroscopy, Meteorite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衝突ダイヤモンドの微細組織の結晶化プロセス
Microtexture and crystallization process of impact diamonds

*大藤 弘明[1]、中谷 元祐[1]
*Hiroaki Ohfuji[1], Motosuke Nakaya[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University

Impact diamonds from the Popigai crater located in the central Siberia, Russia show unique nano-polycrystalline texture composed of diamond and a small amount of lonsdaleite of ~50 nm (Ohfuji et al., 2015), which is well comparable to the nano-polycrystalline diamond synthesized by direct conversion of graphite under high pressure and high temperature (Irifune et al., 2003). However, subsequent studies noted that they show a variety of microtexture such as lamellar or layer textures and granular textures. In the present study, we investigated the mineralogical and crystallographic characteristics of the various microtextures shown by the Popigai diamonds by TEM.

The microtextures found in Popigai diamonds are divided into two types, 1) lamellar type and 2) granular type. The former is further classified into two types, 1a) less-mosaiced lamellar and 1b) mosaiced lamellar. The latter can also be divided further into 2a) granular texture composed of fine crystals of <50 nm and 2b) granular texture composed of larger (~100 nm) crystals. Careful textural observations and electron diffraction analysis revealed that the microtextures of Popigai diamonds vary from layered texture to granular texture (1a →1b →2a →2b) as the phase transitions from graphite to lonsdaleite to diamond proceed. The phase transition mechanism also changes from martensitic process involving a lattice relationship (Graphite (001) // Lonsdaleite (100) // Diamond (111)) to diffusion process where the nucleation of new grains and the their growth are promoted.

The most important factor controlling the degree of the phase transitions and the resulting microtexture is probably the shock temperature, which is supposed to have decreased gradually from the center to rim in the crater.

キーワード：衝突ダイヤモンド、ポピガイクレーター、高温高圧
Keywords: Impact diamonds, Pipogai crater, High temperature and high pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による
Metamorphic temperature analysis of H chondrites: Using revised Lindsley's pyroxene thermometer

*上原 亮[1]、桑原 義博[1]、島田 和彦[1]、中牟田 義博[1]、上原　誠一郎[1]、足立 達朗[1]
*Ryo Uehara[1], Yoshihiro Kuwahara[1], Kazuhiko Shimada[1], Yoshihiro Nakamuta[1], Seiichiro Uehara[1], Tatsuro Adachi[1]

1. 九州大学
1. Kyushu university

1. はじめに

これまで小惑星の熱進化モデルについては多くの研究者が議論を展開してきた（Wood, 1979; Miyamoto et al., 1981; Yomogida and Matsui., 1984; McSween et al., 2002）。この熱進化モデルを考える上での重要なパラメーターとして，コンドライト隕石母天体の最高到達温度，年代，冷却速度などが挙げられている（McSween et al., 2002）。これらのパラメーターの中でも，母天体内部の最高到達温度については様々な地質温度計を用いて求められてきた（Olsen and Bunch, 1984; Nakamuta and Motomura., 1999; Kessel et al., 2002; Slater-Reynolds and McSween., 2005）。中でも， Lindsley. (1983)による輝石温度計は他の温度計とは違い，同じ隕石内で斜方輝石(Opx)と単斜輝石(Cpx)の各々から温度を求めることができることから広く用いられてきた。しかし，これまで報告された単斜–斜方輝石間の温度差が50～100℃程度と大きいことから，斜方輝石と単斜輝石で得られる温度のどちらが実際の変成温度を表しているのか，多くの議論がなされてきた。これを受けて，Nakamuta et al . (2017) は隕石中に存在する単斜輝石にコスモクロア輝石成分を考慮し，従来のLindsley輝石温度計にその成分を加えた改良型Lindsley輝石温度計を提案した。これにより，LLコンドライト隕石中の単斜輝石と斜方輝石から得られた変成温度の差が20℃未満と,従来の輝石温度計を用いた先行研究の結果より精度の高い結果が得られることを報告した。本研究ではNakamuta et al. (2017)が考案した改良型Lindsley輝石温度計を用いて，Hグループに属する変成度の異なる３タイプの隕石の変成温度の推定を行った。ここでは，その結果について報告する。

２. 試料と方法

本研究で用いた試料は，Edmondson(b) (H4)，Faucett (H5)，Faith (H5)，Plainview (H5)，Mulga(north) (H6)，Great bend (H6)，NWA7875(H7)である。まず，試料毎に薄片を作成し，偏光顕微鏡，反射顕微鏡を用いて組織観察を行った。その後，電子プローブマイクロアナライザ[EPMA (JEOL JXA-8530F)] を用いて，斜方輝石(Opx), 単斜輝石(Cpx)に加え，カンラン石，斜長石の多結晶粒子に対する化学分析を行った。これらの結果を元に，各隕石試料の分類を再確認すると同時に，改良型Lindsley輝石温度計による変成温度解析を行った。

３. 結果と考察

隕石試料の組織観察及び化学分析の結果，各隕石の分類（H4, H5, H6, H7）に間違いがないことを再確認した。改良型Lindsley輝石温度計による変成温度推定については，Edmondson(b) (H4)，Faucett (H5)，Faith (H5)，Plainview (H5)，Mulga(north) (H6)，Great Bend (H6)，NWA7875 (H7)において各々779-1236℃（Opx-Cpx），814-875℃，832-843℃，844-838℃，807-797℃，811-818℃，1183-1247℃という平均値が得られた。H5，H6のほとんどの隕石試料ではOpxとCpxとの差は20℃未満に収まっている結果となった。

このことから，Nakamuta et al. (2017)による改良型Lindsley輝石温度計はHコンドライト隕石でも有効であることが示唆される。H5タイプであるFaucett，Faith，Plainview隕石の変成温度は840℃程度，H6タイプであるMulga(north)，Great Bend隕石は810℃程度，H4タイプであるEdmondson(b)隕石はOpxから判断して780℃未満であったであろうと推定される。H７タイプであるNWA7875隕石に関しては，以前H5あるいはH6であったものが衝撃変成作用によって，組織の一部が溶融され，母天体内部の熱変成作用による最高到達温

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

度が上書きされたことを反映していると思われる。
　これらの推定温度データとMonnereau et al.（2013）によって報告されているモデルシミュレーションとの結果の比較により，Hコンドライト隕石母天体は集積期間が短い（<0.2Myr）場合に形成されるオニオンシェル型の内部熱構造をとっていたと推定される。

キーワード：Hコンドライト、Lindsley輝石温度計、コスモクロア輝石、最高到達温度、オニオンシェルモデル
Keywords: H chondrite, Lindsley pyroxene thermometer, Kosmoclor, Peak temperature, Onion-shell model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小笠原諸島父島における沸石の共生関係について
The occurrence combinations of Zeolites at Chichijima, Ogasawara Islands

伊藤 道玄[1]、*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、山崎 淳司[2]、萩谷 宏[1]
Michiharu Ito[1], *Yuki Inoue[1], Mana Yasui[2], Atsushi Yamazaki[2], Hiroshi Hagiya[1]

1. 東京都市大学知識工学部自然科学科、2. 早稲田大学理工学術院総合研究所
1. Tokyo City University, 2. Waseda research institute for science and engineering

小笠原諸島は東京から南に1000km離れた太平洋上に位置する聟島列島、父島列島、母島列島からなる群島である。母島列島を除く小笠原諸島ではボニナイトと呼ばれるSiO_2>55% MgO>8% TiO_2 <0.5%という特異な組成を持つ火山岩の産地としても知られている。また、父島では、溶岩の冷却に伴う熱水循環などの要因により様々な種類の沸石が、同一の火山岩の空隙中に形成されている。

本研究では沸石の産状を調べ、その共生状態を見ることによって沸石産出地域ごとの沸石形成プロセスを検討する。

父島宮之浜海岸で産出した晶洞にはErioniteの二段階の成長が確認された。晶洞中のErioniteの各所において化学組成分析を行ったところ、内側に形成されたErioniteでは陽イオンとしてNa^+を多く含むが、外側に成長したErioniteではNa^+は減少し、K^+の増加が見られた。また、Erioniteの二段階成長の境界付近ではMg_2^+が検出された。

また、父島初寝浦海岸で産出した晶洞についても、沸石の二段階成長とみられる構造が観察された。分析を行ったところ内側からPhillipsite,　Stillbiteの2種類の沸石が確認された。

これらの沸石に対し、EDSによる化学組成分析を行ったところ、晶洞の内側のPhillipsiteでは陽イオンのNa^+の値が大きく、結晶の外側であるStillbiteではNa^+の減少及び、K^+の増加が見られた。さらにMg_2^+値については沸石種が異なる境界付近で高い値が検出された。

これらのことから、宮之浜海岸、初寝浦海岸の晶洞における沸石の二段階成長について一段階目の成長の後に新たに熱水活動があり、周囲の母岩からMg_2^+、K^+が晶洞内に供給されたと考えられる。その後、Mg_2^+を消費する粘土化などの現象の後に、Na^+, K^+型の沸石が成長したと推測できる。

また、今回、島の北部と東部という離れた産地にもかかわらず、晶洞内で沸石の二段階成長が確認され、いずれもNa^+、Mg_2^+、K^+の増減の挙動が似ていることから、広い範囲で類似の現象が発生したと思われる。このことから、父島の他の沸石共生試料についても同様の手法で検討を行った。

キーワード：沸石、無人岩、熱水活動、共生関係
Keywords: Zeolite, boninite, hydrothermal activity, occurrence combinations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Title: Single-crystal X-ray diffraction study of mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) from 213 to 303 K

*池田 龍太郎[1]
*Ryutaro Ikeda[1]

1. 筑波大学
1. University of tsukuba

Introduction

Renewable energy is of increasing importance in modern society due to its low environmental impact, ubiquity and sustainability. Since some renewable energy resources (e.g. sunlight, wind and tides) have variable outputs, storage technologies have great potential for affording the supply from these resources. In recent years, much attention has been paid to phase change materials (PCMs) due to its high energy storage capacity. PCMs are substances with a heat of fusion which can store and releasing large amounts of energy. Mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) is known as one of the PCMs. With increasing temperature, mirabilite transforms to thenardite (Na_2SO_4) at a dehydration temperature of 306 K. On the contrary, thenardite is rehydrated back to mirabilite at 283 K. The reversible reaction involves large exothermic and endothermic heats. To date, however, there is little information on temperature dependence of crystal structure in mirabilite. The structure of mirabilite contains ribbons consisting of edge-sharing $Na(H_2O)_6$ octahedra along the *c*-axis. These ribbons alternate with chains of the SO_4 tetrahedra and the two H_2O molecules. Levy and Lisensky (1978) identified disorder over two orientations of the SO_4 tetrahedra by single-crystal neutron diffraction measurement at room temperature. The characteristic two orientations, related by a rotation of about 30° about the S×××O5 vector, generate pairs of partially occupied sulfate oxygen sites (O4’/O4’’, O6’/O6’’, and O7’/O7’’). Levy and Lisensky (1978) found that the primed sites are about 25% occupied, and the double-primed sites are about 75% occupied. Recently, Brand et al. (2008) performed powder neutron diffraction measurements on mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10D_2O$) in the temperature range from 10 to 300 K. They reported that the unit cell of mirabilite is isotopically expanded up to 300 K. The authors however couldn’t observe the two orientations for the SO_4 tetrahedra in the structure, which was previously identified by Levy and Lisensky (1978). In the study, we performed temperature-dependent single-crystal X-ray diffraction measurement of mirabilite in the temperature range between 213 and 303 K. Here, we report the crystal structure change of mirabilite associated with the characteristic exothermic and endothermic heats.

Methods

Single crystals of mirabilite were obtained by slow cooling of a saturated solution of Na_2SO_4. After the synthesis, a single crystal was stored in a 0.7 mm Lindemann glass capillary to avoid dehydration. Temperature dependent single-crystal X-ray diffraction study on mirabilite was performed using a single-crystal diffractometer (APEXII ULTRA, Bruker AXS Inc., Germany) equipped with a liquid nitrogen cryostat, a CCD detector, multilayer optics, and graphite monochromated Mo$K\alpha$ radiation (λ = 0.71073 Å) generated by a rotating anode. The measurements were conducted at temperature ranges between 213 and 303 K with 10 K step in both heating and cooling processes.

Results and Discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The *a* and *c* lattice parameters and unit cell volume were monotonously changed with temperature, whereas the *b* lattice parameter remained almost unchanged. The result is entirely consistent with the previous report that thermal expansivities of the *a*- and *c*-axes are of similar magnitude, while the *b*-axis shows a much smaller thermal expansion (Brand et al. 2008). The disorder over two orientations of the SO_4 tetrahedra was observed in the present study. At room temperature, the primed and double-primed sites are about 25% and 75% occupied, respectively, which is completely consistent with the result by single-crystal neutron diffraction study (Levy and Lisensky 1978). A clear temperature dependence of the disorder over two orientations was, however, unobserved in the study. It is noteworthy that the SO_4 tetrahedral volume coordinated by primed oxygen atoms showed a pronounced temperature dependence. In the vicinity of dehydration temperature of mirabilite, it approached to that of thenardite (Na_2SO_4), which would be a trigger initiating the dehydration of mirabilite.

キーワード：硫酸ナトリウム、単結晶XRD、芒硝、相変化
Keywords: sodium sulfate, Single crystal XRD, mirabilite, Phase change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Elastic constants of single-crystal topaz studied via sphere-resonance method

*荒舘 佳子[1]、渡辺 了[1]、浜田 盛久[2]
*Kako Aradachi[1], Tohru Watanabe[1], Morihisa Hamada[2]

1. 富山大学、2. 海洋研究開発機構
1. University of Toyama, 2. JAMSTEC

Transport of ocean floor sediments by plate motions might play an important role in the circulation of materials within the Earth. Imaging subducted sediments through seismological observations requires a thorough understanding of elastic properties of sediment origin hydrous minerals. Topaz is a hydrous mineral, which can be formed from subducted sediment at high pressures. We have studied elastic constants of single-crystal topaz by the sphere-resonance method.

A sphere sample (D=2.665(1) mm) was made from a topaz single-crystal (Al1.97SiO4(F1.17,OH0.82)) collected from Ouro preto, Mines Gerais, Brazil by the two-pipe method. Lattice parameters are a=4.663, b=8.835, c=8.386 A (orthorhombic). Resonant frequencies were measured at frequencies from 1.6 MHz to 3.5 MHz with different specimen-holding forces. Extrapolating to the specimen-holding force of zero, we obtained frequencies of "free" oscillation. Elastic constants were determined by comparing measured and calculated resonant frequencies. The xyz algorithm (Visscher et al., 1991) was employed to calculate resonant frequencies of the sphere sample. At an ambient temperature, C11=281.2(5), C22=350.3(7), C33=288.4(5), C44=108.8(2), C55=130.9(2), C66=131.4(2), C12=121.3(2), C13=81.6(2), C23=82.1(2) (GPa).

キーワード：トパーズ、弾性定数、水
Keywords: Topaz, Elastic constants, Water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

シート状鉱物の研磨によるダメージの検証
Verification of damage by polishing of sheet-like minerals

*纐纈 佑衣[1]、安藤 宏太[1]、道林 克禎[1]
*Yui Kouketsu[1], Kota Ando[1], Katsuyoshi Michibayashi[1]

1. 名古屋大学大学院　環境学研究科
1. Department of Earth & Planetary Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Sheet-like minerals such as mica, serpentine, clay minerals and graphite are affected by shearing due to polishing. In addition, a damage due to electron beam irradiation during observation by the electron microscope also occurs. In this study, the damage due to polishing and irradiation of the electron beam for sheet-like minerals of graphite and serpentine minerals was evaluated by Raman spectroscopic analysis. First, we evaluated the crystallinity change of graphite in each polishing stage. As a result, a decrease in crystallinity was observed in all stages from rough polishing to fine grain polishing by diamond paste. The chemical polishing with colloidal silica also lowered the crystallinity of graphite. In order to reduce the shearing effect to graphite, we tested a low load polishing using the polisher ISPP-1000 (Ikegami Seiki Co., Ltd.) which is controlling the load by a weight. However, it was revealed that even a load of only 25g was damaged to graphite. Next we examined the polishing effect of serpentine minerals. Raman spectroscopic analysis was performed after polishing, however no spectral change at each polishing stage like graphite was detected. On the other hand, the antigorite Raman spectra after SEM-EBSD analysis showed a decrease in intensity at the depth of about 3 micrometre from the surface, suggesting that the crystal structure was damaged by electron beam irradiation. We also tried a low load polishing for serpentine minerals, and we detected an electron backscatter pattern of lizardite for the first time. In the case of pure lizardite sample, a clear Kikuchi band was confirmed. On the other hand, almost no pattern was detected for serpentine minerals (antigorite, lizardite, chrysotile) in the serpentinite samples, because of the contrast of hardness with surrounding hard minerals such as olivine. For analysis of sheet-like minerals contained in rock samples including minerals of various hardness, further improvement of the polishing method or other methods such as ion milling is needed.

キーワード：石墨、アンチゴライト、リザダイト、低荷重研磨、ラマン分光法、後方散乱電子回折
Keywords: graphite, antigorite, lizardite, low load polish, Raman spectroscopy, EBSD

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Zebra Rock の記載とパターン形成モデル
Description of Zebra Rock and the pattern formation model

*吉村 薫[1]、寅丸 敦志[2]、市原 美恵[3]、野口 高明[4]、松本 徹[5]
*Kaoru Yoshimura[1], Atsushi Toramaru[2], Mie Ichihara[3], Takaaki Noguchi[4], Toru Matsumoto[5]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 東京大学地震研究所、4. 九州大学基幹教育院、5. 宇宙研究開発機構/宇宙科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyu, 4. Department of Arts and Science, Kyushu University, 5. Japan Aerospace Exploration Agency/ Institute of Space and Astronautical Science

Zebra Rock is a sedimentary rock characterized by a pattern consisting of red and whitein color, which is characteristically seen in Australia. Loughnan and Roberts (1990) conclude that the origin of the pattern is due to the diffusion process in a sediment on the basis of their study of the mineral assemblage.However, the mechanism of the specific reaction is not explained, lacking the detailed description. Our aim is to describe Zebra Rock in more detail and to develop a pattern formation model including the reaction of mineral formation.
Six samples taken from the vicinity of Lake Argyle in the East Kimberley region of Western Australia are used. We refer to the characteristic banding pattern consisting of red bands and white bands as Red and White, respectively.
We examined the mineral compositions with XRD (Mac science CuKα radiation) and SEM-EDS (FE-SEM 15 kev, OXFORD Aztec) and the occurrence of minerals with SEM (FE-SEM 15 kev) and TEM (JEM-3200FSk) for each White and Red. By using BSD images, we examined the fraction of minerals, and the characteristics of the spatial correlations between minerals and void for White and Red. As a result, we found that there are two distinctive differences in the mineral abundance and occurrence of iron oxide between White and Red. Red contains more iron oxide than White as shown by previous study. In the occurrence of iron oxide is different. The iron oxide in White takes a shape of planer sheet of polycrystal (<100 μm) which consists of hematite grains (~100 nm), whereas the iron oxides in Red are aligned in interstitial spaces between kaolinite and quartz crystals, as aggregates (<100 μm) which consists of granular hematite grains (~ μm). In addition, from the spatial distribution analysis it is found that the iron oxides concentrate near voids both in White and Red.
Integrating these results,on the basis of the idea that the formation of iron oxide plays an essential role in the formation of zebra pattern,we develop a pattern formation model using a reaction diffusion system. In our model, the pattern is defined as the variation of concentration of ferric irons. We assume the formation process ofhematite in an aqueous solution is simplified as “ferrous ion →goethite (monomers) →goethite (precipitates) →hematite”. We propose an autocatalytic reaction in which ferrous ion are adsorbed in goethite, and thereby the reaction is accelerated. As a result of the linear stability analysis for this simplest model, it is found that the equilibrium point is stable and no pattern forms. Thus, we will develop more complex reaction models to produce the zebra pattern.

キーワード：ゼブラロック、パターン形成、反応拡散系
Keywords: Zebra Rock, pattern formation, reaction diffusion system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Thermal conductivity anomaly of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution across the spin transition

*趙 耕賢[1]、謝 文斌[1,2]
*Keng-Hsien Chao[1], Wen-Pin Hsieh[1,2]

1. 台湾中央研究院地球科学研究所、2. 台湾国立台湾大学地質学科
1. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan, 2. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taiwan

Deep carbon cycle is a process carrying carbon into Earth’s interior by subduction of slabs and returning to Earth’s surface by volcanic activities. Given the abundance of iron in Earth’s interior, it is believed that $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution is an important candidate of carbon-hosting mineral in the mantle. Prior studies have shown that the iron in the $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution undergoes a pressure-induced spin transition at 40-55 GPa and the iron content has a minor effect on the onset pressure of spin transition. Across the spin transition, the physical properties of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution, e.g. sound velocity and unit cell volume, typically change accordingly. Lattice thermal conductivity of mantle minerals is key to control the heat flux and temperature profile of the mantle. However, the thermal conductivity of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution under relevant mantle pressure-temperature conditions remains largely unknown. Here we used Raman spectroscopy to characterize the extent of spin transition of natural $(Fe_{0.18}Mn_{0.01}Mg_{0.80}Ca_{0.01})CO_3$ ferromagnesite and time-domain thermoreflectance to measure its thermal conductivity from ambient conditions to 65 GPa. Our preliminary study shows that the thermal conductivity of $(Fe_{0.18}Mn_{0.01}Mg_{0.80}Ca_{0.01})CO_3$ ferromagnesite is 20 W m^{-1} K^{-1} at 40 GPa and drastically increases to 80 W m^{-1} K^{-1} at the beginning of spin transition, and then suddenly drops to 20 W m^{-1} K^{-1} during the middle period of spin transition, similar to its iron-rich counterpart, $(Fe_{0.78}Mg_{0.22})CO_3$ siderite, investigated in our previous work. Our results suggest that if the $(Mg,Fe)CO_3$ carbonates can be transported by the subduction slabs to 1400-1800 km depth with iron contents of 18 to 78 %, their thermal conductivity anomalies across the spin transition may induce anomalies in local thermo-chemical profiles in subduction zones, which in turn alter the distribution fields of subducting minerals.

キーワード：スピン転移、熱伝導率、菱鉄苦土鉱、菱鉄鉱
Keywords: Spin transition, Thermal conductivity, Ferromagnesite, Siderite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melting experiments in the $MgSiO_3$ –SiO_2 system under high pressures

*森口 拓弥[1]、米田 明[1]、伊藤 英司[1]
*Takuya Moriguti[1], Akira Yoneda[1], Eiji Ito[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Materials, Okayama University

Melting of silicates played important roles in chemical differentiation in a deep magma ocean in the early Earth. Therefore, melting relations of the MgO–SiO_2 system have been extensively studied since a pioneer work by Bowen and Anderson (1914). Furthermore, chemical differentiation in the deep magma ocean has been simulated extensively based on results of high pressure melting experiments (e.g. Kato and Kumazawa, 1985; Ito and Katsura, 1992). However, almost all of these works have been carried out on the compositions ranging from MgO to $MgSiO_3$, assuming that the bulk mantle composition is peridotitic or close to that derived from CI chondrite. Recently, enstatite chondrite (E-chondrite) has been attracted as the bulk earth source material (Javoy et al., 2010) because the isotope systematics of the Earth and Moon are nearly identical to those of E-chondrite over O, N, Mo, Re, Os, and Cr. In E-chondrite, the silicate composition is characterized by SiO_2/(SiO_2+MgO) = ˜0.6, which is substantially higher than that of the peridotitic mantle (˜0.4).

In this context, understanding of the melting relations over compositions between $MgSiO_3$ and SiO_2 is indispensable to clarify the mantle fractionation. That also relates to investigations of chemical compositions of the crust at early stage of the Earth. Nevertheless, there have been very limited works on the pressure effect on melting in the $MgSiO_3$–SiO_2 system. Available information regarding phase relations in the system has been so far limited to 5 GPa (Dalton and Presnall, 1997). In this study, we are determining the melting relations in the $MgSiO_3$–SiO_2 system at pressures 5 to 20 GPa. Here we present the results obtained at 10 GPa.

References

Bowen and Anderson (1914) The binary system MgO-SiO_2. Am. J. Sci. 4th ser. 37, 487-500.

Dalton and Presnall (1997) No liquid immiscibility in the system $MgSiO_3$-SiO_2 at 5.0 GPa. Geochim. Cosmochim. Acta 61, 2367-2373.

Ito and Katsura (1992) Melting of ferromagnesian silicates under the lower mantle conditions. Am. Geophys. Union Monogr. 67, 315-322.

Javoy et al. (2010) The chemical composition of the Earth: Enstatite chondrite models. Earth Planet. Sci. Lett. 293, 259-268.

Kato and Kumazawa (1985) Garnet phase of $MgSiO_3$ filling the pyroxene-ilmenite gap at very high temperature. Nature 316, 803-805.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

.

キーワード：エンスタタイトコンドライト、溶融関係、マグマオーシャン、マントル分化、高圧
Keywords: enstatite chondrite, melting relation, magma ocean, mantle differentiation, high pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1]
*Yu Itami[1], Satoru Urakawa[1]

1. 岡山大学
1. Okayama University

天然に産する多くのダイヤモンドは、深さ150-200 kmの上部マントル内で生成する。しかし、マントル遷移層や下部マントルに由来する超深部起源ダイヤモンドの存在も近年では多数報告されている。Smith et al.（2016）は、超深部起源ダイヤモンドの一つであるCLIPPIRダイヤモンドの包有物中に固化したFe-Ni-S-Cメルトを発見し、このダイヤモンドがマントル遷移層に沈み込んだスラブの上面でFe-Ni-S-Cメルトから生成したと考えた。本研究ではマントル遷移層でのダイヤモンド生成条件を明らかにすることを目的として、Fe-Ni-S-C系の高温高圧急冷実験を行った。

高温高圧実験はKAWAI型マルチアンビル装置を用い、15 GPa、900-1400 Kの条件で行った。15 GPaでは1400 K以上でダイヤモンドがFe-Ni-S-Cメルトと共存する。ダイヤモンドと共存する液相は硫黄濃度が約12 wt.%までは最大炭素溶解度が1.5 wt.%まで減少するが、硫黄濃度が12 wt.%より高くなると最大炭素溶解度が増加する。マントル中の炭素含有量を考慮すると、15 GPaでは硫黄濃度が5から15 wt.%の範囲にあるとき炭素が過飽和となり鉄合金メルトからダイヤモンドが析出される。

マントル遷移層の深さ450 km（15 GPa）での温度は1400 Kよりも高いのでFe-Ni-S-Cメルトからダイヤモンドが生成され得る。一方、マントル遷移層に沈み込んだスラブの上面は低温であるため、ダイヤモンドは生成できない。したがって、CLIPPIRダイヤモンドは古代のより温度が高いスラブ中で生成した可能性があると考えられる。また、マントル遷移層自体が玄武岩組成である場合はCLIPPIRダイヤモンドのようなエクロジャイト質ダイヤモンドの起源はスラブに限定されない。

キーワード：ダイヤモンド、マントル遷移層、Fe-Ni-S-C系、液体合金、沈み込むスラブ
Keywords: diamond, mantle transition zone, the Fe-Ni-S-C system, liquid alloy, subducting slab

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

タイタン内部条件におけるメタンハイドレートの安定性
Effect of ammonia on the stability of methane hydrate under high-pressure and high-temperature

*門林 宏和[1]、平井 寿子[2]、大藤 弘明[1]、川村 英彰[1]、大竹 道香[3]、山本 佳孝[3]
*Hirokazu Kadobayashi[1], Hisako Hirai[2], Hiroaki Ohfuji[1], Hideaki Kawamura[1], Michika Ohtake[3], Yoshitaka Yamamoto[3]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 立正大学地球環境科学部環境システム学科、3. 産業技術総合研究所
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Department of Environment System, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Methane hydrate may be present in significant amounts in the interior of Titan and other icy moons and is thought to be a candidate for a source of their atmospheric methane [e.g., Loveday *et al.* (2001); Choukroun *et al.* (2010)]. The icy mantles of these moons mainly consist of water, methane and ammonia, but the stability of methane hydrate coexisting with these components under high-pressure and high-temperature have been still unknown. In this study, we report a high-pressure and high-temperature investigation of the effect of ammonia on the stability of methane hydrate using X-ray diffraction and Raman spectroscopy combined with externally heated diamond anvil cell under 0.2-20 GPa and 298-413 K. X-ray diffraction studies revealed that methane hydrate in water-methane-ammonia system transforms from sI cage structure into sH cage structure at approximately 0.8 GPa at room temperature, and further transforms into a filled-ice Ih structure at approximately 1.8 GPa without decomposition into water ice and solid methane. These transition pressures at room temperature were same as those reported for pure methane hydrate [Hirai *et al.* (2001); Loveday *et al.* (2001); Shimizu *et al.* (2002)]. At higher temperature, the melting temperatures for the sI and sH cage structures below 1.8 GPa determined by in situ Raman spectroscopy were good agreement with those of pure methane hydrate reported by previous studies [Dyadin *et al.* (1997); Bezacier *et al.* (2014)]. On the other hand, the decomposition temperatures of filled-ice Ih above 1.8 GPa were about 10-20 K lower than those of water-methane system reported by Kadobayashi *et al.* (2018). Our results suggest that ammonia has a potential to vary the stability of filled-ice Ih of methane hydrate in the interiors of icy moons. Finally, we briefly discuss the implications of our new results for the fate of methane hydrate in concerned with a source of atmospheric methane in Titan.

キーワード：氷衛星、タイタン、メタンハイドレート、ダイヤモンドアンビルセル、高圧実験
Keywords: icy satellite, Titan, methane hydrate, diamond anvil cell, high-pressure experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetite-maghemite-hematite相転移の研究
Study on magnetite-maghemite-hematite transformation

*杵渕 伊吹[1]、興野 純[1]、佐野 喜成[1]
*Ibuki Kinebuchi[1], Atsushi Kyono[1], Yoshinari Sano[1]

1. 筑波大学
1. University of Tsukuba

地殻中に普遍的に存在するmagnetite (Fe_3O_4)はFe^{2+}がFe^{3+}に酸化することによってhematite (α-Fe_2O_3)に相転移する．この酸化過程において，magnetiteと同形構造であるmaghemite (γ-Fe_2O_3)が中間相として形成される．Maghemiteはmagnetite中の八面体席の一部が空孔になったものであり，magnetiteからmagnetiteへの局所構造の連続的な変化については未解明な部分が多い．そこで本研究では，magnetiteからmaghemiteを経てhematiteまで相転移するメカニズムを解明するために，熱重量・示差熱分析，粉末XRD測定，X線吸収微細構造(XAFS)の高温ex-situおよびin-situ測定を行って，magnetiteの酸化過程での局所構造変化を調べた．熱重量・示差熱分析の結果，magnetiteには加熱開始と同時に400 °Cまで連続的な発熱と重量増加が観察され，その後500 °Cまでは発熱量は減少し重量は一定となった．高温ex-situ EXAFSの動径構造関数から，250 °Cまで加熱したmagnetiteでは，出発物質のmagnetiteと比較してFe_{oct}-O，Fe_{oct}-Fe_{oct}，Fe_{tet}-Fe_{oc}tのピークが弱く，Fe-Oの平均結合距離が短いことが分かった．これはmagnetite中の八面体席のFeの席占有率が減少していることを示しており，すでにmaghemiteへの相転移を示唆している．また，500 °Cまで加熱したmagnetiteでは，hematiteに特徴的なピークが強くなっていることから，hematiteに相転移していることが分かった．500 °Cでの高温in-situ XANESの結果から，Feの平均酸化数は加熱開始から135分まで連続的に増加し，135分以降はほぼ一定となることが明らかになった．また，高温in-situ EXAFSの動径構造関数から，加熱開始から70分まではmagnetiteのFe-O，Fe_{oct}-Fe_{oct}，Fe_{tet}-Fe_{oct}のピークが連続的に減少しており，maghemiteへの相転移と非晶質な相の存在を示唆した．その後，80分以降からhematiteに対応するピークが出現し始めた．以上の結果から，magnetiteは，加熱によってはじめに八面体席のFe^{2+}が拡散し八面体席の一部が空孔となりmaghemiteに相転移する．さらに，拡散したFe^{2+}の一部は非晶質相に濃集する．その後，maghemiteの空孔となった八面体席が再びFeの八面体配位を形成し，それと同時に非晶質相のFe^{2+}が酸化して，hematiteに相転移していると考えられる．

キーワード：磁鉄鉱、赤磁鉄鉱、赤鉄鉱、熱分析、X線回折、X線吸収微細構造
Keywords: magnetite, maghemite, hematite, thermal analysis, X-ray diffraction, X-ray absorpition fine structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Effects of Temperature and Pressure on Hydromagnesite

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、服部 高典[3]、松下 能孝[4]、米田 安宏[3]
*Gen-ichiro Yamamoto[1], Atsushi Kyono[1], Jun Abe[2], Takanori Hattori[3], Yoshitaka Matsushita[4], Yasuhiro Yoneda[3]

1. 筑波大学、2. 総合科学研究機構、3. 日本原子力研究開発機構、4. 物質・材料研究機構
1. University of Tsukuba, 2. CROSS, 3. JAEA, 4. NIMS

In recent years, the global warming is the most important environment problem. Therefore, attempts of CO_2 geological storage have been made to reduce carbon dioxide in the atmosphere all over the world (Xue and Nakano 2008). Among some CO_2 geological storage methods, the CO_2 mineral trapping can store the carbon dioxide safety for a long time. In the case of geological storage, magnesium carbonate hydrates are important minerals since they precipitate easily from water saturated with carbon dioxide. The major magnesium carbonate hydrates formed from aqueous solution are nesquehonite $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ and hydromagnesite $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$. The stability of these minerals are critically important factors to assess environmental safety and phase stability over geological time scale, but they have not been fully investigated yet, especially of hydromagnesite. Here, we investigated the effects of pressure and temperature on hydromagnesite by using thermal analysis, high-temperature X-ray diffraction, X-ray total scattering, high-pressure X-ray diffraction, and high-pressure and high-temperature neutron diffraction techniques.
With temperature, hydromagnesite was decomposed into periclase MgO through the poor crystalline phase, accompanied with dehydration, dihydroxylation, and decarbonation of hydromagnesite. The *a* and *c* lattice parameters were monotonously increased as increasing temperature whereas *b* lattice parameter almost remained unchanged. At just before the dehydration reaction, the unit cell was contracted due to the dehydration. With pressure, hydromagnesite structure was maintained up to 8.7 GPa. Decomposition into magnesite $MgCO_3$ or periclase was unobserved up to at least 21.0 GPa. With compression, the unit cell was isotopically contracted. The fit to the Birch-Murnaghan equation of state gives $K_0 = 32(2)$ and $V_0 = 658(4)$ with $K' = 4.0$ (fixed). Under high-pressure and high-temperature conditions, hydromagnesite broke down into magnesite and brucite $Mg(OH)_2$ at 200 °C and 1.2 GPa. The unit cell was isotopically expanded up to just before the breakdown. The breakdown of hydromagnesite could be caused by the dissolution by dehydration water, and subsequently magnesite and brucite were hydrothermally grown from the solution at the condition. The results obtained from this study would provide insight the CO_2 geological storage.

キーワード：ハイドロマグネサイト、マグネサイト、相変化、高圧、高温、CO2地中貯留
Keywords: Hydromagnesite, magnesite, phase change, high-pressure, high-temperature, CO2 geological storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Synthesis and crystal structure of Mg-bearing Fe_9O_{11}: New insight in the complexity of Fe-Mg oxides at conditions of the deep upper mantle

*石井 貴之[1]、Uenver-Thiele Laura[2]、Alan B Woodland[2]、Edith Alig[3]、Tiziana Boffa Ballaran[1]
*Takayuki Ishii[1], Uenver-Thiele Laura[2], Alan B Woodland[2], Edith Alig[3], Tiziana Boffa Ballaran[1]

1. バイロイト大学バイエルン地球科学研究所、2. Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt、3. Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt
1. Bavarian Research Institute, University of Bayreuth, 2. Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt, 3. Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt

The Fe-O system is fundamental for understanding redox processes operating in the Earth’s interior. Recent experimental studies have revealed several new mixed-valence Fe-oxides to be stable at high pressures and temperatures, such as the orthorhombic-structured phases $Fe^{2+}_2Fe^{3+}_2O_5$ and $Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2O_6$. and the monoclinic-structured $Fe^{2+}_3Fe^{3+}_4O_9$. It has been also demonstrated that Fe_4O_5 and Fe_7O_9 form solid solutions with the Mg-endmembers such as $Mg_2Fe_2O_5$ and $Mg_3Fe_4O_9$, suggesting possible existence of complicated Mg-Fe oxides in the deep mantle. We synthesized a new Mg-Fe oxide with a composition of $Mg_{0.9}Fe_{8.1}O_{11}$. We report the synthesis and crystal structure analyzed by the Rietveld method.

A novel Mg-bearing iron oxide $Mg_{0.87(1)}Fe^{2+}_{4.13(1)}Fe^{3+}_4O_{11}$ was synthesized at 12 GPa and 1300 ˚C using a large volume press. Rietveld structural analysis was conducted with a laboratory X-ray diffraction pattern obtained at ambient conditions.
The crystal structure, which has one oxygen trigonal prism site and four octahedral sites for the cations, was found to be isostructural with $Ca_2Fe_7O_{11}$. The unit-cell lattice parameters are a = 9.8441(5) Å, b = 2.8920(1) Å, c = 14.1760(6) Å, β = 99.956(4)˚, V = 397.50(3) Å, and Z = 2 (monoclinic, $C2/m$). Mg and Fe cations are disordered on the trigonal prism site and on two of the four octahedral sites, and the remaining Fe is accommodated at the other two octahedral sites. The present structure is closely related to the other recently discovered Fe oxide structures, e.g. Fe_4O_5 and Fe_5O_6, by distortion derived either from incorporation (Fe_4O_5) or removal (Fe_5O_6) of an edge-shared FeO_6 single octahedral chain in their structures. The present synthesis at deep upper mantle conditions and the structural relationships observed between various novel Mg-Fe oxides indicate that a series of different phases become stable above 10 GPa and that their relative stabilities (Fe^{2+}/Fe^{3+}) must be controlled by oxygen fugacity.

キーワード：酸化鉄、マントル、酸素分圧、マルチアンビル高圧発生装置、リートベルト解析
Keywords: iron oxide, mantle, oxygen fugacity, multi-anvil apparatus, Rietveld analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment

*Soyeon Kwon[1], Yongjae Lee[1]

1. YONSEI University

Pressure can tailor the properties of a material by changing its atomistic arrangements and/or crystal morphology. We have investigated the changes in the adsorption properties of kaolin group minerals as a function of pressure treatment in gigapascal range. External pressure has been applied using a Large Volume Press (LVP) to kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) and halloysite ($H_4Al_2O_9Si_2{\cdot}2H_2O$), which represent natural 2D layered and 1D nanowire structures, respectively. Powdered samples have been compressed up to 3 GPa in 1 GPa steps at room temperature and recovered by up to ~0.35g from each pressure step. The BET (Brunauer, Emmett, Teller) measurement was conducted using N_2 gas to measure the specific surface area, pore size distribution, and pore volume of the pressure-treated samples. Before pressure-treatment, the specific surface area of kaolinite has been measured to be 10.702(m^2g^{-1}), which increases to 12.090(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 17.101(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 17.864(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatments. These lead to a gradual increase in the total volume of adsorbed pores from 0.01216 (cm^3g^{-1}) at ambient, to 0.01368(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.074337(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.09546(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments. Unlike Kaolinite, the specific surface area of halloysite decreases from 47.476($m2g^{-1}$) from ambient to 44.348(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 41.579(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 42.796(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatment, which results in overall decrease in the total volume of the pore from 0.1914(cm^3g^{-1}) at ambient to 0.1863(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.1572(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.1187(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments.
We discuss the contrasting effects of pressure-treatment on the two morphologically-distinct kaolin group minerals based on SEM (Scanning Electron Microscope) images and analyses of selected diffraction peaks measured on each recovered material. We observe that the layers in kaolinite separate into smaller units upon increasing pressure treatment, whereas the tubes in halloysite become flattened, which led to the contrasting changes in surface area and pore volume. Further study is in progress to compare these results to when water is used as a pore-penetrating pressure-transmitting medium.

Keywords: kaolinite, halloysite, high pressure treatment, specific surface area, morphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment

Soyeon Kwon, Yongjae Lee*

Department of Earth System Sciences, Yonsei University

yongjaelee@yonsei.ac.kr

ABSTRACT

Pressure can tailor the properties of a material by changing its atomistic arrangements and/or crystal morphology. We have investigated the changes in the adsorption properties of kaolin group minerals as a function of pressure treatment in gigapascal range. External pressure has been applied using a Large Volume Press (LVP) to kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) and halloysite ($H_4Al_2O_9Si_2 \cdot 2H_2O$), which represent natural 2D layered and 1D nanowire structures, respectively. Powdered samples have been compressed up to 3 GPa in 1 GPa steps at room temperature and recovered by up to ~0.35g from each pressure step. The BET (Brunauer, Emmett, Teller) measurement was conducted using N_2 gas to measure the specific surface area, pore size distribution, and pore volume of the pressure-treated samples. Before pressure-treatment, the specific surface area of kaolinite has been measured to be 10.702(m^2g^{-1}), which increases to 12.090(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 17.101(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 17.864(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatments. These lead to a gradual increase in the total volume of adsorbed pores from 0.01216 (cm^3g^{-1}) at ambient, to 0.01368(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.074337(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.09546(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments. Unlike Kaolinite, the specific surface area of halloysite decreases from 47.476(m2g^{-1}) from ambient to 44.348(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 41.579(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 42.796(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatment, which results in overall decrease in the total volume of the pore from 0.1914(cm^3g^{-1}) at ambient to 0.1863(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.1572(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.1187(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments.

We discuss the contrasting effects of pressure-treatment on the two morphologically-distinct kaolin group minerals based on SEM (Scanning Electron Microscope) images and analyses of selected diffraction peaks measured on each recovered material. We observe that the layers in kaolinite separate into smaller units upon increasing pressure treatment, whereas the tubes in halloysite become flattened, which led to the contrasting changes in surface area and pore volume. Further study is in progress to compare these results to when water is used as a pore-penetrating pressure-transmitting medium.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_30

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

[SMP33-P01] ザイフェルタイトのラマン分光分析

*鹿山 雅裕[1]、大谷 栄治[1]、宮原 正明[2]、金子 詳平[1]、関根 利守[3]、小澤 信[1]、平尾 直久[4] (1.東北大学、2.広島大学、3.HPSTAR、4.高輝度光科学研究センター)

[SMP33-P02] 衝突ダイヤモンドの微細組織の結晶化プロセス

*大藤 弘明[1]、中谷 元祐[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

[SMP33-P03] Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による

*上原 亮[1]、桑原 義博[1]、島田 和彦[1]、中牟田 義博[1]、上原　誠一郎[1]、足立 達朗[1] (1.九州大学)

[SMP33-P04] 小笠原諸島父島における沸石の共生関係について

伊藤 道玄[1]、*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、山崎 淳司[2]、萩谷 宏[1] (1.東京都市大学知識工学部自然科学科、2.早稲田大学理工学術院総合研究所)

[SMP33-P05] Title: Single-crystal X-ray diffraction study of mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) from 213 to 303 K

*池田 龍太郎[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P06] Elastic constants of single-crystal topaz studied via sphere-resonance method

*荒舘 佳子[1]、渡辺 了[1]、浜田 盛久[2] (1.富山大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP33-P07] シート状鉱物の研磨によるダメージの検証

*纐纈 佑衣[1]、安藤 宏太[1]、道林 克禎[1] (1.名古屋大学大学院　環境学研究科)

[SMP33-P08] Zebra Rock の記載とパターン形成モデル

*吉村 薫[1]、寅丸 敦志[2]、市原 美恵[3]、野口 高明[4]、松本 徹[5] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.東京大学地震研究所、4.九州大学基幹教育院、5.宇宙研究開発機構/宇宙科学研究所)

[SMP33-P09] Thermal conductivity anomaly of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution across the spin transition

*趙 耕賢[1]、謝 文斌[1,2] (1.台湾中央研究院地球科学研究所、2.台湾国立台湾大学地質学科)

[SMP33-P10] **Melting experiments in the $MgSiO_3$ – SiO_2 system under high pressures**

*森口 拓弥[1]、米田 明[1]、伊藤 英司[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SMP33-P11] Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1] (1.岡山大学)

[SMP33-P12] タイタン内部条件におけるメタンハイドレートの安定性

*門林 宏和[1]、平井 寿子[2]、大藤 弘明[1]、川村 英彰[1]、大竹 道香[3]、山本 佳孝[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.立正大学地球環境科学部環境システム学科、3.産業技術総合研究所)

[SMP33-P13] Magnetite-maghemite-hematite相転移の研究

*杵渕 伊吹[1]、興野 純[1]、佐野 喜成[1] (1.筑波大学)

[SMP33-P14] The Effects of Temperature and Pressure on Hydromagnesite

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、服部 高典[3]、松下 能孝[4]、米田 安宏[3] (1.筑波大学、2.総合科学研究機構、3.日本原子力研究開発機構、4.物質・材料研究機構)

[SMP33-P15] Synthesis and crystal structure of Mg-bearing Fe_9O_{11}: New insight in the complexity of Fe-Mg oxides at conditions of the deep upper mantle

*石井 貴之[1]、Uenver-Thiele Laura[2]、Alan B Woodland[2]、Edith Alig[3]、Tiziana Boffa Ballaran[1] (1.バイロイト大学バイエルン地球科学研究所、2.Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt、3.Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt)

[SMP33-P16] **Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment**

*Soyeon Kwon[1]、Yongjae Lee[1] (1.YONSEI University)

ザイフェルタイトのラマン分光分析
Raman spectroscopy of seifertite

*鹿山 雅裕[1]、大谷 栄治[1]、宮原 正明[2]、金子 詳平[1]、関根 利守[3]、小澤 信[1]、平尾 直久[4]
*Masahiro KAYAMA[1], Eiji Ohtani[1], Masaaki Miyahara[2], Shohei Kaneko[1], Toshimori Sekine[3], Shin Ozawa[1], Naohisa Hirao[4]

1. 東北大学、2. 広島大学、3. HPSTAR、4. 高輝度光科学研究センター
1. Tohoku University, 2. Hiroshima University, 3. HPSTAR, 4. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

SiO_2多形であるザイフェルタイト（Seifertite）はα-PbO_2構造を有し、~100 GPaを超える高圧条件下において熱力学的に安定な高圧相である。クリストバライトを出発試料とした静的圧縮実験では、少なくとも~11 GPaかつ0.01 sの条件でSi-O結合の破断を生じずにザイフェルタイトへ準安定的に相転移することが知られており、この場合、減圧時に低圧相に戻らず、ザイフェルタイトのまま常温常圧で回収することが可能である。そのため、月・火星隕石から発見されたザイフェルタイトは、母天体に産するクリストバライトから天体衝突により相転移した準安定相である。また、ザイフェルタイトの存在から衝突時の圧力・保持時間が制約され、衝突速度を算出することで衝突天体やクレーターの直径を推定することができる。このように、ザイフェルタイトは各種隕石が経験した衝突履歴を明らかにするための重要な指標となり得る。一方で、ポストスティショバイトは熱的に非常に不安定であると考えられており、レーザー光を用いた分析手法では信号を検出することが困難とされてきた。従って、ザイフェルタイトのラマン分光分析に関する事例はほとんど無く、そのラマン散乱特性については現状では分かっていない。本研究では、クリストバライトの静的圧縮実験により合成した試料及び月・火星隕石に産するザイフェルタイトから固有のラマン信号を検出するに至り、各スペクトルピークを第一原理計算により得られた結果と比較して、振動モードの帰属を行った。

ザイフェルタイトの合成試料は、クリストバライト粉末を対象にマルチアンビルプレスを用いて16 GPa、673 K及び0.5 hの条件で加圧して回収されたものである。また、火星隕石NWA2975及びZagamiと月隕石NWA 4734に産するザイフェルタイトを分析に供した。合成・天然試料ともに放射光XRD分析（BL10XU, Spring-8）からザイフェルタイトを含むシリカ粒子であることを確認している。ラマン分析にはNd: YAG 532 nmのレーザーを用い、出力を20 mW並びに露光時間3分の条件で実施した。

ラマン分光分析の結果、ザイフェルタイトを含むシリカ粒子は合成及び隕石試料共に、他のSiO_2多形とは明らかに異なるスペクトピークを示した。両試料とも、380、401、496、515、539、547、564、606、739、749および796 cm^{-1}に顕著なピークが認められる。先行研究により報告されているザイフェルタイトの結晶構造のパラメーターを基に、第一原理計算によりラマンスペクトルの相対強度と波数を算出したところ、合成及び隕石試料で得られた値と一致した。また、振動モードに関して380、515、564及び796 cm^{-1}のスペクトルピークはAgの原子振動に、401、496及び539 cm^{-1}のものはB1gに、606及び749 cm^{-1}はB2gに、547及び739 cm^{-1}はB3gに帰属される。また、20 mWで30分間にわたるレーザー照射後をしても、ザイフェルタイトが示す固有のラマン信号の強度や波数、半値幅に変化はほとんど認められないことから、熱による影響はほとんどないと考えられる。ラマン分光分析により固有の信号が取得できたことから、隕石に含まれるザイフェルタイトをより簡便かつ非破壊で同定するが可能である

キーワード：ザイフェルタイト、ラマン分光、隕石
Keywords: Seifertite, Raman spectroscopy, Meteorite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衝突ダイヤモンドの微細組織の結晶化プロセス
Microtexture and crystallization process of impact diamonds

*大藤 弘明[1]、中谷 元祐[1]
*Hiroaki Ohfuji[1], Motosuke Nakaya[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University

Impact diamonds from the Popigai crater located in the central Siberia, Russia show unique nano-polycrystalline texture composed of diamond and a small amount of lonsdaleite of ~50 nm (Ohfuji et al., 2015), which is well comparable to the nano-polycrystalline diamond synthesized by direct conversion of graphite under high pressure and high temperature (Irifune et al., 2003). However, subsequent studies noted that they show a variety of microtexture such as lamellar or layer textures and granular textures. In the present study, we investigated the mineralogical and crystallographic characteristics of the various microtextures shown by the Popigai diamonds by TEM.

The microtextures found in Popigai diamonds are divided into two types, 1) lamellar type and 2) granular type. The former is further classified into two types, 1a) less-mosaiced lamellar and 1b) mosaiced lamellar. The latter can also be divided further into 2a) granular texture composed of fine crystals of <50 nm and 2b) granular texture composed of larger (~100 nm) crystals. Careful textural observations and electron diffraction analysis revealed that the microtextures of Popigai diamonds vary from layered texture to granular texture (1a →1b →2a →2b) as the phase transitions from graphite to lonsdaleite to diamond proceed. The phase transition mechanism also changes from martensitic process involving a lattice relationship (Graphite (001) // Lonsdaleite (100) // Diamond (111)) to diffusion process where the nucleation of new grains and the their growth are promoted.

The most important factor controlling the degree of the phase transitions and the resulting microtexture is probably the shock temperature, which is supposed to have decreased gradually from the center to rim in the crater.

キーワード：衝突ダイヤモンド、ポピガイクレーター、高温高圧
Keywords: Impact diamonds, Pipogai crater, High temperature and high pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による
Metamorphic temperature analysis of H chondrites: Using revised Lindsley's pyroxene thermometer

*上原 亮[1]、桑原 義博[1]、島田 和彦[1]、中牟田 義博[1]、上原　誠一郎[1]、足立 達朗[1]
*Ryo Uehara[1], Yoshihiro Kuwahara[1], Kazuhiko Shimada[1], Yoshihiro Nakamuta[1], Seiichiro Uehara[1], Tatsuro Adachi[1]

1. 九州大学
1. Kyushu university

1. はじめに

これまで小惑星の熱進化モデルについては多くの研究者が議論を展開してきた（Wood, 1979; Miyamoto et al., 1981; Yomogida and Matsui., 1984; McSween et al., 2002）。この熱進化モデルを考える上での重要なパラメーターとして，コンドライト隕石母天体の最高到達温度，年代，冷却速度などが挙げられている（McSween et al., 2002）。これらのパラメーターの中でも，母天体内部の最高到達温度については様々な地質温度計を用いて求められてきた（Olsen and Bunch, 1984; Nakamuta and Motomura., 1999; Kessel et al., 2002; Slater-Reynolds and McSween., 2005）。中でも， Lindsley. (1983)による輝石温度計は他の温度計とは違い，同じ隕石内で斜方輝石(Opx)と単斜輝石(Cpx)の各々から温度を求めることができることから広く用いられてきた。しかし，これまで報告された単斜–斜方輝石間の温度差が50～100℃程度と大きいことから，斜方輝石と単斜輝石で得られる温度のどちらが実際の変成温度を表しているのか，多くの議論がなされてきた。これを受けて，Nakamuta et al . (2017) は隕石中に存在する単斜輝石にコスモクロア輝石成分を考慮し，従来のLindsley輝石温度計にその成分を加えた改良型Lindsley輝石温度計を提案した。これにより，LLコンドライト隕石中の単斜輝石と斜方輝石から得られた変成温度の差が20℃未満と,従来の輝石温度計を用いた先行研究の結果より精度の高い結果が得られることを報告した。本研究ではNakamuta et al. (2017)が考案した改良型Lindsley輝石温度計を用いて，Hグループに属する変成度の異なる３タイプの隕石の変成温度の推定を行った。ここでは，その結果について報告する。

２. 試料と方法

本研究で用いた試料は，Edmondson(b) (H4)，Faucett (H5)，Faith (H5)，Plainview (H5)，Mulga(north) (H6)，Great bend (H6)，NWA7875(H7)である。まず，試料毎に薄片を作成し，偏光顕微鏡，反射顕微鏡を用いて組織観察を行った。その後，電子プローブマイクロアナライザ[EPMA (JEOL JXA-8530F)] を用いて，斜方輝石(Opx), 単斜輝石(Cpx)に加え，カンラン石，斜長石の多結晶粒子に対する化学分析を行った。これらの結果を元に，各隕石試料の分類を再確認すると同時に，改良型Lindsley輝石温度計による変成温度解析を行った。

３. 結果と考察

隕石試料の組織観察及び化学分析の結果，各隕石の分類（H4, H5, H6, H7）に間違いがないことを再確認した。改良型Lindsley輝石温度計による変成温度推定については，Edmondson(b) (H4)，Faucett (H5)，Faith (H5)，Plainview (H5)，Mulga(north) (H6)，Great Bend (H6)，NWA7875 (H7)において各々779-1236℃（Opx-Cpx），814-875℃，832-843℃，844-838℃，807-797℃，811-818℃，1183-1247℃という平均値が得られた。H5，H6のほとんどの隕石試料ではOpxとCpxとの差は20℃未満に収まっている結果となった。

このことから，Nakamuta et al. (2017)による改良型Lindsley輝石温度計はHコンドライト隕石でも有効であることが示唆される。H5タイプであるFaucett，Faith，Plainview隕石の変成温度は840℃程度，H6タイプであるMulga(north)，Great Bend隕石は810℃程度，H4タイプであるEdmondson(b)隕石はOpxから判断して780℃未満であったであろうと推定される。H７タイプであるNWA7875隕石に関しては，以前H5あるいはH6であったものが衝撃変成作用によって，組織の一部が溶融され，母天体内部の熱変成作用による最高到達温

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

度が上書きされたことを反映していると思われる。
　これらの推定温度データとMonnereau et al.（2013）によって報告されているモデルシミュレーションとの結果の比較により，Hコンドライト隕石母天体は集積期間が短い（<0.2Myr）場合に形成されるオニオンシェル型の内部熱構造をとっていたと推定される。

キーワード：Hコンドライト、Lindsley輝石温度計、コスモクロア輝石、最高到達温度、オニオンシェルモデル
Keywords: H chondrite, Lindsley pyroxene thermometer, Kosmoclor, Peak temperature, Onion-shell model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小笠原諸島父島における沸石の共生関係について
The occurrence combinations of Zeolites at Chichijima, Ogasawara Islands

伊藤 道玄[1]、*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、山崎 淳司[2]、萩谷 宏[1]
Michiharu Ito[1], *Yuki Inoue[1], Mana Yasui[2], Atsushi Yamazaki[2], Hiroshi Hagiya[1]

1. 東京都市大学知識工学部自然科学科、2. 早稲田大学理工学術院総合研究所
1. Tokyo City University, 2. Waseda research institute for science and engineering

小笠原諸島は東京から南に1000km離れた太平洋上に位置する聟島列島、父島列島、母島列島からなる群島である。母島列島を除く小笠原諸島ではボニナイトと呼ばれるSiO_2>55% MgO>8% TiO_2 <0.5%という特異な組成を持つ火山岩の産地としても知られている。また、父島では、溶岩の冷却に伴う熱水循環などの要因により様々な種類の沸石が、同一の火山岩の空隙中に形成されている。

本研究では沸石の産状を調べ、その共生状態を見ることによって沸石産出地域ごとの沸石形成プロセスを検討する。

父島宮之浜海岸で産出した晶洞にはErioniteの二段階の成長が確認された。晶洞中のErioniteの各所において化学組成分析を行ったところ、内側に形成されたErioniteでは陽イオンとしてNa^+を多く含むが、外側に成長したErioniteではNa^+は減少し、K^+の増加が見られた。また、Erioniteの二段階成長の境界付近ではMg_2^+が検出された。

また、父島初寝浦海岸で産出した晶洞についても、沸石の二段階成長とみられる構造が観察された。分析を行ったところ内側からPhillipsite,　Stillbiteの2種類の沸石が確認された。

これらの沸石に対し、EDSによる化学組成分析を行ったところ、晶洞の内側のPhillipsiteでは陽イオンのNa^+の値が大きく、結晶の外側であるStillbiteではNa^+の減少及び、K^+の増加が見られた。さらにMg_2^+値については沸石種が異なる境界付近で高い値が検出された。

これらのことから、宮之浜海岸、初寝浦海岸の晶洞における沸石の二段階成長について一段階目の成長の後に新たに熱水活動があり、周囲の母岩からMg_2^+、K^+が晶洞内に供給されたと考えられる。その後、Mg_2^+を消費する粘土化などの現象の後に、Na^+, K^+型の沸石が成長したと推測できる。

また、今回、島の北部と東部という離れた産地にもかかわらず、晶洞内で沸石の二段階成長が確認され、いずれもNa^+、Mg_2^+、K^+の増減の挙動が似ていることから、広い範囲で類似の現象が発生したと思われる。このことから、父島の他の沸石共生試料についても同様の手法で検討を行った。

キーワード：沸石、無人岩、熱水活動、共生関係
Keywords: Zeolite, boninite, hydrothermal activity, occurrence combinations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Title: Single-crystal X-ray diffraction study of mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) from 213 to 303 K

*池田 龍太郎[1]
*Ryutaro Ikeda[1]

1. 筑波大学
1. University of tsukuba

Introduction

Renewable energy is of increasing importance in modern society due to its low environmental impact, ubiquity and sustainability. Since some renewable energy resources (e.g. sunlight, wind and tides) have variable outputs, storage technologies have great potential for affording the supply from these resources. In recent years, much attention has been paid to phase change materials (PCMs) due to its high energy storage capacity. PCMs are substances with a heat of fusion which can store and releasing large amounts of energy. Mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) is known as one of the PCMs. With increasing temperature, mirabilite transforms to thenardite (Na_2SO_4) at a dehydration temperature of 306 K. On the contrary, thenardite is rehydrated back to mirabilite at 283 K. The reversible reaction involves large exothermic and endothermic heats. To date, however, there is little information on temperature dependence of crystal structure in mirabilite. The structure of mirabilite contains ribbons consisting of edge-sharing $Na(H_2O)_6$ octahedra along the *c*-axis. These ribbons alternate with chains of the SO_4 tetrahedra and the two H_2O molecules. Levy and Lisensky (1978) identified disorder over two orientations of the SO_4 tetrahedra by single-crystal neutron diffraction measurement at room temperature. The characteristic two orientations, related by a rotation of about 30° about the S×××O5 vector, generate pairs of partially occupied sulfate oxygen sites (O4’/O4’’, O6’/O6’’, and O7’/O7’’). Levy and Lisensky (1978) found that the primed sites are about 25% occupied, and the double-primed sites are about 75% occupied. Recently, Brand et al. (2008) performed powder neutron diffraction measurements on mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10D_2O$) in the temperature range from 10 to 300 K. They reported that the unit cell of mirabilite is isotopically expanded up to 300 K. The authors however couldn’t observe the two orientations for the SO_4 tetrahedra in the structure, which was previously identified by Levy and Lisensky (1978). In the study, we performed temperature-dependent single-crystal X-ray diffraction measurement of mirabilite in the temperature range between 213 and 303 K. Here, we report the crystal structure change of mirabilite associated with the characteristic exothermic and endothermic heats.

Methods

Single crystals of mirabilite were obtained by slow cooling of a saturated solution of Na_2SO_4. After the synthesis, a single crystal was stored in a 0.7 mm Lindemann glass capillary to avoid dehydration. Temperature dependent single-crystal X-ray diffraction study on mirabilite was performed using a single-crystal diffractometer (APEXII ULTRA, Bruker AXS Inc., Germany) equipped with a liquid nitrogen cryostat, a CCD detector, multilayer optics, and graphite monochromated Mo$K\alpha$ radiation (λ = 0.71073 Å) generated by a rotating anode. The measurements were conducted at temperature ranges between 213 and 303 K with 10 K step in both heating and cooling processes.

Results and Discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The *a* and *c* lattice parameters and unit cell volume were monotonously changed with temperature, whereas the *b* lattice parameter remained almost unchanged. The result is entirely consistent with the previous report that thermal expansivities of the *a*- and *c*-axes are of similar magnitude, while the *b*-axis shows a much smaller thermal expansion (Brand et al. 2008). The disorder over two orientations of the SO_4 tetrahedra was observed in the present study. At room temperature, the primed and double-primed sites are about 25% and 75% occupied, respectively, which is completely consistent with the result by single-crystal neutron diffraction study (Levy and Lisensky 1978). A clear temperature dependence of the disorder over two orientations was, however, unobserved in the study. It is noteworthy that the SO_4 tetrahedral volume coordinated by primed oxygen atoms showed a pronounced temperature dependence. In the vicinity of dehydration temperature of mirabilite, it approached to that of thenardite (Na_2SO_4), which would be a trigger initiating the dehydration of mirabilite.

キーワード：硫酸ナトリウム、単結晶XRD、芒硝、相変化
Keywords: sodium sulfate, Single crystal XRD, mirabilite, Phase change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Elastic constants of single-crystal topaz studied via sphere-resonance method

*荒舘 佳子[1]、渡辺 了[1]、浜田 盛久[2]
*Kako Aradachi[1], Tohru Watanabe[1], Morihisa Hamada[2]

1. 富山大学、2. 海洋研究開発機構
1. University of Toyama, 2. JAMSTEC

Transport of ocean floor sediments by plate motions might play an important role in the circulation of materials within the Earth. Imaging subducted sediments through seismological observations requires a thorough understanding of elastic properties of sediment origin hydrous minerals. Topaz is a hydrous mineral, which can be formed from subducted sediment at high pressures. We have studied elastic constants of single-crystal topaz by the sphere-resonance method.

A sphere sample (D=2.665(1) mm) was made from a topaz single-crystal (Al1.97SiO4(F1.17,OH0.82)) collected from Ouro preto, Mines Gerais, Brazil by the two-pipe method. Lattice parameters are a=4.663, b=8.835, c=8.386 A (orthorhombic). Resonant frequencies were measured at frequencies from 1.6 MHz to 3.5 MHz with different specimen-holding forces. Extrapolating to the specimen-holding force of zero, we obtained frequencies of "free" oscillation. Elastic constants were determined by comparing measured and calculated resonant frequencies. The xyz algorithm (Visscher et al., 1991) was employed to calculate resonant frequencies of the sphere sample. At an ambient temperature, C11=281.2(5), C22=350.3(7), C33=288.4(5), C44=108.8(2), C55=130.9(2), C66=131.4(2), C12=121.3(2), C13=81.6(2), C23=82.1(2) (GPa).

キーワード：トパーズ、弾性定数、水
Keywords: Topaz, Elastic constants, Water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

シート状鉱物の研磨によるダメージの検証
Verification of damage by polishing of sheet-like minerals

*纐纈 佑衣[1]、安藤 宏太[1]、道林 克禎[1]
*Yui Kouketsu[1], Kota Ando[1], Katsuyoshi Michibayashi[1]

1. 名古屋大学大学院　環境学研究科
1. Department of Earth & Planetary Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Sheet-like minerals such as mica, serpentine, clay minerals and graphite are affected by shearing due to polishing. In addition, a damage due to electron beam irradiation during observation by the electron microscope also occurs. In this study, the damage due to polishing and irradiation of the electron beam for sheet-like minerals of graphite and serpentine minerals was evaluated by Raman spectroscopic analysis. First, we evaluated the crystallinity change of graphite in each polishing stage. As a result, a decrease in crystallinity was observed in all stages from rough polishing to fine grain polishing by diamond paste. The chemical polishing with colloidal silica also lowered the crystallinity of graphite. In order to reduce the shearing effect to graphite, we tested a low load polishing using the polisher ISPP-1000 (Ikegami Seiki Co., Ltd.) which is controlling the load by a weight. However, it was revealed that even a load of only 25g was damaged to graphite. Next we examined the polishing effect of serpentine minerals. Raman spectroscopic analysis was performed after polishing, however no spectral change at each polishing stage like graphite was detected. On the other hand, the antigorite Raman spectra after SEM-EBSD analysis showed a decrease in intensity at the depth of about 3 micrometre from the surface, suggesting that the crystal structure was damaged by electron beam irradiation. We also tried a low load polishing for serpentine minerals, and we detected an electron backscatter pattern of lizardite for the first time. In the case of pure lizardite sample, a clear Kikuchi band was confirmed. On the other hand, almost no pattern was detected for serpentine minerals (antigorite, lizardite, chrysotile) in the serpentinite samples, because of the contrast of hardness with surrounding hard minerals such as olivine. For analysis of sheet-like minerals contained in rock samples including minerals of various hardness, further improvement of the polishing method or other methods such as ion milling is needed.

キーワード：石墨、アンチゴライト、リザダイト、低荷重研磨、ラマン分光法、後方散乱電子回折
Keywords: graphite, antigorite, lizardite, low load polish, Raman spectroscopy, EBSD

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Zebra Rock の記載とパターン形成モデル
Description of Zebra Rock and the pattern formation model

*吉村 薫[1]、寅丸 敦志[2]、市原 美恵[3]、野口 高明[4]、松本 徹[5]
*Kaoru Yoshimura[1], Atsushi Toramaru[2], Mie Ichihara[3], Takaaki Noguchi[4], Toru Matsumoto[5]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 東京大学地震研究所、4. 九州大学基幹教育院、5. 宇宙研究開発機構/宇宙科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyu, 4. Department of Arts and Science, Kyushu University, 5. Japan Aerospace Exploration Agency/ Institute of Space and Astronautical Science

Zebra Rock is a sedimentary rock characterized by a pattern consisting of red and whitein color, which is characteristically seen in Australia. Loughnan and Roberts (1990) conclude that the origin of the pattern is due to the diffusion process in a sediment on the basis of their study of the mineral assemblage.However, the mechanism of the specific reaction is not explained, lacking the detailed description. Our aim is to describe Zebra Rock in more detail and to develop a pattern formation model including the reaction of mineral formation.
Six samples taken from the vicinity of Lake Argyle in the East Kimberley region of Western Australia are used. We refer to the characteristic banding pattern consisting of red bands and white bands as Red and White, respectively.
We examined the mineral compositions with XRD (Mac science CuKα radiation) and SEM-EDS (FE-SEM 15 kev, OXFORD Aztec) and the occurrence of minerals with SEM (FE-SEM 15 kev) and TEM (JEM-3200FSk) for each White and Red. By using BSD images, we examined the fraction of minerals, and the characteristics of the spatial correlations between minerals and void for White and Red. As a result, we found that there are two distinctive differences in the mineral abundance and occurrence of iron oxide between White and Red. Red contains more iron oxide than White as shown by previous study. In the occurrence of iron oxide is different. The iron oxide in White takes a shape of planer sheet of polycrystal (<100 μm) which consists of hematite grains (~100 nm), whereas the iron oxides in Red are aligned in interstitial spaces between kaolinite and quartz crystals, as aggregates (<100 μm) which consists of granular hematite grains (~ μm). In addition, from the spatial distribution analysis it is found that the iron oxides concentrate near voids both in White and Red.
Integrating these results,on the basis of the idea that the formation of iron oxide plays an essential role in the formation of zebra pattern,we develop a pattern formation model using a reaction diffusion system. In our model, the pattern is defined as the variation of concentration of ferric irons. We assume the formation process ofhematite in an aqueous solution is simplified as “ferrous ion →goethite (monomers) →goethite (precipitates) →hematite”. We propose an autocatalytic reaction in which ferrous ion are adsorbed in goethite, and thereby the reaction is accelerated. As a result of the linear stability analysis for this simplest model, it is found that the equilibrium point is stable and no pattern forms. Thus, we will develop more complex reaction models to produce the zebra pattern.

キーワード：ゼブラロック、パターン形成、反応拡散系
Keywords: Zebra Rock, pattern formation, reaction diffusion system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Thermal conductivity anomaly of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution across the spin transition

*趙 耕賢[1]、謝 文斌[1,2]
*Keng-Hsien Chao[1], Wen-Pin Hsieh[1,2]

1. 台湾中央研究院地球科学研究所、2. 台湾国立台湾大学地質学科
1. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan, 2. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taiwan

Deep carbon cycle is a process carrying carbon into Earth’s interior by subduction of slabs and returning to Earth’s surface by volcanic activities. Given the abundance of iron in Earth’s interior, it is believed that $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution is an important candidate of carbon-hosting mineral in the mantle. Prior studies have shown that the iron in the $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution undergoes a pressure-induced spin transition at 40-55 GPa and the iron content has a minor effect on the onset pressure of spin transition. Across the spin transition, the physical properties of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution, e.g. sound velocity and unit cell volume, typically change accordingly. Lattice thermal conductivity of mantle minerals is key to control the heat flux and temperature profile of the mantle. However, the thermal conductivity of $(Mg,Fe)CO_3$ solid solution under relevant mantle pressure-temperature conditions remains largely unknown. Here we used Raman spectroscopy to characterize the extent of spin transition of natural $(Fe_{0.18}Mn_{0.01}Mg_{0.80}Ca_{0.01})CO_3$ ferromagnesite and time-domain thermoreflectance to measure its thermal conductivity from ambient conditions to 65 GPa. Our preliminary study shows that the thermal conductivity of $(Fe_{0.18}Mn_{0.01}Mg_{0.80}Ca_{0.01})CO_3$ ferromagnesite is 20 W m^{-1} K^{-1} at 40 GPa and drastically increases to 80 W m^{-1} K^{-1} at the beginning of spin transition, and then suddenly drops to 20 W m^{-1} K^{-1} during the middle period of spin transition, similar to its iron-rich counterpart, $(Fe_{0.78}Mg_{0.22})CO_3$ siderite, investigated in our previous work. Our results suggest that if the $(Mg,Fe)CO_3$ carbonates can be transported by the subduction slabs to 1400-1800 km depth with iron contents of 18 to 78 %, their thermal conductivity anomalies across the spin transition may induce anomalies in local thermo-chemical profiles in subduction zones, which in turn alter the distribution fields of subducting minerals.

キーワード：スピン転移、熱伝導率、菱鉄苦土鉱、菱鉄鉱
Keywords: Spin transition, Thermal conductivity, Ferromagnesite, Siderite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melting experiments in the $MgSiO_3$ –SiO_2 system under high pressures

*森口 拓弥[1]、米田 明[1]、伊藤 英司[1]
*Takuya Moriguti[1], Akira Yoneda[1], Eiji Ito[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Materials, Okayama University

Melting of silicates played important roles in chemical differentiation in a deep magma ocean in the early Earth. Therefore, melting relations of the MgO–SiO_2 system have been extensively studied since a pioneer work by Bowen and Anderson (1914). Furthermore, chemical differentiation in the deep magma ocean has been simulated extensively based on results of high pressure melting experiments (e.g. Kato and Kumazawa, 1985; Ito and Katsura, 1992). However, almost all of these works have been carried out on the compositions ranging from MgO to $MgSiO_3$, assuming that the bulk mantle composition is peridotitic or close to that derived from CI chondrite. Recently, enstatite chondrite (E-chondrite) has been attracted as the bulk earth source material (Javoy et al., 2010) because the isotope systematics of the Earth and Moon are nearly identical to those of E-chondrite over O, N, Mo, Re, Os, and Cr. In E-chondrite, the silicate composition is characterized by SiO_2/(SiO_2+MgO) = ˜0.6, which is substantially higher than that of the peridotitic mantle (˜0.4).

In this context, understanding of the melting relations over compositions between $MgSiO_3$ and SiO_2 is indispensable to clarify the mantle fractionation. That also relates to investigations of chemical compositions of the crust at early stage of the Earth. Nevertheless, there have been very limited works on the pressure effect on melting in the $MgSiO_3$–SiO_2 system. Available information regarding phase relations in the system has been so far limited to 5 GPa (Dalton and Presnall, 1997). In this study, we are determining the melting relations in the $MgSiO_3$–SiO_2 system at pressures 5 to 20 GPa. Here we present the results obtained at 10 GPa.

References

Bowen and Anderson (1914) The binary system MgO-SiO_2. Am. J. Sci. 4th ser. 37, 487-500.

Dalton and Presnall (1997) No liquid immiscibility in the system $MgSiO_3$-SiO_2 at 5.0 GPa. Geochim. Cosmochim. Acta 61, 2367-2373.

Ito and Katsura (1992) Melting of ferromagnesian silicates under the lower mantle conditions. Am. Geophys. Union Monogr. 67, 315-322.

Javoy et al. (2010) The chemical composition of the Earth: Enstatite chondrite models. Earth Planet. Sci. Lett. 293, 259-268.

Kato and Kumazawa (1985) Garnet phase of $MgSiO_3$ filling the pyroxene-ilmenite gap at very high temperature. Nature 316, 803-805.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

.

キーワード：エンスタタイトコンドライト、溶融関係、マグマオーシャン、マントル分化、高圧
Keywords: enstatite chondrite, melting relation, magma ocean, mantle differentiation, high pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1]
*Yu Itami[1], Satoru Urakawa[1]

1. 岡山大学
1. Okayama University

天然に産する多くのダイヤモンドは、深さ150-200 kmの上部マントル内で生成する。しかし、マントル遷移層や下部マントルに由来する超深部起源ダイヤモンドの存在も近年では多数報告されている。Smith et al.（2016）は、超深部起源ダイヤモンドの一つであるCLIPPIRダイヤモンドの包有物中に固化したFe-Ni-S-Cメルトを発見し、このダイヤモンドがマントル遷移層に沈み込んだスラブの上面でFe-Ni-S-Cメルトから生成したと考えた。本研究ではマントル遷移層でのダイヤモンド生成条件を明らかにすることを目的として、Fe-Ni-S-C系の高温高圧急冷実験を行った。

高温高圧実験はKAWAI型マルチアンビル装置を用い、15 GPa、900-1400 Kの条件で行った。15 GPaでは1400 K以上でダイヤモンドがFe-Ni-S-Cメルトと共存する。ダイヤモンドと共存する液相は硫黄濃度が約12 wt.%までは最大炭素溶解度が1.5 wt.%まで減少するが、硫黄濃度が12 wt.%より高くなると最大炭素溶解度が増加する。マントル中の炭素含有量を考慮すると、15 GPaでは硫黄濃度が5から15 wt.%の範囲にあるとき炭素が過飽和となり鉄合金メルトからダイヤモンドが析出される。

マントル遷移層の深さ450 km（15 GPa）での温度は1400 Kよりも高いのでFe-Ni-S-Cメルトからダイヤモンドが生成され得る。一方、マントル遷移層に沈み込んだスラブの上面は低温であるため、ダイヤモンドは生成できない。したがって、CLIPPIRダイヤモンドは古代のより温度が高いスラブ中で生成した可能性があると考えられる。また、マントル遷移層自体が玄武岩組成である場合はCLIPPIRダイヤモンドのようなエクロジャイト質ダイヤモンドの起源はスラブに限定されない。

キーワード：ダイヤモンド、マントル遷移層、Fe-Ni-S-C系、液体合金、沈み込むスラブ
Keywords: diamond, mantle transition zone, the Fe-Ni-S-C system, liquid alloy, subducting slab

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

タイタン内部条件におけるメタンハイドレートの安定性
Effect of ammonia on the stability of methane hydrate under high-pressure and high-temperature

*門林 宏和[1]、平井 寿子[2]、大藤 弘明[1]、川村 英彰[1]、大竹 道香[3]、山本 佳孝[3]
*Hirokazu Kadobayashi[1], Hisako Hirai[2], Hiroaki Ohfuji[1], Hideaki Kawamura[1], Michika Ohtake[3], Yoshitaka Yamamoto[3]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 立正大学地球環境科学部環境システム学科、3. 産業技術総合研究所
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Department of Environment System, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Methane hydrate may be present in significant amounts in the interior of Titan and other icy moons and is thought to be a candidate for a source of their atmospheric methane [e.g., Loveday *et al.* (2001); Choukroun *et al.* (2010)]. The icy mantles of these moons mainly consist of water, methane and ammonia, but the stability of methane hydrate coexisting with these components under high-pressure and high-temperature have been still unknown. In this study, we report a high-pressure and high-temperature investigation of the effect of ammonia on the stability of methane hydrate using X-ray diffraction and Raman spectroscopy combined with externally heated diamond anvil cell under 0.2-20 GPa and 298-413 K. X-ray diffraction studies revealed that methane hydrate in water-methane-ammonia system transforms from sI cage structure into sH cage structure at approximately 0.8 GPa at room temperature, and further transforms into a filled-ice Ih structure at approximately 1.8 GPa without decomposition into water ice and solid methane. These transition pressures at room temperature were same as those reported for pure methane hydrate [Hirai *et al.* (2001); Loveday *et al.* (2001); Shimizu *et al.* (2002)]. At higher temperature, the melting temperatures for the sI and sH cage structures below 1.8 GPa determined by in situ Raman spectroscopy were good agreement with those of pure methane hydrate reported by previous studies [Dyadin *et al.* (1997); Bezacier *et al.* (2014)]. On the other hand, the decomposition temperatures of filled-ice Ih above 1.8 GPa were about 10-20 K lower than those of water-methane system reported by Kadobayashi *et al.* (2018). Our results suggest that ammonia has a potential to vary the stability of filled-ice Ih of methane hydrate in the interiors of icy moons. Finally, we briefly discuss the implications of our new results for the fate of methane hydrate in concerned with a source of atmospheric methane in Titan.

キーワード：氷衛星、タイタン、メタンハイドレート、ダイヤモンドアンビルセル、高圧実験
Keywords: icy satellite, Titan, methane hydrate, diamond anvil cell, high-pressure experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetite-maghemite-hematite相転移の研究
Study on magnetite-maghemite-hematite transformation

*杵渕 伊吹[1]、興野 純[1]、佐野 喜成[1]
*Ibuki Kinebuchi[1], Atsushi Kyono[1], Yoshinari Sano[1]

1. 筑波大学
1. University of Tsukuba

地殻中に普遍的に存在するmagnetite (Fe_3O_4)はFe^{2+}がFe^{3+}に酸化することによってhematite (α-Fe_2O_3)に相転移する．この酸化過程において，magnetiteと同形構造であるmaghemite (γ-Fe_2O_3)が中間相として形成される．Maghemiteはmagnetite中の八面体席の一部が空孔になったものであり，magnetiteからmagnetiteへの局所構造の連続的な変化については未解明な部分が多い．そこで本研究では，magnetiteからmaghemiteを経てhematiteまで相転移するメカニズムを解明するために，熱重量・示差熱分析，粉末XRD測定，X線吸収微細構造(XAFS)の高温ex-situおよびin-situ測定を行って，magnetiteの酸化過程での局所構造変化を調べた．熱重量・示差熱分析の結果，magnetiteには加熱開始と同時に400 °Cまで連続的な発熱と重量増加が観察され，その後500 °Cまでは発熱量は減少し重量は一定となった．高温ex-situ EXAFSの動径構造関数から，250 °Cまで加熱したmagnetiteでは，出発物質のmagnetiteと比較してFe_{oct}-O，Fe_{oct}-Fe_{oct}，Fe_{tet}-Fe_{oc}tのピークが弱く，Fe-Oの平均結合距離が短いことが分かった．これはmagnetite中の八面体席のFeの席占有率が減少していることを示しており，すでにmaghemiteへの相転移を示唆している．また，500 °Cまで加熱したmagnetiteでは，hematiteに特徴的なピークが強くなっていることから，hematiteに相転移していることが分かった．500 °Cでの高温in-situ XANESの結果から，Feの平均酸化数は加熱開始から135分まで連続的に増加し，135分以降はほぼ一定となることが明らかになった．また，高温in-situ EXAFSの動径構造関数から，加熱開始から70分まではmagnetiteのFe-O，Fe_{oct}-Fe_{oct}，Fe_{tet}-Fe_{oct}のピークが連続的に減少しており，maghemiteへの相転移と非晶質な相の存在を示唆した．その後，80分以降からhematiteに対応するピークが出現し始めた．以上の結果から，magnetiteは，加熱によってはじめに八面体席のFe^{2+}が拡散し八面体席の一部が空孔となりmaghemiteに相転移する．さらに，拡散したFe^{2+}の一部は非晶質相に濃集する．その後，maghemiteの空孔となった八面体席が再びFeの八面体配位を形成し，それと同時に非晶質相のFe^{2+}が酸化して，hematiteに相転移していると考えられる．

キーワード：磁鉄鉱、赤磁鉄鉱、赤鉄鉱、熱分析、X線回折、X線吸収微細構造
Keywords: magnetite, maghemite, hematite, thermal analysis, X-ray diffraction, X-ray absorpition fine structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Effects of Temperature and Pressure on Hydromagnesite

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、服部 高典[3]、松下 能孝[4]、米田 安宏[3]
*Gen-ichiro Yamamoto[1], Atsushi Kyono[1], Jun Abe[2], Takanori Hattori[3], Yoshitaka Matsushita[4], Yasuhiro Yoneda[3]

1. 筑波大学、2. 総合科学研究機構、3. 日本原子力研究開発機構、4. 物質・材料研究機構
1. University of Tsukuba, 2. CROSS, 3. JAEA, 4. NIMS

In recent years, the global warming is the most important environment problem. Therefore, attempts of CO_2 geological storage have been made to reduce carbon dioxide in the atmosphere all over the world (Xue and Nakano 2008). Among some CO_2 geological storage methods, the CO_2 mineral trapping can store the carbon dioxide safety for a long time. In the case of geological storage, magnesium carbonate hydrates are important minerals since they precipitate easily from water saturated with carbon dioxide. The major magnesium carbonate hydrates formed from aqueous solution are nesquehonite $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ and hydromagnesite $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$. The stability of these minerals are critically important factors to assess environmental safety and phase stability over geological time scale, but they have not been fully investigated yet, especially of hydromagnesite. Here, we investigated the effects of pressure and temperature on hydromagnesite by using thermal analysis, high-temperature X-ray diffraction, X-ray total scattering, high-pressure X-ray diffraction, and high-pressure and high-temperature neutron diffraction techniques.
With temperature, hydromagnesite was decomposed into periclase MgO through the poor crystalline phase, accompanied with dehydration, dihydroxylation, and decarbonation of hydromagnesite. The *a* and *c* lattice parameters were monotonously increased as increasing temperature whereas *b* lattice parameter almost remained unchanged. At just before the dehydration reaction, the unit cell was contracted due to the dehydration. With pressure, hydromagnesite structure was maintained up to 8.7 GPa. Decomposition into magnesite $MgCO_3$ or periclase was unobserved up to at least 21.0 GPa. With compression, the unit cell was isotopically contracted. The fit to the Birch-Murnaghan equation of state gives $K_0 = 32(2)$ and $V_0 = 658(4)$ with $K' = 4.0$ (fixed). Under high-pressure and high-temperature conditions, hydromagnesite broke down into magnesite and brucite $Mg(OH)_2$ at 200 °C and 1.2 GPa. The unit cell was isotopically expanded up to just before the breakdown. The breakdown of hydromagnesite could be caused by the dissolution by dehydration water, and subsequently magnesite and brucite were hydrothermally grown from the solution at the condition. The results obtained from this study would provide insight the CO_2 geological storage.

キーワード：ハイドロマグネサイト、マグネサイト、相変化、高圧、高温、CO2地中貯留
Keywords: Hydromagnesite, magnesite, phase change, high-pressure, high-temperature, CO2 geological storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Synthesis and crystal structure of Mg-bearing Fe_9O_{11}: New insight in the complexity of Fe-Mg oxides at conditions of the deep upper mantle

*石井 貴之[1]、Uenver-Thiele Laura[2]、Alan B Woodland[2]、Edith Alig[3]、Tiziana Boffa Ballaran[1]
*Takayuki Ishii[1], Uenver-Thiele Laura[2], Alan B Woodland[2], Edith Alig[3], Tiziana Boffa Ballaran[1]

1. バイロイト大学バイエルン地球科学研究所、2. Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt、3. Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt
1. Bavarian Research Institute, University of Bayreuth, 2. Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt, 3. Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Goethe-Universität Frankfurt

The Fe-O system is fundamental for understanding redox processes operating in the Earth’s interior. Recent experimental studies have revealed several new mixed-valence Fe-oxides to be stable at high pressures and temperatures, such as the orthorhombic-structured phases $Fe^{2+}_2Fe^{3+}_2O_5$ and $Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2O_6$. and the monoclinic-structured $Fe^{2+}_3Fe^{3+}_4O_9$. It has been also demonstrated that Fe_4O_5 and Fe_7O_9 form solid solutions with the Mg-endmembers such as $Mg_2Fe_2O_5$ and $Mg_3Fe_4O_9$, suggesting possible existence of complicated Mg-Fe oxides in the deep mantle. We synthesized a new Mg-Fe oxide with a composition of $Mg_{0.9}Fe_{8.1}O_{11}$. We report the synthesis and crystal structure analyzed by the Rietveld method.

A novel Mg-bearing iron oxide $Mg_{0.87(1)}Fe^{2+}_{4.13(1)}Fe^{3+}_4O_{11}$ was synthesized at 12 GPa and 1300 ˚C using a large volume press. Rietveld structural analysis was conducted with a laboratory X-ray diffraction pattern obtained at ambient conditions.
The crystal structure, which has one oxygen trigonal prism site and four octahedral sites for the cations, was found to be isostructural with $Ca_2Fe_7O_{11}$. The unit-cell lattice parameters are a = 9.8441(5) Å, b = 2.8920(1) Å, c = 14.1760(6) Å, β = 99.956(4)˚, V = 397.50(3) Å, and Z = 2 (monoclinic, $C2/m$). Mg and Fe cations are disordered on the trigonal prism site and on two of the four octahedral sites, and the remaining Fe is accommodated at the other two octahedral sites. The present structure is closely related to the other recently discovered Fe oxide structures, e.g. Fe_4O_5 and Fe_5O_6, by distortion derived either from incorporation (Fe_4O_5) or removal (Fe_5O_6) of an edge-shared FeO_6 single octahedral chain in their structures. The present synthesis at deep upper mantle conditions and the structural relationships observed between various novel Mg-Fe oxides indicate that a series of different phases become stable above 10 GPa and that their relative stabilities (Fe^{2+}/Fe^{3+}) must be controlled by oxygen fugacity.

キーワード：酸化鉄、マントル、酸素分圧、マルチアンビル高圧発生装置、リートベルト解析
Keywords: iron oxide, mantle, oxygen fugacity, multi-anvil apparatus, Rietveld analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment

*Soyeon Kwon[1], Yongjae Lee[1]

1. YONSEI University

Pressure can tailor the properties of a material by changing its atomistic arrangements and/or crystal morphology. We have investigated the changes in the adsorption properties of kaolin group minerals as a function of pressure treatment in gigapascal range. External pressure has been applied using a Large Volume Press (LVP) to kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) and halloysite ($H_4Al_2O_9Si_2{\cdot}2H_2O$), which represent natural 2D layered and 1D nanowire structures, respectively. Powdered samples have been compressed up to 3 GPa in 1 GPa steps at room temperature and recovered by up to ~0.35g from each pressure step. The BET (Brunauer, Emmett, Teller) measurement was conducted using N_2 gas to measure the specific surface area, pore size distribution, and pore volume of the pressure-treated samples. Before pressure-treatment, the specific surface area of kaolinite has been measured to be 10.702(m^2g^{-1}), which increases to 12.090(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 17.101(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 17.864(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatments. These lead to a gradual increase in the total volume of adsorbed pores from 0.01216 (cm^3g^{-1}) at ambient, to 0.01368(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.074337(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.09546(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments. Unlike Kaolinite, the specific surface area of halloysite decreases from 47.476($m2g^{-1}$) from ambient to 44.348(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 41.579(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 42.796(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatment, which results in overall decrease in the total volume of the pore from 0.1914(cm^3g^{-1}) at ambient to 0.1863(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.1572(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.1187(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments.
We discuss the contrasting effects of pressure-treatment on the two morphologically-distinct kaolin group minerals based on SEM (Scanning Electron Microscope) images and analyses of selected diffraction peaks measured on each recovered material. We observe that the layers in kaolinite separate into smaller units upon increasing pressure treatment, whereas the tubes in halloysite become flattened, which led to the contrasting changes in surface area and pore volume. Further study is in progress to compare these results to when water is used as a pore-penetrating pressure-transmitting medium.

Keywords: kaolinite, halloysite, high pressure treatment, specific surface area, morphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Changes in specific surface area and morphology of kaolin group minerals with pressure treatment

Soyeon Kwon, Yongjae Lee*

Department of Earth System Sciences, Yonsei University

yongjaelee@yonsei.ac.kr

ABSTRACT

Pressure can tailor the properties of a material by changing its atomistic arrangements and/or crystal morphology. We have investigated the changes in the adsorption properties of kaolin group minerals as a function of pressure treatment in gigapascal range. External pressure has been applied using a Large Volume Press (LVP) to kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) and halloysite ($H_4Al_2O_9Si_2 \cdot 2H_2O$), which represent natural 2D layered and 1D nanowire structures, respectively. Powdered samples have been compressed up to 3 GPa in 1 GPa steps at room temperature and recovered by up to ~0.35g from each pressure step. The BET (Brunauer, Emmett, Teller) measurement was conducted using N_2 gas to measure the specific surface area, pore size distribution, and pore volume of the pressure-treated samples. Before pressure-treatment, the specific surface area of kaolinite has been measured to be 10.702(m^2g^{-1}), which increases to 12.090(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 17.101(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 17.864(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatments. These lead to a gradual increase in the total volume of adsorbed pores from 0.01216 (cm^3g^{-1}) at ambient, to 0.01368(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.074337(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.09546(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments. Unlike Kaolinite, the specific surface area of halloysite decreases from 47.476(m2g^{-1}) from ambient to 44.348(m^2g^{-1}) after 1 GPa, 41.579(m^2g^{-1}) after 2 GPa, and 42.796(m^2g^{-1}) after 3 GPa treatment, which results in overall decrease in the total volume of the pore from 0.1914(cm^3g^{-1}) at ambient to 0.1863(cm^3g^{-1}) after 1 GPa, 0.1572(cm^3g^{-1}) after 2 GPa, and 0.1187(cm^3g^{-1}) after 3 GPa treatments.

We discuss the contrasting effects of pressure-treatment on the two morphologically-distinct kaolin group minerals based on SEM (Scanning Electron Microscope) images and analyses of selected diffraction peaks measured on each recovered material. We observe that the layers in kaolinite separate into smaller units upon increasing pressure treatment, whereas the tubes in halloysite become flattened, which led to the contrasting changes in surface area and pore volume. Further study is in progress to compare these results to when water is used as a pore-penetrating pressure-transmitting medium.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)

Volatiles play an important role in the geodynamics and chemical differentiation in the mantle and crust by drastically changing mineral stability and rheological behavior. Fractionation-processes such as partial melting, hydration, and dehydration are all controlled by volatiles in the rocks. A significant portion of the volatiles in the Earth has been thought to be present in the atmosphere and oceans as a consequence of extensive degassing during accretion and subsequent mantle degassing. On the other hand, it has been recently recognized that substantial amounts of volatiles are recycled back into the mantle at subduction zones, where intensive devolatilization of descended materials during arc magma generation was once thought to act as an effective "subduction barrier". However, fundamental questions still remain, such as: how are volatiles species distributed throughout the early and present Earth? What are the mechanisms for, and rate at which, volatiles are fluxed between the atmosphere, crust, and mantle? And what role have volatiles played in driving the evolution of the Earth? The possible role of the core in storing primordial volatiles is also poorly constrained. We therefore welcome contributions from experimental, observational, and modeling studies that help shed light on the deep cycles of volatiles, such as hydrogen, carbon, nitrogen, noble gases, halogens and sulfur. We particularly encourage studies linking the behavior of multiple volatile elements and their isotopic compositions. Studies investigating the linkage between volatile and solid geochemical tracers, the phase equilibria of volatile-bearing mantle assemblages, and the effect of volatiles on the physical properties of the mantle are also welcome.

[SGC40-P01] 大陸成長モデルの勘どころ

*是永 淳[1] (1.イェール大学地球科学科)

[SGC40-P02] 27億年前のベリングウェーコマチアイトの質量非依存硫黄同位体分別：太古代における地殻物質のリサイクル

*久保田 勇祐[1]、上野 雄一郎[1,2,3]、清水 健二[3]、松浦 史宏[2]、石川 晃[1,3] (1.東京工業大学地球惑星科学系、2.東京工業大学地球生命研究所、3.海洋研究開発機構)

[SGC40-P03] Determination of halogens in some standard materials using the neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、斉藤 健彦[3]、長尾 敬介[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.東京都立産業技術研究センター、3.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

[SGC40-P04] FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

*仁木 創太[1]、角野 浩史[2]、小林 真大[3]、鍵 裕之[1]、平田 岳史[1]、Ballentine Chris[4] (1.Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo、2.Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo、3.Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute、4.Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford)

[SGC40-P05] 蛇紋石へのハロゲン元素の新しい溶解機構：結晶化学的考察

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SGC40-P06] 竹富島温泉掘削試料の鉱物学的・地球化学的特徴

*新垣 典之[1]、土岐 知弘[1]、大嶋 将吾[2]、知念 正昭[3]、坂口 有人[4]、高畑 直人[5]、佐野 有司[5]、白井 厚太朗[5]、田中 健太郎[5] (1.琉球大学 理学部、2.西日本技術開発株式会社、3.MicroRange、4.山口大学大学院創成科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

[SGC40-P07] Variation of helium isotope compositions at Lake Mashu

*鹿児島 渉悟[1]、佐野 有司[1]、田中 敦[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立環境研究所)

[SGC40-P08] Helium isotopes in Tachibana Bay and Shimabara Bay, Nagasaki

*Ma. Teresa Escobar[1]、Yama Tomonaga[2]、Hajime Obata[1]、Shigenobu Takeda[3]、Naoto Takahata[1]、Yuji Sano[1] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, Japan、2.Eawag,, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Water Resources and Drinking Water, Überlandstrasse 133 CH-8600 ,Dübendorf, Switzerland、3.Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, Nagasaki, Japan)

大陸成長モデルの勘どころ
Continental growth models demystified

*是永 淳[1]
*Jun Korenaga[1]

1. イェール大学地球科学科
1. Department of Geology and Geophysics, Yale University

So far proposed models of continental growth exhibit bewildering diversity, but this diversity is rather superficial. By understanding how different growth models are built and what they are meant to constrain, we can gain deeper insight into the evolution of continental crust as well as the dynamics of the early Earth. There are three kinds of growth models: crust-based, mantle-based, and others. Crust-based models provide only the lower bound on net crustal growth, and mantle-based models aim at constraining net crustal growth itself. Other models are also about net crustal growth, but they are subject to greater uncertainty. In the presence of crustal recycling, crust-based models are expected to be different from mantle-based models, and more important, the difference between these two kinds of models provides important constraints on the operation of plate tectonics in the early Earth. Some popular misconceptions in the recent literature are also discussed.

キーワード：大陸地殻、プレートテクトニクス、化学分化
Keywords: Continental crust, Plate tectonics, Chemical differentiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

27億年前のベリングウェーコマチアイトの質量非依存硫黄同位体分別：太古代における地殻物質のリサイクル
Mass-independent sulfur isotope signature from the 2.7 Ga Belingwe komatiite: Recycling of crustal material in Archean

*久保田 勇祐[1]、上野 雄一郎[1,2,3]、清水 健二[3]、松浦 史宏[2]、石川 晃[1,3]
*Yusuke Kubota[1], Yuichiro Ueno[1,2,3], Kenji Shimizu[3], Fumihiro Matsuura[2], Akira Ishikawa[1,3]

1. 東京工業大学地球惑星科学系、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Recycling of the Earth's crustal material has long been discussed mainly through the radiogenic isotopes of modern Ocean Island Basalts (OIB). Recent finding of Sulfur Mass Independent Fractionation (S-MIF) from HIMU and EM I basalts supports recycling of crustal material in mantle (Cabral et al., 2013; Delavault et al., 2016). Since photochemical reactions under reducing Archean atmosphere are thought to be a plausible process of large S-MIF generation (Farquhar et al., 2001; Farquhar and Wings, 2003), these discoveries demonstrated that the S-MIF is a useful signature for tracing Archean crustal material. However, it has been difficult to estimate when the subduction started in the history of the Earth. Here, we report multiple sulfur isotope analysis of the 2.7 Ga Belingwe komatiites and related rocks, which has potential to elucidate earlier subduction or recycling of crustal material before 2.7 Ga. The Belingwe komatiite are one of the best-preserved Archean komatiites in the world. The results show clear S-MIF signature in several komatiites and basalts. Sulfide minerals in the S-MIF bearing samples occur as pyrrhotite and chalcopyrite scattered within groundmass around the quenched olivine and pyroxene crystals, indicating that the sulfides crystalized at the time of eruption. The original nature of the sulfide is also supported by the correlation between sulfur contents and magnesium number. Based on Nd, Sr, and Pb isotope composition measured in the previous study (Shimizu et al., 2005), the S-MIF bearing komatiites and basalts are likely to be derived from depleted mantle source, whereas more enriched samples do not show S-MIF. Therefore, the S-MIF component is not likely derived from assimilated crust at the time of the komatiite volcanism, but originally incorporated in the depleted source mantle. Consequently, our results suggest that subduction of S-MIF bearing surface material into the mantle had been operated at least prior to 2.7 Ga.

キーワード：硫黄非質量依存同位体分別、マントル地球化学、コマチアイト、太古代
Keywords: Sulfur mass independent fractionation, Mantle geochemistry, Komatiite, Archean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Determination of halogens in some standard materials using the neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、斉藤 健彦[3]、長尾 敬介[3]
*Hirochika Sumino[1], Masahiro Kobayashi[2], Takehiko Saito[3], Keisuke Nagao[3]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2. 東京都立産業技術研究センター、3. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設
1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 3. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo

Halogens are among the most powerful tracers of volatile cycling in subduction zones, because of (i) the large contrast in concentrations between the surface and interior of the Earth [1], (ii) their high affinities to gas- and fluid-phases relative to mineral [2], (iii) distinct elemental and/or isotopic compositions in each reservoir in the Earth [3-7]. However, few analytical techniques can determine trace amounts of halogens, particularly bromine and iodine in mantle-derived samples. Consequently, there have been relatively few previous studies of halogens in mantle-derived samples.

The neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique (NI-NGMS) is capable of measuring very low concentrations of halogens (<1 ppb) in very small samples (<1 mg). The NI-NGMS is an extension of the Ar-Ar and I-Xe dating methods [8-10]. Halogens (chlorine, bromine, and iodine) and other elements (potassium, calcium, barium, and uranium) are converted to corresponding isotopes of argon, krypton, and xenon by neutron irradiation in a nuclear reactor. The noble gas isotopes in neutron-irradiated samples are analyzed by noble gas mass spectrometry. Irradiation conditions such as neutron fluence are monitored using standard materials of the Ar-Ar and I-Xe dating methods. Relatively high cross-sections of halogens for neutron capture and high sensitivity of noble gas mass spectrometry enable determination of trace amounts of halogens using NI-NGMS.

We report new halogen concentrations determined for scapolite standards and geological reference materials distributed by Geological Survey of Japan and US Geological Survey using NI-NGMS. Consistent results with those regarded as reference values were obtained from scapolite standards, which indicate that the scapolite standards are reliable in halogen analysis. On the other hand, the halogen concentrations obtained from geological reference materials are systematically lower than the reference values for samples with low concentrations of halogens. The higher concentrations reported for the geological reference materials probably result from contamination on the sample surface during preparation of these reference materials. We also propose a fluorine determination method using NI-NGMS based on neon systematics, although reliable determination of fluorine has been thought to be impossible.

[1] Pyle & Mather, *Chem. Geol.* 2009. [2] Bureau *et al.*, *GCA* 2016. [3] Sumino *et al.*, *EPSL* 2010. [4] Chavrit *et al.*, *GCA* 2016. [5] Kobayashi *et al.*, *EPSL* 2017. [6] Kendrick *et al.*, *Nature Geosci.* 2017. [7] Kobayashi *et al.*, *G-cubed* 2019. [8] Turner, *JGR* 1965. [9] Kendrick, *Chem. Geol.* 2012. [10] Ruzié-Hamilton *et al.*, *Chem. Geol.* 2016.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ハロゲン、希ガス、中性子照射、希ガス質量分析
Keywords: Halogen, Noble gas, Nuetron irradiation, Noble gas mass spectrometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

*仁木 創太[1]、角野 浩史[2]、小林 真大[3]、鍵 裕之[1]、平田 岳史[1]、Ballentine Chris[4]
*Sota Niki[1], Hirochika Sumino[2], Masahiro Kobayashi[3], Hiroyuki Kagi[1], Takafumi Hirata[1], Chris J. Ballentine[4]

1. Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo、2. Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo、3. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute、4. Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford
1. Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo, 2. Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo, 3. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 4. Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford

Volatiles have been degassed from the mantle and recycled back into the mantle at subduction zones. Water is the main component of volatiles and plays a key role in dynamics of the subduction zones because even a small water content in rocks has an influence on the physical and chemical properties of the rocks (e.g. friction coefficient, melting point, etc.) which are closely related to phenomena studied in earth sciences including volcanic or seismic activities. It is still unclear to what extent of water have been subducted into the mantle and released to the Earth’ s surface. To elucidate the volatile recycling, noble gases are powerful tracers because they have unique compositions in geochemical reservoirs. Previous researches have mainly reported results of bulk analysis of mantle peridotites. On the contrary, in this study, FTIR measurements and noble gas analysis of a single olivine grain were conducted to determine the noble gas concentrations in fluid inclusions.

The olivine samples used for this study were separated from mantle xenoliths collected from an intraplate setting (Hualalai in Hawaii) and two subduction zones (the Avacha volcano in the Kamchatka arc and the Pinatubo volcano in the Luzon arc). The Hualalai olivine was expected to show mantle-derived noble gas compositions (Kobayashi et al., G-cubed 2019) and was used for checking the accuracy of noble gas analysis. The Avacha and Pinatubo olivines contained H_2O-rich fluid inclusions and the noble gas concentrations in the inclusions had been estimated from salinities, and halogen and noble gas compositions (Kobayashi et al., EPSL 2017). The Avacha and Pinatubo olivines were used to confirm the accuracy of the analytical method used in this study for determining the noble gas concentrations in the inclusions.

FTIR measurements were conducted to determine the H_2O concentration in the Avacha and Pinatubo olivines. The mantle xenoliths were crushed into 0.5 to 2 mm and olivine grains were separated. The olivine grains were embedded in resin (Ortho Bright) and polished to a thickness of several hundred micrometers. The weight of samples was 0.7 to 16 mg. The H_2O concentration was calculated from the absorbance at 3404 cm^{-1}. After the FTIR measurements, resin was removed from each grain by heating at 50ºC and dissolving in acetone.

Noble gas analysis was conducted using multicollector noble gas mass spectrometers (Helix SFT and Argus, Thermo Fisher Scientific). After the sample loading into a laser heating cell, the cell was baked out

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

with pumping to desorb atmospheric noble gases to achieve low blank levels required for single-grain analysis. Consequently, noble gases were extracted by laser heating (Fusion Diode Stepped Heating System, Teledyne CETAC) at about 1000 ºC for 5 minutes. The gases released from samples were purified by removing active gases using a getter, and then, absorbed on two cryo-traps (one was for helium and neon and the other was for argon, krypton, and xenon). Each noble gas was desorbed from the trap at a certain temperature and introduced into the mass spectrometers. Helium was measured with Helix SFT and other noble gases were measured with Argus. The abundances and isotopic ratios of noble gases in a single olivine grain were obtained. The accuracy of the isotopic ratios was checked by the Hualalai samples.

The noble gas concentrations in the inclusions obtained will be compared with the previous bulk analysis to discuss the accuracy of the method in this study. This method of determining the noble gas concentrations in fluid inclusions from single-grain analysis has a potential to clarify the heterogeneity of the mantle volatiles in terms of a single-grain mineral and the flux quantification during the volatile recycling.

キーワード：noble gas、FTIR spectroscopy、mantle
Keywords: noble gas, FTIR spectroscopy, mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蛇紋石へのハロゲン元素の新しい溶解機構：結晶化学的考察
New halogen incorporation mechanism in serpentine group minerals: Crystal chemical consideration

*神崎 正美[1]
*Masami Kanzaki[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Matereials, Okayama University

Introduction: Recent geochemical studies revealed that serpentinites contain a significant amount of halogens. However, how halogen ions are incorporated into serpentinites is not well understood. Commonly assumed mechanism is "OH^- substitution" in serpentine group minerals (chrysotile, lizardite and antigorite). Although this mechanism will be fine for F, but may not be adequate for larger halogens (Cl, Br, I). Here, I propose new halogen incorporation mechanism in lizardite and antigorite from crystal chemical point of view.

Calculation methods: In order to assess present new incorporation model, first-principles calculation was conducted. Quantum-Espresso package was used to optimize the halogen incooporated model structures. In the present study, lizardite and antigorite (*m*=17 polysome) are considered. For our proposed mechanism, charge balance should be observed; so $Mg^{2+} = X^- + Al^{3+}$ substitution (X^- = halogen) is assumed to introduce halogen to a vacant site. For lizardite, enthalpy difference between two models (OH^- substitution and our model) was calculated for following equation: $Mg_2AlSi_2O_8XH_2 + H_2O = Mg_2AlSi_2O_9XH_4$. Former corresponds to the OH substituted model (with Al introduced), and latter corresponds to our new model. Although this comparison is crude (as free H_2O is included in the equation), it could provide systematic trend with kinds of halogen atoms. Since antigorite has a very large unit cell and many vacant sites, only $Mg^{2+} = Cl^- + Al^{3+}$ substitute in five vacant sites are considered so far.

Results and Discussion: From close inspection of crystal structures of lizardite and antigorite, vacant sites ideal for halogens are identified. The vacant sites are surrounded by four protons (of OH^-) forming elongated tetrahedon (i.e., XH_4^{3+}) if halogen is located. Such vacant sites provide local structure similar to halogen ions in aqueous solution.

In order to further assess present incorporation mechanism, first-principles calculations of lizardite and antigorite containing halogens in those sites were conducted. The structural optimizations confirmed that halogens could be well accommodated into the tetrahedral vacant sites in lizardite. The calculated enthalpy difference between OH substitution and present models in lizardite revealed that larger halogens prefer our model over the OH substitution model. There is sinlge vacant site in lizardite, but antigorite (*m* =17) has 17 crystallographically different vacant sites. Most sites have local structures more or less similar to that of lizardite (locating in 6-membered SiO_4 ring). But there is another kind of vacant site which is locating in 8-membered SiO_4 ring. This local structure is surrounded by six protons, but it can be regareded as two tetrahedral proton sites with edge sharing. Substitution of Cl^- to this site (one of tetrahedral sites) showed lower enthalpy compared to those of other lizardite-like sites, and can accept more larger ions. Therefore, Cl^- (and other larger halogens) will prefet this site in antigorite (*m*=17). Not all antogorite polysomes have this site.

Present study suggests that our new proposed incorporation mechanism is promising, and it should be further studied experimentally. Present new incorporation mechanism would be important to understand elemental partition behavior of halogens in subduction zones.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ハロゲン席、蛇紋石、結晶化学、溶解機構、元素分配
Keywords: halogen site, serpentine, crystal chemistry, incorporation mechanism, elemental partition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

竹富島温泉掘削試料の鉱物学的・地球化学的特徴
Mineralogical and geochemical characteristics of cuttings from Taketomi hot spring

*新垣 典之[1]、土岐 知弘[1]、大嶋 将吾[2]、知念 正昭[3]、坂口 有人[4]、高畑 直人[5]、佐野 有司[5]、白井 厚太朗[5]、田中 健太郎[5]
*Noriyuki Shingaki[1], Tomohiro Toki[1], Syogo Oshima[2], Masaaki chinen[3], Arito Sakaguchi[4], Naoto Takahata[5], Yuji Sano[5], Shirai Kotaro[5], Kentaro Tanaka[5]

1. 琉球大学 理学部、2. 西日本技術開発株式会社、3. MicroRange、4. 山口大学大学院創成科学研究科、5. 東京大学大気海洋研究所
1. University of the Ryukyus , 2. West Japan Engineering Consultants, Inc., 3. MicroRange, 4. Faculty of Science, Yamaguchi University, 5. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

It is important to grasp carbon cycle on the earth’s surface for thinking about global environmental change. A hot spring with a maximum temperature of 64℃ is venting with gas containing 70% of methane from several spots on the seafloor at depth of 22 m at 1 km northeast off Taketomi Island. Based on methane and helium isotope ratios in the venting gas, the influence of magmatic gas has been pointed out. In spite of Taketomi Island located on the trench side from island arc, magmatic gas is venting. It suggests the forearc where magma cannot generate, might form new supply path of carbon from the Earth’s interior. The mass balance from new supply path of carbon may change estimation of carbon cycle on earth’s surface. Therefore, the purpose of this study is to elucidate venting mechanism and quantitative grasp of magmatic gas from forearc, and the history of hot spring activities will be investigated to predict future activities.

In 2017, the hot spring was drilled up to depth of 940 m in Taketomi Island. The cuttings with muddy water were sampled every 10 m. The thin sections were prepared from cuttings to be observed using polarization microscope, and the chemical compositions of grains were analyzed by SEM-EDX. The ground samples were analyzed for mineral and chemical compositions by XRD and EDX. The clay minerals gathered by levitation were measured for half-value width of illite using XRD. He and CO_2 contained in samples that were crashed in vacuum were measured for isotope ratios by mass spectrometer. Calcite and dolomite collected from the cuttings were measured for the carbon and oxygen isotope ratios by mass spectrometer. The vitrinite in the cuttings was separated by a heavy liquid, and the reflectance was measured by a reflecting microscope.

In the microscopy, the stratum was roughly divided two formations; cryptocrystalline quartz layer and sand stone layer. Carbonaceous materials were observed in most of the stratum. Dolomite was limitedly observed in the vicinity of 800 m. In the XRD analysis, Quartz was detected at all depth. Calcite was detected at shallower depth than 30 m, and dolomite was detected only around 800 m. As a result of the EDX analysis, silicon was the most dominant in all layers, and especially, it was contained around 0-100 m, 300 m and around 900 m over 80%. There was a layer that contained much calcium. Around 0-30 m, 400-500 m and around 800 m, calcite was contained 15 % or more. The half-value width of illite was

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

large, 0.8 $\Delta^{\circ}2\theta$, in only 10 m surface, and as low as 0.2 to 0.4 $\Delta^{\circ}2\theta$ below 50 m. Vitrinite reflectance was around 5% in the whole layer, close to measurement limit. The helium content was 10^{-14}-10^{-11} mol per 1g of cuttings, and tended to increase with increasing depth. The highest content was detected at 800 m depth. The helium isotope ratio($^{3}He/^{4}He$)have value of 0.4-3.6 times that of atmosphere, and tended to increase with increasing depth. Particularly, it was higher at 100 m, 300-400 m and 700-800 m. The CO_2 content per gram of cuttings, was in the range of 10^{-8}-10^{-6} mol in most layers, but it showed higher values at 400 m and 800 m depth. the water tended to decrease with increasing depth, and showed especially high values at 400 m and 900 m. The carbon isotope ratio ($\delta^{13}C$) of calcite was -4.7‰ VPDB, and the oxygen isotope ratio ($\delta^{18}O$) is -16.3‰VPDB. The $\delta^{13}C$ value of dolomite was -1‰VPDB, and the $\delta^{18}O$ value was -10.9‰VPDB. The $\delta^{13}C$ value of CO_2 from cuttings at 800 m was -7.3‰VPDB, which contained sufficiently amount of carbon to measure carbon isotope ratio.

キーワード：竹富島、温泉、カッティングス、ビトリナイト反射率、炭素循環、ヘリウム同位体比
Keywords: Taketomi Island, Hot spring, cuttings, vitrinite reflectance, carbon cycle, helium isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variation of helium isotope compositions at Lake Mashu

*鹿児島 渉悟[1]、佐野 有司[1]、田中 敦[2]
*Takanori Kagoshima[1], Yuji Sano[1], Atsushi Tanaka[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 国立環境研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 2. National Institute for Environmental Studies

Helium-3 is one of the most sensitive geochemical tracers which reflects addition of mantle components to gas and fluids in volcanic hydrothermal systems, and $^{3}He/^{4}He$ ratios may be useful to assess temporal change of hydrothermal activity at volcanic lakes. Lake Mashu is a caldera lake which formed around 7000 years ago in Hokkaido. Igarashi et al. (1992) measured He and Ne isotopes in water of Lake Mashu, and concluded that the depth profile of isotopic compositions reflect injection of mantle-derived He due to hot spring activity at the lake bottom. After that, there is no subsequent study reporting He isotope data. The lack of observational data may be due to difficulty of water sampling at caldera lakes. Igarashi et al. (1992) collected water samples into copper tubes. However, this method requires heavy and large sampling tools, and people who can transfer water and seal the tubes properly. In May and September 2017, we investigated Lake Mashu in order to check volcanic activity and practical sampling methods for caldera lakes. We collected water using a Niskin bottle at several depths (surface to 210 m) around the deepest point (211 m). Collected water was immediately transferred into lead-glass containers with vacuum valves at both ends. In Atmosphere and Ocean Research Institute, dissolved gases were extracted by the head space method, and introduced into a purification vacuum line. In the line, He and Ne were purified for isotope analyses. $^{3}He/^{4}He$ and $^{4}He/^{20}Ne$ ratios were measured using Helix-SFT and QMS, respectively. The highest $^{3}He/^{4}He$ ratios were observed at 205-210 m depth, indicating that injection of fluids with the high $^{3}He/^{4}He$ ratio at the bottom. The linear correlation between $^{4}He/^{20}Ne$ and $^{3}He/^{20}Ne$ ratios in water samples indicated mixing of two components: injected fluids and the atmosphere. The estimated $^{3}He/^{4}He$ ratio of the fluid end member was indistinguishable from the value reported by Igarashi et al. (1992), implying a possibility that there was no significant change in volcanic activity at Lake Mashu in the past 30 years.

キーワード：Helium isotope、Volcanic lake、Lake Mashu
Keywords: Helium isotope, Volcanic lake, Lake Mashu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Helium isotopes in Tachibana Bay and Shimabara Bay, Nagasaki

*Ma. Teresa Escobar[1], Yama Tomonaga[2], Hajime Obata[1], Shigenobu Takeda[3], Naoto Takahata[1], Yuji Sano[1]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, Japan, 2. Eawag,, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Water Resources and Drinking Water, Ü berlandstrasse 133 CH-8600 ,Dübendorf, Switzerland, 3. Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, Nagasaki, Japan

Noble gases are powerful tracers to study physical transport processes in aquatic system. Moreover, helium isotopes have been shown to be very useful to infer the origin of fluids. Shimabara Peninsula is located on western side of the Beppu-Shimabara graben in Kyushu, SW Japan. In the region, there are some hot springs and groundwaters which indicate magmatic helium with high 3He/4He ratio. Although some researchers report helium isotopic ratio on land, there is no data in the sea.

The surrounding bays around Shimabara Peninsula in Nagasaki were recently studied for the existence of hydrothermal springs and vents. Physico-chemical properties characteristic of hydrothermal activity were detected on the seafloor. For this study, we use helium isotopes to detect the occurrence of hydrothermal springs on the seafloor in both Tachibana Bay and Shimabara Bay. Samples were collected using a CTD-CMS system and analyzed using a Noble Gas Mass Spectrometer. Our data supplements the discovery of hydrothermal venting along known faults on the seafloor. We present the results of noble gas measurements conducted on water samples and discuss the relationship between our observations and the tectonic setup of the surrounding region.

Keywords: Helium Isotopes, Hydrothermal vents, Tachibana Bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_31

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)

Volatiles play an important role in the geodynamics and chemical differentiation in the mantle and crust by drastically changing mineral stability and rheological behavior. Fractionation-processes such as partial melting, hydration, and dehydration are all controlled by volatiles in the rocks. A significant portion of the volatiles in the Earth has been thought to be present in the atmosphere and oceans as a consequence of extensive degassing during accretion and subsequent mantle degassing. On the other hand, it has been recently recognized that substantial amounts of volatiles are recycled back into the mantle at subduction zones, where intensive devolatilization of descended materials during arc magma generation was once thought to act as an effective "subduction barrier". However, fundamental questions still remain, such as: how are volatiles species distributed throughout the early and present Earth? What are the mechanisms for, and rate at which, volatiles are fluxed between the atmosphere, crust, and mantle? And what role have volatiles played in driving the evolution of the Earth? The possible role of the core in storing primordial volatiles is also poorly constrained. We therefore welcome contributions from experimental, observational, and modeling studies that help shed light on the deep cycles of volatiles, such as hydrogen, carbon, nitrogen, noble gases, halogens and sulfur. We particularly encourage studies linking the behavior of multiple volatile elements and their isotopic compositions. Studies investigating the linkage between volatile and solid geochemical tracers, the phase equilibria of volatile-bearing mantle assemblages, and the effect of volatiles on the physical properties of the mantle are also welcome.

[SGC40-P01] 大陸成長モデルの勘どころ

*是永 淳[1] (1.イェール大学地球科学科)

[SGC40-P02] 27億年前のベリングウェーコマチアイトの質量非依存硫黄同位体分別：太古代における地殻物質のリサイクル

*久保田 勇祐[1]、上野 雄一郎[1,2,3]、清水 健二[3]、松浦 史宏[2]、石川 晃[1,3] (1.東京工業大学地球惑星科学系、2.東京工業大学地球生命研究所、3.海洋研究開発機構)

[SGC40-P03] Determination of halogens in some standard materials using the neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、斉藤 健彦[3]、長尾 敬介[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.東京都立産業技術研究センター、3.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

[SGC40-P04] FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

*仁木 創太[1]、角野 浩史[2]、小林 真大[3]、鍵 裕之[1]、平田 岳史[1]、Ballentine Chris[4] (1.Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo、2.Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo、3.Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute、4.Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford)

[SGC40-P05] 蛇紋石へのハロゲン元素の新しい溶解機構：結晶化学的考察

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

[SGC40-P06] 竹富島温泉掘削試料の鉱物学的・地球化学的特徴

*新垣 典之[1]、土岐 知弘[1]、大嶋 将吾[2]、知念 正昭[3]、坂口 有人[4]、高畑 直人[5]、佐野 有司[5]、白井 厚太朗[5]、田中 健太郎[5] (1.琉球大学 理学部、2.西日本技術開発株式会社、3.MicroRange、4.山口大学大学院創成科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

[SGC40-P07] Variation of helium isotope compositions at Lake Mashu

*鹿児島 渉悟[1]、佐野 有司[1]、田中 敦[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.国立環境研究所)

[SGC40-P08] Helium isotopes in Tachibana Bay and Shimabara Bay, Nagasaki

*Ma. Teresa Escobar[1]、Yama Tomonaga[2]、Hajime Obata[1]、Shigenobu Takeda[3]、Naoto Takahata[1]、Yuji Sano[1] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, Japan、2.Eawag,, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Water Resources and Drinking Water, Überlandstrasse 133 CH-8600 ,Dübendorf, Switzerland、3.Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, Nagasaki, Japan)

大陸成長モデルの勘どころ
Continental growth models demystified

*是永 淳[1]
*Jun Korenaga[1]

1. イェール大学地球科学科
1. Department of Geology and Geophysics, Yale University

So far proposed models of continental growth exhibit bewildering diversity, but this diversity is rather superficial. By understanding how different growth models are built and what they are meant to constrain, we can gain deeper insight into the evolution of continental crust as well as the dynamics of the early Earth. There are three kinds of growth models: crust-based, mantle-based, and others. Crust-based models provide only the lower bound on net crustal growth, and mantle-based models aim at constraining net crustal growth itself. Other models are also about net crustal growth, but they are subject to greater uncertainty. In the presence of crustal recycling, crust-based models are expected to be different from mantle-based models, and more important, the difference between these two kinds of models provides important constraints on the operation of plate tectonics in the early Earth. Some popular misconceptions in the recent literature are also discussed.

キーワード：大陸地殻、プレートテクトニクス、化学分化
Keywords: Continental crust, Plate tectonics, Chemical differentiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

27億年前のベリングウェーコマチアイトの質量非依存硫黄同位体分別：太古代における地殻物質のリサイクル
Mass-independent sulfur isotope signature from the 2.7 Ga Belingwe komatiite: Recycling of crustal material in Archean

*久保田 勇祐[1]、上野 雄一郎[1,2,3]、清水 健二[3]、松浦 史宏[2]、石川 晃[1,3]
*Yusuke Kubota[1], Yuichiro Ueno[1,2,3], Kenji Shimizu[3], Fumihiro Matsuura[2], Akira Ishikawa[1,3]

1. 東京工業大学地球惑星科学系、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Recycling of the Earth's crustal material has long been discussed mainly through the radiogenic isotopes of modern Ocean Island Basalts (OIB). Recent finding of Sulfur Mass Independent Fractionation (S-MIF) from HIMU and EM I basalts supports recycling of crustal material in mantle (Cabral et al., 2013; Delavault et al., 2016). Since photochemical reactions under reducing Archean atmosphere are thought to be a plausible process of large S-MIF generation (Farquhar et al., 2001; Farquhar and Wings, 2003), these discoveries demonstrated that the S-MIF is a useful signature for tracing Archean crustal material. However, it has been difficult to estimate when the subduction started in the history of the Earth. Here, we report multiple sulfur isotope analysis of the 2.7 Ga Belingwe komatiites and related rocks, which has potential to elucidate earlier subduction or recycling of crustal material before 2.7 Ga. The Belingwe komatiite are one of the best-preserved Archean komatiites in the world. The results show clear S-MIF signature in several komatiites and basalts. Sulfide minerals in the S-MIF bearing samples occur as pyrrhotite and chalcopyrite scattered within groundmass around the quenched olivine and pyroxene crystals, indicating that the sulfides crystalized at the time of eruption. The original nature of the sulfide is also supported by the correlation between sulfur contents and magnesium number. Based on Nd, Sr, and Pb isotope composition measured in the previous study (Shimizu et al., 2005), the S-MIF bearing komatiites and basalts are likely to be derived from depleted mantle source, whereas more enriched samples do not show S-MIF. Therefore, the S-MIF component is not likely derived from assimilated crust at the time of the komatiite volcanism, but originally incorporated in the depleted source mantle. Consequently, our results suggest that subduction of S-MIF bearing surface material into the mantle had been operated at least prior to 2.7 Ga.

キーワード：硫黄非質量依存同位体分別、マントル地球化学、コマチアイト、太古代
Keywords: Sulfur mass independent fractionation, Mantle geochemistry, Komatiite, Archean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Determination of halogens in some standard materials using the neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、斉藤 健彦[3]、長尾 敬介[3]
*Hirochika Sumino[1], Masahiro Kobayashi[2], Takehiko Saito[3], Keisuke Nagao[3]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2. 東京都立産業技術研究センター、3. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設
1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 3. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo

Halogens are among the most powerful tracers of volatile cycling in subduction zones, because of (i) the large contrast in concentrations between the surface and interior of the Earth [1], (ii) their high affinities to gas- and fluid-phases relative to mineral [2], (iii) distinct elemental and/or isotopic compositions in each reservoir in the Earth [3-7]. However, few analytical techniques can determine trace amounts of halogens, particularly bromine and iodine in mantle-derived samples. Consequently, there have been relatively few previous studies of halogens in mantle-derived samples.

The neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique (NI-NGMS) is capable of measuring very low concentrations of halogens (<1 ppb) in very small samples (<1 mg). The NI-NGMS is an extension of the Ar-Ar and I-Xe dating methods [8-10]. Halogens (chlorine, bromine, and iodine) and other elements (potassium, calcium, barium, and uranium) are converted to corresponding isotopes of argon, krypton, and xenon by neutron irradiation in a nuclear reactor. The noble gas isotopes in neutron-irradiated samples are analyzed by noble gas mass spectrometry. Irradiation conditions such as neutron fluence are monitored using standard materials of the Ar-Ar and I-Xe dating methods. Relatively high cross-sections of halogens for neutron capture and high sensitivity of noble gas mass spectrometry enable determination of trace amounts of halogens using NI-NGMS.

We report new halogen concentrations determined for scapolite standards and geological reference materials distributed by Geological Survey of Japan and US Geological Survey using NI-NGMS. Consistent results with those regarded as reference values were obtained from scapolite standards, which indicate that the scapolite standards are reliable in halogen analysis. On the other hand, the halogen concentrations obtained from geological reference materials are systematically lower than the reference values for samples with low concentrations of halogens. The higher concentrations reported for the geological reference materials probably result from contamination on the sample surface during preparation of these reference materials. We also propose a fluorine determination method using NI-NGMS based on neon systematics, although reliable determination of fluorine has been thought to be impossible.

[1] Pyle & Mather, *Chem. Geol.* 2009. [2] Bureau *et al.*, *GCA* 2016. [3] Sumino *et al.*, *EPSL* 2010. [4] Chavrit *et al.*, *GCA* 2016. [5] Kobayashi *et al.*, *EPSL* 2017. [6] Kendrick *et al.*, *Nature Geosci.* 2017. [7] Kobayashi *et al.*, *G-cubed* 2019. [8] Turner, *JGR* 1965. [9] Kendrick, *Chem. Geol.* 2012. [10] Ruzié-Hamilton *et al.*, *Chem. Geol.* 2016.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ハロゲン、希ガス、中性子照射、希ガス質量分析
Keywords: Halogen, Noble gas, Nuetron irradiation, Noble gas mass spectrometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

FTIR spectroscopy and noble gas mass spectrometry for a single olivine grain

*仁木 創太[1]、角野 浩史[2]、小林 真大[3]、鍵 裕之[1]、平田 岳史[1]、Ballentine Chris[4]
*Sota Niki[1], Hirochika Sumino[2], Masahiro Kobayashi[3], Hiroyuki Kagi[1], Takafumi Hirata[1], Chris J. Ballentine[4]

1. Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo、2. Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo、3. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute、4. Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford
1. Geochemical Research Center, Grad. School of Science, Univ. of Tokyo, 2. Dept. of Basic Science, Grad. School of Arts and Sciences, Univ. of Tokyo, 3. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 4. Dept. of Earth Sciences, Univ. of Oxford

Volatiles have been degassed from the mantle and recycled back into the mantle at subduction zones. Water is the main component of volatiles and plays a key role in dynamics of the subduction zones because even a small water content in rocks has an influence on the physical and chemical properties of the rocks (e.g. friction coefficient, melting point, etc.) which are closely related to phenomena studied in earth sciences including volcanic or seismic activities. It is still unclear to what extent of water have been subducted into the mantle and released to the Earth’ s surface. To elucidate the volatile recycling, noble gases are powerful tracers because they have unique compositions in geochemical reservoirs. Previous researches have mainly reported results of bulk analysis of mantle peridotites. On the contrary, in this study, FTIR measurements and noble gas analysis of a single olivine grain were conducted to determine the noble gas concentrations in fluid inclusions.

The olivine samples used for this study were separated from mantle xenoliths collected from an intraplate setting (Hualalai in Hawaii) and two subduction zones (the Avacha volcano in the Kamchatka arc and the Pinatubo volcano in the Luzon arc). The Hualalai olivine was expected to show mantle-derived noble gas compositions (Kobayashi et al., G-cubed 2019) and was used for checking the accuracy of noble gas analysis. The Avacha and Pinatubo olivines contained H_2O-rich fluid inclusions and the noble gas concentrations in the inclusions had been estimated from salinities, and halogen and noble gas compositions (Kobayashi et al., EPSL 2017). The Avacha and Pinatubo olivines were used to confirm the accuracy of the analytical method used in this study for determining the noble gas concentrations in the inclusions.

FTIR measurements were conducted to determine the H_2O concentration in the Avacha and Pinatubo olivines. The mantle xenoliths were crushed into 0.5 to 2 mm and olivine grains were separated. The olivine grains were embedded in resin (Ortho Bright) and polished to a thickness of several hundred micrometers. The weight of samples was 0.7 to 16 mg. The H_2O concentration was calculated from the absorbance at 3404 cm^{-1}. After the FTIR measurements, resin was removed from each grain by heating at 50ºC and dissolving in acetone.

Noble gas analysis was conducted using multicollector noble gas mass spectrometers (Helix SFT and Argus, Thermo Fisher Scientific). After the sample loading into a laser heating cell, the cell was baked out

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

with pumping to desorb atmospheric noble gases to achieve low blank levels required for single-grain analysis. Consequently, noble gases were extracted by laser heating (Fusion Diode Stepped Heating System, Teledyne CETAC) at about 1000 ºC for 5 minutes. The gases released from samples were purified by removing active gases using a getter, and then, absorbed on two cryo-traps (one was for helium and neon and the other was for argon, krypton, and xenon). Each noble gas was desorbed from the trap at a certain temperature and introduced into the mass spectrometers. Helium was measured with Helix SFT and other noble gases were measured with Argus. The abundances and isotopic ratios of noble gases in a single olivine grain were obtained. The accuracy of the isotopic ratios was checked by the Hualalai samples.

The noble gas concentrations in the inclusions obtained will be compared with the previous bulk analysis to discuss the accuracy of the method in this study. This method of determining the noble gas concentrations in fluid inclusions from single-grain analysis has a potential to clarify the heterogeneity of the mantle volatiles in terms of a single-grain mineral and the flux quantification during the volatile recycling.

キーワード：noble gas、FTIR spectroscopy、mantle
Keywords: noble gas, FTIR spectroscopy, mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蛇紋石へのハロゲン元素の新しい溶解機構：結晶化学的考察
New halogen incorporation mechanism in serpentine group minerals: Crystal chemical consideration

*神崎 正美[1]
*Masami Kanzaki[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Matereials, Okayama University

Introduction: Recent geochemical studies revealed that serpentinites contain a significant amount of halogens. However, how halogen ions are incorporated into serpentinites is not well understood. Commonly assumed mechanism is "OH^- substitution" in serpentine group minerals (chrysotile, lizardite and antigorite). Although this mechanism will be fine for F, but may not be adequate for larger halogens (Cl, Br, I). Here, I propose new halogen incorporation mechanism in lizardite and antigorite from crystal chemical point of view.

Calculation methods: In order to assess present new incorporation model, first-principles calculation was conducted. Quantum-Espresso package was used to optimize the halogen incooporated model structures. In the present study, lizardite and antigorite (*m*=17 polysome) are considered. For our proposed mechanism, charge balance should be observed; so $Mg^{2+} = X^- + Al^{3+}$ substitution (X^- = halogen) is assumed to introduce halogen to a vacant site. For lizardite, enthalpy difference between two models (OH^- substitution and our model) was calculated for following equation: $Mg_2AlSi_2O_8XH_2 + H_2O = Mg_2AlSi_2O_9XH_4$. Former corresponds to the OH substituted model (with Al introduced), and latter corresponds to our new model. Although this comparison is crude (as free H_2O is included in the equation), it could provide systematic trend with kinds of halogen atoms. Since antigorite has a very large unit cell and many vacant sites, only $Mg^{2+} = Cl^- + Al^{3+}$ substitute in five vacant sites are considered so far.

Results and Discussion: From close inspection of crystal structures of lizardite and antigorite, vacant sites ideal for halogens are identified. The vacant sites are surrounded by four protons (of OH^-) forming elongated tetrahedon (i.e., XH_4^{3+}) if halogen is located. Such vacant sites provide local structure similar to halogen ions in aqueous solution.

In order to further assess present incorporation mechanism, first-principles calculations of lizardite and antigorite containing halogens in those sites were conducted. The structural optimizations confirmed that halogens could be well accommodated into the tetrahedral vacant sites in lizardite. The calculated enthalpy difference between OH substitution and present models in lizardite revealed that larger halogens prefer our model over the OH substitution model. There is sinlge vacant site in lizardite, but antigorite (*m* =17) has 17 crystallographically different vacant sites. Most sites have local structures more or less similar to that of lizardite (locating in 6-membered SiO_4 ring). But there is another kind of vacant site which is locating in 8-membered SiO_4 ring. This local structure is surrounded by six protons, but it can be regareded as two tetrahedral proton sites with edge sharing. Substitution of Cl^- to this site (one of tetrahedral sites) showed lower enthalpy compared to those of other lizardite-like sites, and can accept more larger ions. Therefore, Cl^- (and other larger halogens) will prefet this site in antigorite (*m*=17). Not all antogorite polysomes have this site.

Present study suggests that our new proposed incorporation mechanism is promising, and it should be further studied experimentally. Present new incorporation mechanism would be important to understand elemental partition behavior of halogens in subduction zones.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ハロゲン席、蛇紋石、結晶化学、溶解機構、元素分配
Keywords: halogen site, serpentine, crystal chemistry, incorporation mechanism, elemental partition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

竹富島温泉掘削試料の鉱物学的・地球化学的特徴
Mineralogical and geochemical characteristics of cuttings from Taketomi hot spring

*新垣 典之[1]、土岐 知弘[1]、大嶋 将吾[2]、知念 正昭[3]、坂口 有人[4]、高畑 直人[5]、佐野 有司[5]、白井 厚太朗[5]、田中 健太郎[5]
*Noriyuki Shingaki[1], Tomohiro Toki[1], Syogo Oshima[2], Masaaki chinen[3], Arito Sakaguchi[4], Naoto Takahata[5], Yuji Sano[5], Shirai Kotaro[5], Kentaro Tanaka[5]

1. 琉球大学 理学部、2. 西日本技術開発株式会社、3. MicroRange、4. 山口大学大学院創成科学研究科、5. 東京大学大気海洋研究所
1. University of the Ryukyus , 2. West Japan Engineering Consultants, Inc., 3. MicroRange, 4. Faculty of Science, Yamaguchi University, 5. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

It is important to grasp carbon cycle on the earth’s surface for thinking about global environmental change. A hot spring with a maximum temperature of 64℃ is venting with gas containing 70% of methane from several spots on the seafloor at depth of 22 m at 1 km northeast off Taketomi Island. Based on methane and helium isotope ratios in the venting gas, the influence of magmatic gas has been pointed out. In spite of Taketomi Island located on the trench side from island arc, magmatic gas is venting. It suggests the forearc where magma cannot generate, might form new supply path of carbon from the Earth’s interior. The mass balance from new supply path of carbon may change estimation of carbon cycle on earth’s surface. Therefore, the purpose of this study is to elucidate venting mechanism and quantitative grasp of magmatic gas from forearc, and the history of hot spring activities will be investigated to predict future activities.

In 2017, the hot spring was drilled up to depth of 940 m in Taketomi Island. The cuttings with muddy water were sampled every 10 m. The thin sections were prepared from cuttings to be observed using polarization microscope, and the chemical compositions of grains were analyzed by SEM-EDX. The ground samples were analyzed for mineral and chemical compositions by XRD and EDX. The clay minerals gathered by levitation were measured for half-value width of illite using XRD. He and CO_2 contained in samples that were crashed in vacuum were measured for isotope ratios by mass spectrometer. Calcite and dolomite collected from the cuttings were measured for the carbon and oxygen isotope ratios by mass spectrometer. The vitrinite in the cuttings was separated by a heavy liquid, and the reflectance was measured by a reflecting microscope.

In the microscopy, the stratum was roughly divided two formations; cryptocrystalline quartz layer and sand stone layer. Carbonaceous materials were observed in most of the stratum. Dolomite was limitedly observed in the vicinity of 800 m. In the XRD analysis, Quartz was detected at all depth. Calcite was detected at shallower depth than 30 m, and dolomite was detected only around 800 m. As a result of the EDX analysis, silicon was the most dominant in all layers, and especially, it was contained around 0-100 m, 300 m and around 900 m over 80%. There was a layer that contained much calcium. Around 0-30 m, 400-500 m and around 800 m, calcite was contained 15 % or more. The half-value width of illite was

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

large, 0.8 $\Delta^{\circ}2\theta$, in only 10 m surface, and as low as 0.2 to 0.4 $\Delta^{\circ}2\theta$ below 50 m. Vitrinite reflectance was around 5% in the whole layer, close to measurement limit. The helium content was 10^{-14}-10^{-11} mol per 1g of cuttings, and tended to increase with increasing depth. The highest content was detected at 800 m depth. The helium isotope ratio($^{3}He/^{4}He$)have value of 0.4-3.6 times that of atmosphere, and tended to increase with increasing depth. Particularly, it was higher at 100 m, 300-400 m and 700-800 m. The CO_2 content per gram of cuttings, was in the range of 10^{-8}-10^{-6} mol in most layers, but it showed higher values at 400 m and 800 m depth. the water tended to decrease with increasing depth, and showed especially high values at 400 m and 900 m. The carbon isotope ratio ($\delta^{13}C$) of calcite was -4.7‰ VPDB, and the oxygen isotope ratio ($\delta^{18}O$) is -16.3‰VPDB. The $\delta^{13}C$ value of dolomite was -1‰VPDB, and the $\delta^{18}O$ value was -10.9‰VPDB. The $\delta^{13}C$ value of CO_2 from cuttings at 800 m was -7.3‰VPDB, which contained sufficiently amount of carbon to measure carbon isotope ratio.

キーワード：竹富島、温泉、カッティングス、ビトリナイト反射率、炭素循環、ヘリウム同位体比
Keywords: Taketomi Island, Hot spring, cuttings, vitrinite reflectance, carbon cycle, helium isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variation of helium isotope compositions at Lake Mashu

*鹿児島 渉悟[1]、佐野 有司[1]、田中 敦[2]
*Takanori Kagoshima[1], Yuji Sano[1], Atsushi Tanaka[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 国立環境研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 2. National Institute for Environmental Studies

Helium-3 is one of the most sensitive geochemical tracers which reflects addition of mantle components to gas and fluids in volcanic hydrothermal systems, and $^{3}He/^{4}He$ ratios may be useful to assess temporal change of hydrothermal activity at volcanic lakes. Lake Mashu is a caldera lake which formed around 7000 years ago in Hokkaido. Igarashi et al. (1992) measured He and Ne isotopes in water of Lake Mashu, and concluded that the depth profile of isotopic compositions reflect injection of mantle-derived He due to hot spring activity at the lake bottom. After that, there is no subsequent study reporting He isotope data. The lack of observational data may be due to difficulty of water sampling at caldera lakes. Igarashi et al. (1992) collected water samples into copper tubes. However, this method requires heavy and large sampling tools, and people who can transfer water and seal the tubes properly. In May and September 2017, we investigated Lake Mashu in order to check volcanic activity and practical sampling methods for caldera lakes. We collected water using a Niskin bottle at several depths (surface to 210 m) around the deepest point (211 m). Collected water was immediately transferred into lead-glass containers with vacuum valves at both ends. In Atmosphere and Ocean Research Institute, dissolved gases were extracted by the head space method, and introduced into a purification vacuum line. In the line, He and Ne were purified for isotope analyses. $^{3}He/^{4}He$ and $^{4}He/^{20}Ne$ ratios were measured using Helix-SFT and QMS, respectively. The highest $^{3}He/^{4}He$ ratios were observed at 205-210 m depth, indicating that injection of fluids with the high $^{3}He/^{4}He$ ratio at the bottom. The linear correlation between $^{4}He/^{20}Ne$ and $^{3}He/^{20}Ne$ ratios in water samples indicated mixing of two components: injected fluids and the atmosphere. The estimated $^{3}He/^{4}He$ ratio of the fluid end member was indistinguishable from the value reported by Igarashi et al. (1992), implying a possibility that there was no significant change in volcanic activity at Lake Mashu in the past 30 years.

キーワード：Helium isotope、Volcanic lake、Lake Mashu
Keywords: Helium isotope, Volcanic lake, Lake Mashu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Helium isotopes in Tachibana Bay and Shimabara Bay, Nagasaki

*Ma. Teresa Escobar[1], Yama Tomonaga[2], Hajime Obata[1], Shigenobu Takeda[3], Naoto Takahata[1], Yuji Sano[1]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, Japan, 2. Eawag,, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Water Resources and Drinking Water, Ü berlandstrasse 133 CH-8600 ,Dübendorf, Switzerland, 3. Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, Nagasaki, Japan

Noble gases are powerful tracers to study physical transport processes in aquatic system. Moreover, helium isotopes have been shown to be very useful to infer the origin of fluids. Shimabara Peninsula is located on western side of the Beppu-Shimabara graben in Kyushu, SW Japan. In the region, there are some hot springs and groundwaters which indicate magmatic helium with high 3He/4He ratio. Although some researchers report helium isotopic ratio on land, there is no data in the sea.

The surrounding bays around Shimabara Peninsula in Nagasaki were recently studied for the existence of hydrothermal springs and vents. Physico-chemical properties characteristic of hydrothermal activity were detected on the seafloor. For this study, we use helium isotopes to detect the occurrence of hydrothermal springs on the seafloor in both Tachibana Bay and Shimabara Bay. Samples were collected using a CTD-CMS system and analyzed using a Noble Gas Mass Spectrometer. Our data supplements the discovery of hydrothermal venting along known faults on the seafloor. We present the results of noble gas measurements conducted on water samples and discuss the relationship between our observations and the tectonic setup of the surrounding region.

Keywords: Helium Isotopes, Hydrothermal vents, Tachibana Bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)、座長:羽生 毅、Gray Bebout(Lehigh University)、佐野 有司、角野 浩史

Volatiles play an important role in the geodynamics and chemical differentiation in the mantle and crust by drastically changing mineral stability and rheological behavior. Fractionation-processes such as partial melting, hydration, and dehydration are all controlled by volatiles in the rocks. A significant portion of the volatiles in the Earth has been thought to be present in the atmosphere and oceans as a consequence of extensive degassing during accretion and subsequent mantle degassing. On the other hand, it has been recently recognized that substantial amounts of volatiles are recycled back into the mantle at subduction zones, where intensive devolatilization of descended materials during arc magma generation was once thought to act as an effective "subduction barrier". However, fundamental questions still remain, such as: how are volatiles species distributed throughout the early and present Earth? What are the mechanisms for, and rate at which, volatiles are fluxed between the atmosphere, crust, and mantle? And what role have volatiles played in driving the evolution of the Earth? The possible role of the core in storing primordial volatiles is also poorly constrained. We therefore welcome contributions from experimental, observational, and modeling studies that help shed light on the deep cycles of volatiles, such as hydrogen, carbon, nitrogen, noble gases, halogens and sulfur. We particularly encourage studies linking the behavior of multiple volatile elements and their isotopic compositions. Studies investigating the linkage between volatile and solid geochemical tracers, the phase equilibria of volatile-bearing mantle assemblages, and the effect of volatiles on the physical properties of the mantle are also welcome.

13:45 ~ 14:15

[SGC40-01] Continental growth, crustal recycling, and global water cycle

★Invited Papers

*是永 淳[1] (1.イェール大学地球科学科)

14:15 ~ 14:30

[SGC40-02] マントルプルーム内部でマグマ形成に果たす揮発成分の役割

*高橋 栄一[1]、王 錦団[1]、李 立[1] (1.中国科学院広州地球化学研究所)

14:30 ~ 14:45

[SGC40-03] DH partitioning experiment among high-pressure polymorph of olivine

*佐野 亜沙美[1]、伊藤 正一[2]、井上 徹[3]、野田 昌道[3] (1.日本原子力研究開発機構 J-PARCセンター、2.京都大学、3.広島大学)

14:45 ~ 15:00

[SGC40-04] **Formation of Fe-rich volatile-bearing phases in the deep lower mantle and the implications for deep Earth volatile cycles**

*Li Zhang[1]、Hongsheng Yuan[1]、Eiji Ohtani[2]、Lianjie Man[1]、Duck Young Kim[1]、Dmitry Popov[3]、Yue Meng[3]、Eran Greenberg[4]、Vitali Prakapenka[4] (1.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR)、2.Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University、3.HPCAT, X-ray Science Division, Argonne National Laboratory、4.GeoSoilEnviroCARS, University of Chicago)

15:00 ~ 15:15

[SGC40-05] Estimation of the origin of Pitcairn Island OIB by Independent Component Analysis

*小澤 恭弘[1]、岩森 光[1,2,3]、羽生 毅[2]、浜田 盛久[2]、清水 健二[4]、牛久保 孝之[4]、木村 純一[2]、常 青[2]、中村 仁美[5]、伊藤 元雄[4] (1.東京工業大学、2.海洋研究開発機構　地球内部物質循環研究分野、3.東京大学　地震研究所、4.海洋研究開発機構　高知コア研究所、5.国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

Continental growth, crustal recycling, and global water cycle

*是永 淳[1]
*Jun Korenaga[1]

1. イェール大学地球科学科
1. Department of Geology and Geophysics, Yale University

The evolution of continental crust provides first-order control on Earth’ s surface environment, but relevant studies on this important issue have long been in a confused state since 1990s. There are mainly two reasons for this situation. First, the volume of the global database of detrital zircons has been continuously growing in the last three decades, and as a result, the most of new crustal growth models have been built solely on such a zircon database. Zircons that have survived to the present day, however, do not constrain the amount of crust that has been lost to the mantle by subduction, so there is no way to reconstruct net crustal growth from zircon data. Second, this situation further deteriorated by two influential papers, Belousova et al. (2010) and Dhuime et al. (2012), with the former introducing an illogical method of using zircon age data to construct a growth model, and the latter claiming falsely that this method can actually reconstruct net crustal growth. The situation has recently been rescued by the development of a sensible method of utilizing zircon age data as well as a new geochemical box modeling of Nd isotope data. These new studies point to the possibility of rapid crustal growth and efficient crustal recycling in early Earth, and such crustal evolution is consistent with the operation of plate tectonics throughout Earth history. In particular, the secular evolution of crustal recycling, when considered jointly with the constancy of continental freeboard, indicates a novel connection between global water cycle and the stability of continental crust, which can naturally explain both the Hadean/Archean and Archean/Proterozoic transitions.

キーワード：プレートテクトニクス、大陸地殻、地質累代の起源
Keywords: Plate tectonics, Continental crust, Origin of geologic eons

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マントルプルーム内部でマグマ形成に果たす揮発成分の役割
Role of volatiles in magma genesis of ascending mantle plume

*高橋 栄一[1]、王 錦団[1]、李 立[1]
*Eiichi Takahashi[1], Jintuan Wang[1], Li Li[1]

1. 中国科学院広州地球化学研究所
1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science

It is now widely accepted that recycled former oceanic crust component (eclogite) plays a great role in magma genesis of OIBs and flood basalts (Hauri, 1996; Takahashi et al, 1998; Sobolev et al, 2005). In this study we investigated the effect of H_2O and K_2O in magma genesis of heterogeneous mantle plume that contains large amount of recycled eclogite component. K_2O was studied as a group of volatile component, because it is incompatible to most mantle minerals at P<7 GPa (Tsuruta and Takahashi, 1998) and it drops the solidus of both peridotite and eclogite dramatically (Wang and Takahashi, 1999, 2000).

High-pressure melting experiments were carried out using a piston-cylinder and a 2500 ton cubic-type multi-anvil that have been moved from Tokyo Institute of Technology to Guangzhou Institute of Geochemistry in 2017. In order to understand the melting reaction between recycled eclogite and surrounding peridotite, we investigated melting of layered eclogite/peridotite starting materials both under dry and wet conditions. Spinel lherzolite KLB-1 (Takahashi 1986) was employed as peridotite component in this study. Two basalt components were used as recycled crust component: 1) Columbia River basalt (CRB72-180, Takahashi et al., 1998) which is relatively enriched in K, Ti and LREE (K_2O=1wt%, TiO_2=3.2wt%), N-type MORB (NAM-7, Yasuda et al., 1994). The 2.9GPa experiments (corresponding to about 80km depth which is the top most horizon of the Hawaiian plume head) were carried out with Boyd-England type piston-cylinder apparatus at (1460~1540˚C for dry experiments; 1400~1500˚C for hydrous experiments), The 5GPa and 8 GPa experiments (corresponding to about 150km and 200km depth on the plume axis) were conducted cubic-type multi-anvil apparatus (1550~1650˚C for dry experiments; 1350~1550˚C for hydrous experiments).

Melts formed by reactive melting of dry eclogite and peridotite changes dramatically in the temperature range across the solidus of peridotite KLB-1 from basalt (below dry solidus) to picrite (20-40˚C above dry solidus). Basaltic melts are not saturated with olivine both at 2.9 and 5 GPa and therefore they are separated by peridotite matrix by Opx film. Chemical reaction between the basalt melt and the peridotite matrix proceeds only slowly by solid-diffusion across the Opx film. In hydrous experiments, solidus of peridotite decreases significantly, Opx film was not formed, therefore, the reaction between hydrous melt and the partially molten peridotite matrix proceeds significantly even at temperatures much below peridotite dry solidus.

Melt composition produced by reactive melting of dry basalt and peridotite are similar to basaltic andesite (below peridotite solidus), Hawaiian tholeiite (slightly below peridotite solidus) to picrite (above peridotite dry solidus). On the other hand, melt compositions formed by reactive melting between hydrous basalt and peridotite show a great diversity depending on the amount of H_2O and K_2O. At H_2O-rich conditions (3 to 5 wt.% in bulk), melting took place both in peridotite and eclogite layers and composition of partial melts are similar to silica-deficient basanite and nephelinite at temperatures 1300-1400˚C both at 3 and 5 GPa. At low H_2O conditions (1 wt.% in bulk) partial melts formed in the MORB layer at 1300˚C are similar to silica-rich dacite both at 3 and 5 GPa. On the other hand, partial melts formed in the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CRB72-180 layer with 1 wt.% H_2O at 3 and 5 GPa are similar to K-rich alkali acidic magma (phonolite, tracyte, hawaiite).

Post shield stage phonolite and hawaiite magmas in Hawaii were considered to be fractionation product of alkali basalts under crustal magma chambers (e.g., Frey et al, 1990). However, our experimental results demonstrated an alternative scenario that phonolite and hawaiite magma were derived from partial melting of alkali basaltic blocks at deeper part (150-200km) of the plume. On the other hand, basanite and nephelinite which appears in rejuvenated stage in Oahu and Kawai may represent partial melts of peridotite portion of the plume beneath Pacific plate. Volatiles control the solidus and the depth of melting as well as enhancing chemical interaction between the peridotite and entrained eclogite component in the ascending plume. In this presentation, we discuss the role of volatile and K_2O in magma genesis in ascending plume based on our melting experiments and field occurrence of diverse magma types both geographically and in growth history of given shield volcanoes in Hawaii.

キーワード：マグマ生成、揮発成分の影響、マントルプルーム、ハワイホットスポット
Keywords: magma genesis, effect of volatile, mantle plume, Hawaii hot spot

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DH partitioning experiment among high-pressure polymorph of olivine

*佐野 亜沙美[1]、伊藤 正一[2]、井上 徹[3]、野田 昌道[3]
*Asami Sano-Furukawa[1], Shoichi Itoh[2], Toru Inoue[3], Masamichi Noda[3]

1. 日本原子力研究開発機構 J-PARCセンター、2. 京都大学、3. 広島大学
1. J-PARC center, Japan Atomic Energy Agency, 2. Kyoto University, 3. Hiroshima University

Mantle is known to have homogeneous hydrogen isotope composition with δD = -80 ~ -60 ‰based on the analysis of MORB and OIB [1, 2]. The reason of the depletion of deuterium compared to the present ocean has been explained by the existence of isolated primordial reservoir in the mantle [1], evolution by the subduction of deuterium-poor hydrous mineral through the geological timescale [3], and addition of cometary water after the formation of ocean [4]. Hydrogen isotope partitioning factor among minerals is a key in these discussions, but little is known under high pressure and high temperature of mantle conditions. In this study we focused on DH partitioning between olivine and wadsleyite, which is a main constituent of upper mantle and mantle transition zone (MTZ). High pressure experiments suggest that wadsleyite and its high pressure polymorph of ringwoodite can contain significant amount of water up to 3.3 wt.% thus MTZ has an ability to keep water up to several times of ocean [5]. Finding of Ringwoodite with 1.4 wt.% H_2O in a diamond inclusion also reveals hydrated MTZ at least locally [6].

The partitioning experiment was conducted using Kawai-type multianvil press at GRC, Ehime University. Powder of $Mg(OH)_2$ and $Mg(OD)_2$ was mixed with synthetic olivine so that the starting composition is equivalent to $Mg_{1.8}Fe_{0.2}SiO_4$ + 1.0 wt.% HDO. The sample was sealed in the Au75Pd25 capsule and kept at 1300 ˚C and around 13 GPa, which is the condition of olivine and wadsleyite coexist. The recovered sample was polished and analyzed by micro-focused X-ray diffractometer, Raman spectroscopy and EPMA. Hydrogen isotope composition was determined using SIMS at Kyoto University.

To test for equilibrium, partitioning experiments are made with changing duration times from 1 h to 72 h. The fractionation factor decreases with increasing of duration time. After keeping for 30 h, $1000\ln\alpha_{\text{Olivine-Wadsleyite}}$ seems to reach almost equilibrium around -60 ‰. Assuming that the δD of olivine of upper mantle to -80, the δD of wadsleyite at MTZ become -20 to 0, which is more comparable to the composition of the ocean. The present result shows that the depletion of deuterium of upper mantle can be explained as a result of DH fractionation between upper mantle and MTZ.

[1] Kyser and O’ Neil, 1984, *Geochim Cosmochim. Acta.* [2] Clog et al., 2013, *Earth Planet. Sci. Lett.* [3] Kurokawa et al., 2018, *Earth Planet. Sci. Lett.* [4] Kokubu et al., 1961, *Geochim. Cosmochim. Acta* [5] Smyth et al., 1987, *Am. Mineral.* [6] Pearson et al., 2014, *Nature.*

キーワード：マントル遷移層、オリビン、ワズレアイト、水素同位体
Keywords: mantle transition zone, olivine, wadsleyite, hydrogen isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Formation of Fe-rich volatile-bearing phases in the deep lower mantle and the implications for deep Earth volatile cycles

*Li Zhang[1], Hongsheng Yuan[1], Eiji Ohtani[2], Lianjie Man[1], Duck Young Kim[1], Dmitry Popov[3], Yue Meng[3], Eran Greenberg[4], Vitali Prakapenka[4]

1. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR), 2. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. HPCAT, X-ray Science Division, Argonne National Laboratory, 4. GeoSoilEnviroCARS, University of Chicago

Inclusions in deep diamonds provide a window to the actual deep mantle processes. The observation of hydrous ringwoodite with ~1 wt.% H_2O as a diamond inclusion indicates the transition zone is, at least locally, very wet [1]. Furthermore, the recent discovery of Ice-VII and halite inclusions at pressures as high as 24 GPa in diamonds provides direct evidence for the existence of saline fluid at least down to the shallow lower mantle [2]. To understand the interaction of water and Cl with the Fe-bearing lower mantle, we performed experiments to simulate the behavior of volatile-bearing systems in laser-heated diamond anvil cells (DACs) under high pressure-temperature (*P-T*) conditions corresponding to the deep lower mantle. The phase assemblages were determined by a combination of *in-situ* synchrotron-based X-ray diffraction (XRD) and *ex situ* transmission electron microscope (TEM) analysis. In the system MgO-Al_2O_3-Fe_2O_3-SiO_2-H_2O containing ~7 wt.% water, the hydrous Fe-bearing δ-phase coexists with both bridgmanite (Bdg) and post-perovskite (pPv) in a broad *P-T* range of 104-126 GPa and 1900-2500 K, whereas the pyrite-type (py) FeOOH phase was observed coexisting with the pPv phase. *In situ* XRD data further revealed that saline fluid reacts with Fe-bearing pPv to form a previously unknown cubic phase of $FeCl_2$ that adopts the identical space group of *Pa3* with the py-phase FeOOH. The TEM chemical analysis revealed that the composition of the pPv phase contains 3.5 wt.% Na_2O and 16.5 wt.% FeO after the reaction with the oversaturated saline fluid. Formation of the very dense Fe-rich volatile-bearing phases in the lowermost mantle provides clues for the deep storage of water and Cl and may contribute to the chemical heterogeneities in this region.

[1] D. G. Pearson *et al.*, Nature **507** (2014).
[2] O. Tschauner *et al.*, Science **359** (2018).

Keywords: deep lower mantle, volatile cycle, post-perovskite, synchrotron X-ray diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of the origin of Pitcairn Island OIB by Independent Component Analysis

*小澤 恭弘[1]、岩森 光[1,2,3]、羽生 毅[2]、浜田 盛久[2]、清水 健二[4]、牛久保 孝之[4]、木村 純一[2]、常 青[2]、中村 仁美[5]、伊藤 元雄[4]
*Takahiro Ozawa[1], Hikaru Iwamori[1,2,3], Takeshi Hanyu[2], Morihisa Hamada[2], Kenji Shimizu[4], Ushikubo Takayuki[4], Jun-Ichi Kimura[2], Q. Chang[2], Hitomi Nakamura[5], Motoo Ito[4]

1. 東京工業大学、2. 海洋研究開発機構　地球内部物質循環研究分野、3. 東京大学　地震研究所、4. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、5. 国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター
1. Tokyo Institute of Tokyo, 2. Geochemical Evolution Research Program, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Earthquake Research Institute, The University Tokyo, 4. Kochi Core Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Ocean island basalts (OIB) are thought to bring information concerning geochemistry and material cycling of the deep mantle. For this reason, OIB have been studied extensively, among which Pitcairn Island in the South Pacific is regarded as a unique and important location as a hotspot volcano. Previous studies reported that the lavas in Pitcairn involve multiple components from DM (depleted mantle) to EM1 (enriched mantle) (Woodhead & McCulloch, 1989), of which EM1 component has been argued to originate from recycling oceanic plate, delaminated lower crust, continental marine sediment and others (Eisele et al., 2002; Garapic et al., 2015). The mechanism to produce the specific isotopic composition of EM1 is still under extensive debate.

We analyzed concentrations of major elements, volatile elements (CO_2, H_2O, F, S, and Cl), and trace elements, as well as lead isotopic ratios, by using SIMS, EPMA and LA - ICP - MS for melt inclusions contained in olivine from basalt and pyroclastic rock in Pitcairn Island. Melt inclusions are thought to retain the volatile elements without losing them upon eruption, which is suitable for discussing the origin of the EM1 component. In this study, four lavas (PC-2, PC-16, PC-38, and PC-40) and a pyroclastic rock collected from the Tedside formation of Pitcairn Island were analyzed. The whole-rock composition of these lavas show EM1 signatures. Melt inclusions in olivine are crystallized, but those of pyroclastic rock are all glassy and homogeneous as they are. The crystalized melt inclusion samples from the four lavas were homogenized at the individual liquidus temperatures (1150 degrees and 1175 degrees). A small amount of H2O loss was found for 10 min heating for homogenization, by comparing the analyses of both melt inclusion with/without reheating of the pyroclastic rock samples. On the other hand, virtually no effect was seen for F and Cl.

Multivariate statistical analysis is useful to extract the geochemical features from these data set. McKenzie et al. (2004) identified the coherence between the trace element concentrations and the isotopic ratios, and argued that such coherence must indicate multiple sources of different origin. Instead of Principal Component Analysis (PCA) as used by McKenzie et al. (2004), we utilize Independent Component Analysis (ICA) to extract geochemically independent features. At the same time, we also performed k-means cluster analysis on the whitened data set (Iwamori et al., 2017) to clarify the multiple sources hidden in the lavas from a small area within the Pitcairn Island. In this paper, we will present the results of the geochemical analyses and statistical analyses to identify and discuss the nature of the sources involved in the Pitcairn volcanism.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GC 固体地球化学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GC40] Volatile Cycles in the Deep Earth - from Subduction Zone to Hot Spot

コンビーナ:角野 浩史(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系)、羽生 毅(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、Gray E Bebout(Lehigh University)、座長:羽生 毅、Gray Bebout(Lehigh University)、佐野 有司、角野 浩史

Volatiles play an important role in the geodynamics and chemical differentiation in the mantle and crust by drastically changing mineral stability and rheological behavior. Fractionation-processes such as partial melting, hydration, and dehydration are all controlled by volatiles in the rocks. A significant portion of the volatiles in the Earth has been thought to be present in the atmosphere and oceans as a consequence of extensive degassing during accretion and subsequent mantle degassing. On the other hand, it has been recently recognized that substantial amounts of volatiles are recycled back into the mantle at subduction zones, where intensive devolatilization of descended materials during arc magma generation was once thought to act as an effective "subduction barrier". However, fundamental questions still remain, such as: how are volatiles species distributed throughout the early and present Earth? What are the mechanisms for, and rate at which, volatiles are fluxed between the atmosphere, crust, and mantle? And what role have volatiles played in driving the evolution of the Earth? The possible role of the core in storing primordial volatiles is also poorly constrained. We therefore welcome contributions from experimental, observational, and modeling studies that help shed light on the deep cycles of volatiles, such as hydrogen, carbon, nitrogen, noble gases, halogens and sulfur. We particularly encourage studies linking the behavior of multiple volatile elements and their isotopic compositions. Studies investigating the linkage between volatile and solid geochemical tracers, the phase equilibria of volatile-bearing mantle assemblages, and the effect of volatiles on the physical properties of the mantle are also welcome.

15:30 ~ 16:00

[SGC40-06] Tracing recycled volatiles in MORB with halogens

★Invited Papers

*Ray Burgess[1]、Lorraine Ruzie-Hamilton[1]、Patricia Clay[1]、Bastian Joachim[2]、Christopher Ballentine[3] (1.School of Earth and Environmental Sciences, University of Manchester, Manchester, M13 9PL UK、2.Institute for Mineralogy and Petrography, University of Innsbruck, Innrain, 52A-6020, Innsbruck, Austria、3.Department of Earth Sciences, University of Oxford, South Parks Road, Oxford, OX1 3AN UK)

16:00 ~ 16:15

[SGC40-07] Volatile composition in ocean island basalts

*羽生 毅[1] (1.海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

16:15 ~ 16:30

[SGC40-08] Halogen heterogeneity in the subcontinental lithospheric mantle

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、Ray Burgess[3]、Chris Ballentine[4] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.東京都立産業技術研究センター、3.マンチェスター大学地球環境学教室、4.オックスフォード大学地球科学科)

16:30 ~ 16:45

[SGC40-09] Efficiency of Deep Carbon Subduction: Input, Metamorphic Records, and Bearing on Estimated Sources of Arc Volcanic Gases

*Gray E Bebout[1,2]、Gabe S Epstein[2]、Brian M House[3] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Lehigh University、3.University of California, San Diego)

16:45 ~ 17:00

[SGC40-10] Helium isotope variations in subduction-type volcanic hydrothermal systems

*佐野 有司[1]、鹿児島 渉悟[1]、高畑 直人[1]、尾上 哲治[2]、柴田 智郎[3]、Tobias Fischer[4] (1.東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系、2.熊本大学先端科学研究部基礎科学部門地球環境科学講座、3.京都大学地球熱学研

究施設、4.ニューメキシコ大学地球惑星科学教室)

Tracing recycled volatiles in MORB with halogens

*Ray Burgess[1], Lorraine Ruzie-Hamilton[1], Patricia Clay[1], Bastian Joachim[2], Christopher Ballentine[3]

1. School of Earth and Environmental Sciences, University of Manchester, Manchester, M13 9PL UK, 2. Institute for Mineralogy and Petrography, University of Innsbruck, Innrain, 52A-6020, Innsbruck, Austria, 3. Department of Earth Sciences, University of Oxford, South Parks Road, Oxford, OX1 3AN UK

Interactions between the Earth’ s mantle and the surface have controlled the evolution of the crust, the oceans, and the atmosphere. The mantle is by many orders of magnitude the largest silicate reservoir for volatiles, and volcanic release of these species has played a major role throughout Earth history in global chemical cycles. Understanding the distribution and geochemical evolution of volatiles in the terrestrial mantle is therefore central to understanding the unique planetary history of Earth. The input and output of volatiles at plate boundaries provides major controls on the cycles of many important elements and exerts long-term controls on habitibale conditions at the surface.

Noble gases have provided key insight into the processes controlling the mantle system. Primordial heavy noble gases in the MORB-source mantle are accompanied by atmosphere noble gases with an elemental composition consistent with subduction of an ocean/pore-fluid signature into the mantle (1). Pore fluid subduction represents an important opportunity to use halogens, in particualr iodine which is highly enriched in marine pore fluids, in conjunction with noble gases as sensitive tracers of water and volatile enrichment processes in the mantle.

To assess the control of subduction zones on the mantle halogen budget we have investigated basaltic glass samples from the Manus Back-Arc Basin as some of the volatiles may survive forearc to subarc devolatilization to depths beyond arcs/back-arcs and contribute to the long term volatile budget of the mantle. We also investigated two sets of samples: one from the Central Indian Ridge (2) containing D(epleted)-MORB, N(ormal)-MORB and E(nriched)-MORB and one from the Siqueiros Transform Fault (STF) known for sampling the depleted upper mantle (3). In contrast to axial MORB, lavas from STF are tapping smaller mantle melt without mixing in large magmatic chambers. These melts provide better estimates of the volatile contents of the potential mantle sources.

Based on new halogen determinations, we show that the volatile budget in the mantle sampled by the mid oceanic ridge basalts is a mixture between the depleted upper mantle and a fluid-modified mantle enriched during its residency in subduction zone. This enables us to revisit the global halogen budget and assess how subduction of halogens has affected the habitability of our planet.

1. Holland & Ballentine, Nature 441, 186-191, 2006.

2. Nauret et al. Earth Planet. Sci Lett. 245, 137-152, 2006.

3. Saal et al., Nature 419, 451-455, 2002.

Keywords: Halogens, Recycling, Mantle, Volatiles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Volatile composition in ocean island basalts

*羽生 毅[1]
*Takeshi Hanyu[1]

1. 海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Department of Solid Earth Geochemistry

Volatile reservoirs and transport mechanisms in the mantle are one of fundamental questions in mantle geochemistry. The atmosphere and hydrosphere are major volatile reservoirs in the Earth. Portions of volatiles in the surface layers can be incorporated into oceanic crust and sediment by fluidal reaction and organic and inorganic sedimentation, and then they are delivered to the mantle via slab subduction. However, the efficiency of volatile transport against subduction barrier is poorly constrained. Studies of volatiles in ocean island basalts (OIBs) should document the origin and distribution of volatiles in the deep mantle. This presentation provides an overview of previous studies of volatiles on OIBs using submarine quenched glasses and olivine-hosted melt inclusions.

Whether the mantle source of OIBs is enriched in H_2O is measured by taking H_2O/Ce ratio, where Ce is a lithophile element that has similar incompatibility to H_2O during partial melting. While many OIBs exhibit H_2O/Ce that overlap with the MORB range, OIBs with robust EM1, EM2, and HIMU signatures have significantly lower H_2O/Ce. The fact that H_2O/Ce decreases proportionately with increasing $^{87}Sr/^{86}Sr$ for Pitcairn, Kerguelen (EM1), and Society (EM2), and with decreasing $^{207}Pb/^{206}Pb$ for Tuvalu (HIMU) documents that the mantle components with robust EM1, EM2, and HIMU signatures are commonly depleted in H_2O relative to Ce [1-3]. If their precursor was any type of subducted material, fluid or hydrous melt extraction from the subducted slab reasonably explains the low H_2O/Ce. However, an alternative explanation is a contribution from pyroxenite components in the magma sources, where Ce is more efficiently partitioned into pyroxene than H [4].

Enrichment in F (i.e., F/Nd) in the EM1 and EM2 OIBs from Pitcairn and Samoa is equivocal [2,5]. In contrast, melt inclusions from Mangaia HIMU basalts have high F/Nd (~30) as a group relative to the average MORB value (~21) [1,6], which is best explained by the efficient transfer of F to the mantle by F-bearing minerals such as amphibole, serpentinite, mica, and clinohumite in subducted slabs [7]. Detecting Cl enrichment is not always straightforward because shallow-level magma assimilation with seawater, brines, and altered oceanic crust easily alter the Cl composition [8]. Submarine glasses from Pitcairn and Society exhibit decreasing Cl/K with increasing $^{87}Sr/^{86}Sr$ [2]. Such covariation precludes assimilation as the principal cause of Cl/K variation, and therefore low Cl/K is the source feature of EM1 and EM2. Chlorine loss from subducted components due to fluid release or hydrous melt extraction accounts for low Cl/K. In contrast, HIMU OIBs show increase of Cl/K and Cl/Nb along with decreasing $^{207}Pb/^{206}Pb$ (more robust HIMU signature from ancient altered oceanic crust) as observed in olivine-hosted melt inclusions in Raivavae basalts from Austral Islands [9]. Because such correlation is not ascribed to shallow-level assimilation, this fact requires a mechanism to return Cl from the hydrosphere to the HIMU mantle source via altered oceanic crust against subduction dehydration. Although Cl-hosting minerals beyond the sub-arc depth have not been thus far identified, the lattice defects in major minerals or mineral grain boundaries may be a carrier of small amounts of Cl in subducted oceanic crust. Subduction of altered oceanic crust would transfer Cl from seawater to the deep mantle, forming Cl-rich HIMU mantle reservoir in the deep mantle.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] Jackson et al., Geochem. Geophys. Geosyst. 16, 3210-3234 (2015).

[2] Kendrick et al., Chem. Geol. 370, 69-81 (2014).

[3] Wallace, J. Petrol. 43, 1311-1326 (2002).

[4] Bizimis & Peslier, Chem. Geol. 397, 61-75 (2015).

[5] Kendrick et al., Earth Planet. Sci. Lett. 410, 197-209 (2015).

[6] Cabral et al., Geochem. Geophys. Geosyst. 15, 4445-4467 (2014).

[7] Grützner et al., Geology 45, 443-446 (2017).

[8] Stroncik & Haase, Geology 32, 945-948 (2004).

[9] Hanyu et al., Nat. Commun. 10, 60 (2019).

キーワード：揮発性成分、物質循環、マントル
Keywords: volatile, recycle, mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Halogen heterogeneity in the subcontinental lithospheric mantle
Halogen heterogeneity in the subcontinental lithospheric mantle

*角野 浩史[1]、小林 真大[2]、Ray Burgess[3]、Chris Ballentine[4]
*Hirochika Sumino[1], Masahiro Kobayashi[2], Ray Burgess[3], Chris J Ballentine[4]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2. 東京都立産業技術研究センター、3. マンチェスター大学地球環境学教室、4. オックスフォード大学地球科学科
1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, University of Tokyo, 2. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 3. School of Earth and Environmental Sciences, University of Manchester, 4. Department of Earth Sciences, University of Oxford

Volatile recycling back to the Earth’ s mantle at subduction zones has a significant, yet poorly constrained impact to the volatile budget in the mantle. Halogen and noble gas systematics are powerful tracers of volatile recycling. The presence of noble gases and halogens with seawater and sedimentary pore-fluid signatures in exhumed mantle wedge peridotites from the Sanbagawa-metamorphic belt, southwest Japan [1], and in forearc serpentinites [2] along with seawater-like heavy noble gases (Ar, Kr, and Xe) in the convecting mantle [3] strongly suggest the subduction of sedimentary-pore-fluid-like noble gases and halogens. In order to better constrain how such subduction fluids may modify the halogen composition of subcontinental lithospheric mantle, we have analyzed halogens in mantle-derived xenoliths from volcanic front and back-arc regions of subduction zones, and intraplate continental settings.

In addition to a MORB-like halogen component observed in most of the samples, three other distinct components were identified: (A) a marine-pore-fluid-like component with high Br/Cl and I/Cl ratios similar to mantle wedge peridotites [1], (B) a Cl-enriched component relative to MORB, similar to bulk altered oceanic crust [4]; and (C) a component enriched in Br and moderately in I compared to MORB, which resembles to fluid components in altered oceanic crust and diamonds [4,5].

The component (A) is typically observed in the volcanic front samples containing abundant H_2O-rich fluid inclusions. This suggests that marine pore fluids in deep-sea sediments are carried by serpentine and supplied to the mantle wedge, preserving their original halogen and noble gas compositions. However, the measured Cl/H_2O and $^{36}Ar/H_2O$ in the peridotites are higher than those in sedimentary pore fluids and serpentine in oceanic plates [2]. The halogen/noble gas/H_2O systematics are interpreted within a model where water is incorporated into serpentine in a closed system formed along fracture zones developed at the outer rise, where oceanic plates bend prior to entering subduction zones, preserving Cl/H_2O and $^{36}Ar/H_2O$ values of sedimentary pore fluids. Dehydration-hydration process within the oceanic lithospheric mantle maintains the closed system until the final stage of serpentine dehydration. The sedimentary pore fluid-like halogen and noble gas signatures in fluids released at the final stage of serpentine dehydration are preserved due to highly channelized flow [6].

The samples involving the component (B) have higher Cl concentration and trace elements ratios, whereas the samples involving the component (C) have relatively low Cl concentration and low ratios of highly incompatible elements relative to heavy rare earth elements. Considering that these two components are observed in some back-arc samples having radiogenic/nucleogenic noble gases [7], they could be remnants of metasomatic agents derived from subducted altered oceanic crust, or could result from secondary processes of volatile loss during partial melting and secondary phase formation during

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

interaction with melts [8].

The common primary MORB-like halogen ratios in mantle xenoliths from different parts of the globe indicate that the mantle itself must have a relatively uniform composition over a wide scale. The mantle has maintained its halogen composition over billion year timescales without being affected by I-rich halogens being transported into the mantle. Mass balance calculations suggest that, in order to maintain the I/Cl ratio of the convecting mantle over 2 Gyr, the I/Cl ratio of the subducted halogens must be no more than several times higher than the present-day mantle value [8].

[1] Sumino *et al. EPSL* 2010. [2] Kendrick *et al. EPSL* 2013. [3] Holland & Ballentine *Nature* 2006. [4] Chavrit *et al.*, *GCA* 2016. [5] Burgess *et al.*, *GCA* 2009. [6] Kobayashi *et al. EPSL* 2017. [7] Jalowizki *et al.*, *EPSL* 2016. [8] Kobayashi *et al.*, *G-cubed* 2019.

キーワード：ハロゲン、大陸下マントル、希ガス、沈み込み、揮発性物質循環
Keywords: halogen , subcontinental mantle, noble gas, subduction, volatile recycling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Efficiency of Deep Carbon Subduction: Input, Metamorphic Records, and Bearing on Estimated Sources of Arc Volcanic Gases

*Gray E Bebout[1,2], Gabe S Epstein[2], Brian M House[3]

1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Lehigh University, 3. University of California, San Diego

Circum-Pacific and Italian Alps high- and ultrahigh-pressure metasedimentary rocks record the subduction of organic (reduced) and carbonate (oxidized) C through forearcs (10-70 km) to depths approaching those beneath volcanic fronts. Still uncertain are the efficiency of delivery of such sections to subarc depths, as related to varying degrees of accretion and underplating, the mobilization of C during prograde metamorphism and fluid-rock interactions, and the fractions of C recycled in arcs, stored in forearc reservoirs (e.g., the mantle wedge), or added to the deeper mantle.

Franciscan Complex (FC) blueschist-facies rocks, and lower-grade units (lawsonite-albite and lawsonite-blueschist) of the carbonate-poor Catalina Schist (CS), preserve reduced C (RC) concentrations and $\delta^{13}C$, and C:N, similar to those of sediment protoliths, as does the lowest-grade unit of the Schistes Lustres (SL) exposed in the Alps (regardless of carbonate content). In CS units that experienced warmer prograde *P-T* paths (epidote-blueschist grade and higher), RC is shifted in $\delta^{13}C_{VPDB}$ from -25 per mil to as high as -19 per mil, seemingly related to minor loss of C as CH_4 during prograde devolatilization. The higher-grade units of the SL extend, to depths of ~70km, the extremely low-*P/T* trajectory represented by the FC and low-grade CS. Across this range of grade, RC shows little evidence of loss but considerable increase in $\delta^{13}C$ toward mantle values (-5 to -6 per mil) related to isotopic exchange with coexisting carbonate. In SL metashales, RC preserves protolith $\delta^{13}C$ of -24 to -21 per mil independent of grade and degrees of devolatilization. Reduced C occurs as amorphous carbonaceous matter at low grades, and its transformation to graphite at higher grades presumably enhances isotopic exchange with carbonate. This work implies that much of the RC reservoir is retained to depths beneath volcanic fronts and could be available for transfer into the sub-arc mantle wedge, likely via partial melting (K. Kraft, Lehigh Univ. M.S. thesis, 2018).

The blueschist to eclogite facies SL contains carbonate-rich flysch formed prior to and during Eocene subduction of the Piemonte-Liguria Ocean and underplated at 40-70 km depths. We analyzed $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ of carbonate in this unit, over a regional scale, and made field and petrographic observations bearing on mechanisms of C mobilization. A study of decarbonation history by Cook-Kollars et al. (2014) for the same suite demonstrated that, depending on extents of open-system infiltration by H_2O-rich fluid, large fractions of initially subducted carbonate could be retained in such rocks to at least 70 km depths. Assessing the magnitude of removal of carbonate via dissolution, at the whole-unit scale, has proven difficult. Isotopic exchange between the reduced and oxidized C reservoirs, and any fractionation during sub-arc mobilization and delivery into the mantle wedge, would have implications for the approach of Sano and Marty (1995) used to estimate proportions of gas from mantle and disparate sediment sources.

Study of along-margin C input flux at the Sunda margin (House et al., 2016; Fall AGU) emphasizes the role of sediment composition, source, and degree of accretion on the nature and size of the deeply subducted C reservoir. Ongoing NSF-funded work on the Hikurangi margin, New Zealand (collaborative with Bruce Christenson-GNS-NZ, Hirochika Sumino-Univ. Tokyo, and Ikuko Wada-Univ. Minnesota), is aimed at resolving C inputs vs. outputs in arc volcanoes and associated hydrothermal systems, in part considering the makeup of the incoming sediment section (based on drilling by IODP Exp. 375), extents of accretion,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

along-margin thermal structure, and calculated extents of devolatilization. Studies of the Schistes Lustrés and other HP and UHP suites provide insight regarding the structural and geochemical evolution of sediments similar in composition to those subducting at modern margins (e.g., Sunda).

Keywords: carbon, subduction, arc volcanism, metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Helium isotope variations in subduction-type volcanic hydrothermal systems

*佐野 有司[1]、鹿児島 渉悟[1]、高畑 直人[1]、尾上 哲治[2]、柴田 智郎[3]、Tobias Fischer[4]
*Yuji Sano[1], Takanori Kagoshima[1], Naoto Takahata[1], Tetsuji Onoue[2], Tomo Shibata[3], Tobias P Fischer[4]

1. 東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系、2. 熊本大学先端科学研究部基礎科学部門地球環境科学講座、3. 京都大学地球熱学研究施設、4. ニューメキシコ大学地球惑星科学教室
1. Division of Ocean and Earth Systems, Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, Kumamoto University, 3. Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, University of New Mexico

Large variations of $^{3}He/^{4}He$ ratios of gas and fluid samples were observed in subduction-type modern hydrothermal systems (0.3Ra −8Ra where Ra is the atmospheric ratio of $1.38x10^{-6}$) compared with those of mid-ocean ridge basalt (MORB) glasses (7.5Ra −9.5Ra). These variations are principally attributable to binary mixing of two components: mantle He (8Ra) and crustal helium (0.1Ra). Major source of the latter component could be due to radiogenic helium in the subsurface crustal material. Thus, shallow assimilation would result in helium isotope variations around an isolated volcano. Early case study on the Ontake volcanic hydrothermal system showed that high-Ra was located in hot spring close to the central cone and decreased with distance from the volcano. Subsequent studies around Mt Nevado del Ruiz and Mt Kusatsu-Shirane confirmed the negative correlation between the $^{3}He/^{4}He$ ratio and the distance. There may be three necessary conditions to produce such a tendency. First, the volcano is independent strato-type and there is no other volcano close to the subject. Second, the magma chamber is located just beneath the volcano so that the conduit is not inclined significantly. Third, the hydrothermal system is well developed and the emission of mantle helium is stable for a long time. In order to apply these hypothetical conditions to a caldera volcano, we have carried out helium isotope survey around Aso volcano in Southwest Japan. Mt Aso is the largest active volcano in Japan with a caldera 25 km north-south and 18 km east-west. Post caldera activity is currently observed in central cone at Mt Nakadake. We have collected hot spring gas and fluid samples within the Aso caldera together with the outside and measured $^{3}He/^{4}He$ and $^{4}He/^{20}Ne$ ratios by a noble gas mass spectrometer. The helium isotopes, after correction of air contribution, decrease with the distance from the central cone in the region. The tendency is consistent with those of strato-volcanoes reported in literatures.

キーワード：volcano、subduction
Keywords: helium, isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[S-GC41] 固体地球化学・惑星化学

コンビーナ:下田 玄(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、山下 勝行(岡山大学大学院自然科学研究科)、石川 晃(東京工業大学理学院地球惑星科学系)

このセッションは、地球の形成とその後の４６億年間の化学的進化、地球の物質循環の解明を目的とする地球化学と、原始太陽星雲内での諸過程、太陽系の起源、火星、月、小惑星等の天体の形成・進化の解明を目的とする惑星化学との連携を指向する。化学組成や存在形態，同位体比を用いて、対象の具体像を明確に捉える為に、地質学、岩石学、鉱物学など複数の分野から講演者を募集し、学際的で多角的な議論を目指す。

[SGC41-P01] Experimental and Simulation Study on the Migration Rule of Arsenic in the Soil of Surface Karst Zone in Southwest China

*bin zeng[1] (1.China University of Geosciences)

[SGC41-P02] H_2 production and CO_2 storage during peridotite serpentinization under CO_2-rich hydrothermal conditions: Influence of pyroxene

*Jiajie Wang[1]、Noriaki Watanabe[1]、Atsushi Okamoto[1]、Kengo Nakamura[1]、Takeshi Komai[1] (1.Tohoku Univ.)

[SGC41-P03] **Age determination of spherical carbonate concretions by Sr isotope stratigraphy**

*淺原 良浩[1]、吉田 英一[2]、山本 鋼志[1]、勝田 長貴[3]、南 雅代[4]、メトカルフェ リチャード[5] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学博物館、3.岐阜大学教育学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所、5.Quintessa UK)

[SGC41-P04] オスミウム同位体と強親鉄性元素組成からみたハワイ諸島、カウラ島産マントル捕獲岩の起源

*藤田 遼[1]、石川 晃[1]、横山 哲也[1]、Michael Garcia[2] (1.東京工業大学、2.ハワイ大学)

[SGC41-P05] 西南日本，北陸地域東部に分布する中新世アダカイト質火山岩の岩石学的・地球化学的特徴

*渡邉 駿[1]、高橋 俊郎[1] (1.新潟大学)

[SGC41-P06] Trace element and isotopic characteristics of high Nb basalts from Kyushu arc and back arc

*Bidisha Dey[1]、Tomoyuki Shibata[1] (1.Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University)

[SGC41-P07] Evaluation of digestion methods for Molybdenum concentration analysis for geological materials

六鹿 悠[1]、*石川 晃[1]、横山 哲也[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

[SGC41-P08] *fs*LA-ICPMS analysis of XRF glass beads

*常 青[1]、佐藤 智紀[2]、木村 純一[1] (1.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野、2.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・海洋掘削科学研究開発センター)

Experimental and Simulation Study on the Migration Rule of Arsenic in the Soil of Surface Karst Zone in Southwest China

*bin zeng[1]

1. China University of Geosciences

Karst Underground River is an important water source in southwest China. In addition to entering and polluting the groundwater directly through the sinkholes, arsenic pollutants produced from the industrial production process will also adsorb, remain, and concentrate in the dissolution cracks and gaps in the surface karst zone, and remigrate under certain conditions to become a "secondary pollution source". Taking an arsenic pollution event in Guangxi province as an example, the dynamic adsorption and desorption experiments of arsenic were carried out by using narrow slot physical model device, and the migration rule of arsenic contamination in the soil of surface karst zone was studied, combined with geochemical simulation. The experimental results show that the adsorption of arsenic in the surface karst zone is mainly physical adsorption (diffusion process), and the desorption rate is slow compared with the adsorption process, while the acid solution can promote the desorption process of arsenic compared with deionized water. The results of geochemical simulation show that goethite contributes most to arsenic adsorption in soil minerals, while acid solution weakens the ability of arsenic adsorption by corroding goethite and other minerals. It is concluded that in the karst area of southwest China, once the surface karst zone system is integrated with arsenic pollutants, the desorption process is slow, and it is easy to form the retention and enrichment of arsenic pollutants; while the accelerated desorption and migration process of arsenic under acid rain will increase the pollution risk of groundwater system.

Keywords: surface karst zone, arsenic pollution, physical model experiment, geochemical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

H_2 production and CO_2 storage during peridotite serpentinization under CO_2-rich hydrothermal conditions: Influence of pyroxene

*Jiajie Wang[1], Noriaki Watanabe[1], Atsushi Okamoto[1], Kengo Nakamura[1], Takeshi Komai[1]

1. Tohoku Univ.

Serpentinization of peridotite (mainly includes olivine and pyroxene) usually produces molecular H_2, which may potentially contribute to today’s always-increasing energy demands. On the other hand, peridotite also appears to be a good candidate for CO_2 sequestration by mineralization. Based on this, our previous research has successfully combined the strategies of H_2 production and CO_2 mineralization by olivine alteration in CO_2-rich hydrothermal system. However, olivine may not necessarily act as a peridotite equivalent during alteration, and the pyroxene influence is still poorly understood.
In this study, we examined the reactions in H_2O-olivine/pyroxene-CO_2 systems by performing hydrothermal experiments in 0.5 mol/L $NaHCO_3$ solutions under conditions of 300 °C and 10 MPa. The results show that H_2 was produced when olivine and/or pyroxene reacted in $NaHCO_3$ solution, and the presence of pyroxene in starting material suppressed H_2 production from per kg of mineral. Pyroxene was converted solely to serpentine, rather than brucite and magnesite even in CO_2-contained solutions, which indicates CO_2 mineralization was only realized in olivine-contained systems. In addition, the pyroxene serpentinization process is quicker than olivine. In the experiment with olivine/pyroxene weight ratio of 3/2, all of the pyroxene was altered after 72 h reaction, whereas half of the olivine particles have remained. Based on experimental results, we propose that the presence of pyroxene in starting material will suppress the H_2 production and CO_2 storage during peridotite alteration; however, the inhibition effect will be decreased along the reaction time.

Keywords: Pyroxene, Olivine, Hydrothermal, H2 production, CO2 storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Age determination of spherical carbonate concretions by Sr isotope stratigraphy

*淺原 良浩[1]、吉田 英一[2]、山本 鋼志[1]、勝田 長貴[3]、南 雅代[4]、メトカルフェ リチャード[5]
*Yoshihiro Asahara[1], Hidekazu Yoshida[2], Koshi Yamamoto[1], Nagayoshi Katsuta[3], Masayo Minami[4], Richard Metcalfe[5]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学博物館、3. 岐阜大学教育学部、4. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、5. Quintessa UK
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Material Research Section, Nagoya University, University Museum, 3. Faculty of Education, Gifu University, 4. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 5. Quintessa UK

Isolated spherical carbonate ($CaCO_3$) concretions are frequently observed in marine clayey sediments but do not always contain index fossils. Although carbonate concretions with fossil inside can be used to estimate sedimentation ages, concretions without fossils inside have never previously been used for age determination. In this study, we used $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios to determine the ages of these spherical concretions.

The studied concretions formed in the Yatsuo Group of Miocene age in central Japan. Some formed post-mortem around tusk-shells (*Fissidentalium*spp.), while other concretions have no shell fossils inside. The concretions formed under highly constrained conditions by reactions between the decay products of organic matter and Ca^{2+} from the marine water (Yoshida et al., 2015; 2018). And the sedimentary structure around the concretions and geochemical analyses reveal that Sr was incorporated into the $CaCO_3$ concretions during their rapid formation.

The $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of calcite in the tusk-shell concretions lie within 0.70865~0.70867 and vary little. The values are similar to those of tusk-shell aragonite, 0.70865~0.70868. In addition, the isolated carbonate concretions without shell fossils have $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of 0.70865~0.70868, which are also well consistent with the tusk-shell aragonite values. Based on the Sr isotope stratigraphy (McArthur et al., 2001) and the measured $^{87}Sr/^{86}Sr$ values, the age of the tusk-shell concretions lies within a narrow range of 17.08 (+0.27, −0.28) Ma. The age determined from the $^{87}Sr/^{86}Sr$ of the tusk-shells themselves (16.86 +/− 0.34 Ma) is almost the same. The age determined from the $^{87}Sr/^{86}Sr$ of concretions without fossils, 16.95 (+0.36, −0.37) Ma, is almost the same as that of the tusk-shell concretions. Strontium isotopic stratigraphy using $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of all concretions with tusk-shell and without fossils indicates an age of 17.02 +/− 0.27 Ma, with higher accuracy than the ages estimated using microfossils from the Yatsuo Group. The results imply that the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio of isolated spherical carbonate concretions can be applied generally to estimate the ages of all kinds of spherical concretions in marine sediments (Yoshida et al., 2019).

キーワード：炭酸塩コンクリーション、化石、ストロンチウム同位体、年代決定、海洋堆積物
Keywords: carbonate concretion, fossil, Sr isotope, age determination, marine sediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オスミウム同位体と強親鉄性元素組成からみたハワイ諸島、カウラ島産マントル捕獲岩の起源

Origin of mantle xenoliths from Kaula Island, Hawaii:Constrains from Os isotope and highly siderophile element compositions

*藤田 遼[1]、石川 晃[1]、横山 哲也[1]、Michael Garcia[2]
*Ryo Fujita[1], Akira Ishikawa[1], Tetsuya Yokoyama[1], Michael O Garcia[2]

1. 東京工業大学、2. ハワイ大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. University of Hawaii

The Emperor Seamount-Hawaiian island chain is thought to originate from melting of a heterogeneous mantle plume, although the nature and extent of heterogeneity remain unclear. It has been suggested that some Hawaiian mantle xenoliths with highly unradiogenic Os isotope ratios (down to 187Os/188Os=0.1138) represent the depleted part of ascending Hawaiian plume, and that the depleted materials are more commonly distributed in mantle plumes than has been inferred from the compositions of erupted lavas. To better understand the lithological and geochemical variations of Hawaiian xenoliths and to evaluate the robustness of the above model, we conducted petrological and geochemical studies on 11 peridotite xenoliths (9 lherzolites, 1 dunite, and 1 wehlrite) collected from the island of Kaula, Hawaii. Here we present the results on the whole-rock Re-Os isotope systematics and highly siderophile element compositions in the xenoliths, together with the major element compositions of constituent minerals (olivine, clinopyroxene, orthopyroxene and spinel). The rock texture and mineral compositions indicate that the Kaula peridotites are samples from normal oceanic mantle and residues of variable degrees of melting. However, they have highly unradiogenic Os isotope ratios (down to 187Os/188Os=0.1187) yielding minimum rhenium-depletion ages of up to ~1.3 Ga, which are similar to those of O’ahu peridotites. Such unradiogenic Os isotopic compositions are not found in Hawaiian lavas and in depleted mantles (e.g., mid-oceanic ridge basalts). Importantly, as is observed in the O’ahu peridotites, the 187Os/188Os ratios of Kaula peridotites correlate with the degree of depletion, suggesting that they are related to an ancient melting event. Therefore, the Kaula peridotites are possibly the fragments of a Hawaiian mantle plume that consists of ancient depleted and recycled mantle lithosphere.

キーワード：Os同位体、ハワイ、マントル捕獲岩
Keywords: Os isotope, hawaii, mantle xenolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西南日本，北陸地域東部に分布する中新世アダカイト質火山岩の岩石学的・地球化学的特徴

Petrological and Geochemical features of Miocene adakitic volcanic rocks in eastern part of Hokuriku region, SW Japan

*渡邉 駿[1]、高橋 俊郎[1]
*Watanabe Syun[1], Toshiro Takahashi[1]

1. 新潟大学
1. Niigata university

Miocene volcanic rocks are widely distribution from the eastern part of Toyama prefecture to the northern part of Fukui prefecture in Hokuriku region, Central Japan. These volcanic rocks are broadly classified in to mafic volcanic rocks and felsic volcanic rocks, and in this study the petrological and geochemical features of mafic volcanic rocks are considered. Mafic volcanic rocks of the Hokuriku region consists of various types that have characteristic petrologic and geochemical features; tholeiitic volcanic rocks, calc-alkaline volcanic rocks, high-magnesia andesite and adakitic andesite (Takahashi and Shuto, 1999; Ishiwatari and Ohama, 1997).

The present study area is in the eastern part of the Miocene volcanic rocks. Volcanic rocks of this study area can be classified into four groups; Group-1 basalts, bulk rock chemical composition of group-1 indicate low SiO_2 (<53 wt %) composition and Nd and Ta depletion. Group-2 tholeiitic andesites, bulk rock chemical composition of group-2 indicate increasing FeO*/MgO ratio with increasing SiO_2. Group-3 calc-alkaline andesites, bulk rock chemical composition of group-3 indicate stable FeO*/MgO ratio with increasing SiO_2. Group-4 Hornblende-bearing andesites, Bulk rock chemical composition of group-4 indicate low FeO*/MgO ratio, high Sr, MgO, Cr, Ni concentration and low LILE and HFSE concentration. All types of volcanic rocks are distributed in Iwaine formation except in Fukuhira formation, only group-1 and group-2 are distributed.

The volcanic rocks of this study area can be classified two types by their isotopic features. First type have nearly bulk earth isotopic composition (SrI=0.7040-0.7060, NdI=0.5125-0.5129) whereas the second type have very enriched isotopic composition (SrI=0.7085-0.7100, NdI=0.5119-0.5125). In terms of rock types Groups-1 to 3 shows both the isotopic composition, whereas only group-4 rocks have only bulk earth isotopic composition.

Here, we focus on petrological and geochemical features, because these features of group-4 is different from other groups. Group-4 have hornblende, plagioclase, clinopyroxene and olthopyroxene phenocrysts. Pyroxene phenocrysts have a wide range of composition (Mg#= Cpx 70-86; Opx 69-85).

It is difficult to explain the petrological features of group-4 by crystallization differentiation of magma that formed group-1 to 3 rocks types. This study uses trace element composition of clinopyroxene phenocryst for magma genesis of group-4. The results indicate that the group-4 magma is a product of magma mixing of high Mg# magma that have adakitic signatures (Defant and Drummond, 1991) and low Mg# magma that have enriched isotopic signature. In general, adakitic volcanic rocks are formed by partial melting of subducted oceanic crust, and so adakitic magma usually have depleted isotopic composition like a subducted oceanic crust (MORB; Castillo, 2012). However, adakitic rocks in this study area has more

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

depleted isotopic signatures. Previous study indicated a model that involves the addition of sediment on subducted basaltic crust melt during slab melting (Sato et al., 2013). However, this model cannot explain the observed isotopic compositions. Therefore, this study proposes a model that involved an enriched component of magma mixing that resulted in the observed isotopic features.

In general, adakitic magma genesis needs heat source for slab melting. Previous studies suggest that heat source is hot asthenospheric upwelling preceding Japan sea opening (Takahashi and Shuto, 1999). Petrological features of group-4, for example, high MgO, Cr, Ni concentration are similar to bajaite (Rogers et al., 1985). Previous studies suggest that magma genesis of bajaitic magma result from ridge subducting (Tsuchiya et al., 1995). But this study area doesn’ t show evidence of ridge subducting. It is necessary to discuss from more various view point.

キーワード：北陸地域、アダカイト、島弧火成活動
Keywords: Hokuriku region, adakite, island-arc magmatism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Trace element and isotopic characteristics of high Nb basalts from Kyushu arc and back arc

*Bidisha Dey[1], Tomoyuki Shibata[1]

1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

Basalts and basaltic andesites from south-west Japan arc and Back arc region show signature of HFSE enrichment similar to high Nb basalts (HNB) and Nb enriched basalts (NEB) (i.e. Philippines, Castillo et al., 2007; Central America, Hastie et al., 2011).

We use previously published data from Kyushu basalts and basaltic andesites from both arc and back arc setting to compare the geochemical characteristics of these rocks. We observe that the rocks of our interest in this area, show a much higher Nb/Zr and Nb/Hf ratio than that of typical MORB values (0.032, Sun and McDonough, 1989) or of NE Japan arc (similar to MORB, Shibata and Nakamura, 1997). The samples from Kita-Matsuura area as reported by Sakuyama et al (2009, 2014) and Fukuejima- Goto island volcanoes (Uto et al., 2004; Hoang et al., 2013; Kuritani et al., 2017) also show significantly high Nb content, up to 50 ppm and 60 ppm respectively. This type of signature is more common to OIB type mantle than to MORB type mantle (Sun and McDonough, 1989); however, isotopic plots using Sr, Nd and Pb isotopic data in 2D and 3D space show that these rocks are not likely to be related to the enriched mantle (EM1, EM2) or the HIMU components and more likely to be related to MORB type mantle and a mixture with Philippine sea plate (PHS) sediments or slab melt as suggested by Shibata et al. (2014). Samples from Fukuejima islands show the same trend as arc rocks in Pb-Pb isotopic space despite not likely to be affected by PHS plate sediment or slab melt. This suggests that the mantle geochemistry beneath Kyushu is the product of mixing between MORB type mantle and slab or sediment like Pb isotope enriched component, which may have also contributed to the HFSE enrichment. The nature of this component is subject to further investigation.

Keywords: Kyushu basalts, High Nb basalts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of digestion methods for Molybdenum concentration analysis for geological materials

六鹿 悠[1]、*石川 晃[1]、横山 哲也[1]
Yu Mutsushika[1], *Akira Ishikawa[1], Tetsuya Yokoyama[1]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Molybdenum, one of redox-sensitive trace elements showing slightly chalcophile and moderately siderophile character, is recognized as a useful element for tracing chemical evolution of the Earth ranging from core-mantle differentiation to low temperatures surface processes. Despite this, determination of Mo concentration is frequently abandoned for the studies of rock samples dominated by silicate materials because formation of insoluble molybdenum oxides in hydrochloric (HCl) or nitric (HNO_3) acid solutions precludes accurate measurements of Mo concentration with ICP-MS in typical multi-element determination methods for other lithophile trace elements such as Rb, Sr, and rare earth elements (REE). Makishima and Nakamura (1999) and Lu et al. (2007) proposed that isotope-dilution ICP-MS (ID-ICP-MS) employing dissolution with hydrofluoric (HF) acid is a well-suited method for the simultaneous determination of Mo and other elements such as W, Sb and high-field strength elements (HFSE). However, most of these elements are hosted in acid resistant minerals such zircon and Cr-spinel in rock samples, high-temperature/pressure HF digestions with longer duration are sometimes required in order to achieve complete recovery of these elements. Here we develop a rapid and universal method for the determination of Mo in geological samples using ID-ICP-MS combined with fused-glass bead digestion (sample + lithium tetraborate). The fused-glass beads were properly dissolved into a diluted HF with spike solution. The optimized procedure and analytical capability using ICP-QMS with HF-resistant setting will be presented by showing results of replicate analyses for reference materials such as volcanic rocks (JB-1, JB-1a, JB-2, JB-3, JA-1, JA-1a, JA-2, JA-3, JR-1, JR-2, JR-3, BIR-1a, BCR-2, BHVO-2 and W-2a), plutonic rocks (JGb-1, JGb-2, WMG-1, JG-1, JG-1a, JG-2, JG-3 andJSy-1), ultramafic rocks (JP-1, JH-1, OKUM, GP-13 and UB-N), sedimentary rocks (SCo-1, SDo-1, Jdo-1, JLs-1, JCp-1, NIST694, JCh-1, JSd-1, JSd-2, JSd-3, JSl-1, JSl-2 and JLk-1) and ore-materials (JF-1, JF-2, JZn-1, JMn-1 and SARM32).

キーワード：モリブデン、誘導結合プラズマ質量分析、同位体希釈
Keywords: Molybdenum, ICP-MS, isotope dilution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

*fs*LA-ICPMS analysis of XRF glass beads

*常 青[1]、佐藤 智紀[2]、木村 純一[1]
*Q. Chang[1], T. Sato[2], J.-I. Kimura[1]

1. 国立研究開発法人・海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野、2. 国立研究開発法人・海洋研究開発機構・海洋掘削科学研究開発センター
1. Dept. Solid Earth Geochem., JAMSTEC, 2. R&D Center for Ocean Drilling Sci., JAMSTEC

Analysis of naturally heterogeneous rock samples by ICP-MS requires laborious sample preparation including acid/alkali digestion. Crystalline plutonic rocks or sediments remains as challenging analysis by ICP-MS because of the difficulty in complete digestion of acid resistant minerals which contain significant fraction of high field strength elements (HFSE) or rare earth elements (REE). We tested femto-second laser ablation (fsLA) ICP-MS analysis of glass beads prepared for X-ray fluorescence spectrometry (XRF). This method maintains benefits of no sample digestion by wet chemistry, high sensitivity, high sample throughput and low costs. A comprehensive examination of measurement parameters was made on wave length and repetition rate of the laser beam. Choice of internal standard and external calibration method were also examined. Using high-diluted glass beads (1:10 sample to lithium tetraborate ratio) and optimized in-house developed fsLA system coupled to a quadruple-type ICP-MS (iCAP Qs, ThermoFisher Sci.), the parameters and methods were validated by determining 48 elements including ten major (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P), refractory lithophile (Sr, Ba, REE and HFSE) and volatile (Ga, Rb, Cs, Tl, Pb) elements in well-established geological reference materials (GSJ JB-1, JG-1a, JG-2 and JR-1) and synthetic reference glasses (NIST SRM 612, USGS GSD-1G). Laboratory bias (or trueness by ISO 5725-1) for most elements was better than 10% when compared to the reference or consensus values. Poorly determined or failed elements were P, Sc, V, Ni, Sn, Sb, and W, whose data deviated from the reference values >20%. Volatile elements such as Rb, Cs and Ga showed no substantial loss; however, Tl and Pb exhibited always lower values suggesting their loss during fusion in the glass bead preparation. Repeatability and intermediate precision (ISO 5725-1) of all measured elements were better than 5–7% RSD except Cu, Sn, Sb, Cs and Tl which showed 10–40% RSD due to extremely low abundances or strong spectral interferences. The low limits of detection by this method were comparable to those obtained by solution ICP-MS for most elements of geochemical interests. Our results demonstrate that the fsLA-ICPMS using XRF glass bead can be used for rapid bulk-rock analyses of trace, minor and major elements.

キーワード：femto-second LA-ICP-MS、bulk analysis、XRF glass bead、 geological reference materials
Keywords: femto-second LA-ICP-MS, bulk analysis, XRF glass bead, geological reference materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_32

[S-GC41] 固体地球化学・惑星化学

コンビーナ:下田 玄(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、山下 勝行(岡山大学大学院自然科学研究科)、石川 晃(東京工業大学理学院地球惑星科学系)

このセッションは、地球の形成とその後の４６億年間の化学的進化、地球の物質循環の解明を目的とする地球化学と、原始太陽星雲内での諸過程、太陽系の起源、火星、月、小惑星等の天体の形成・進化の解明を目的とする惑星化学との連携を指向する。化学組成や存在形態，同位体比を用いて、対象の具体像を明確に捉える為に、地質学、岩石学、鉱物学など複数の分野から講演者を募集し、学際的で多角的な議論を目指す。

[SGC41-P01] Experimental and Simulation Study on the Migration Rule of Arsenic in the Soil of Surface Karst Zone in Southwest China

*bin zeng[1] (1.China University of Geosciences)

[SGC41-P02] H_2 production and CO_2 storage during peridotite serpentinization under CO_2-rich hydrothermal conditions: Influence of pyroxene

*Jiajie Wang[1]、Noriaki Watanabe[1]、Atsushi Okamoto[1]、Kengo Nakamura[1]、Takeshi Komai[1] (1.Tohoku Univ.)

[SGC41-P03] **Age determination of spherical carbonate concretions by Sr isotope stratigraphy**

*淺原 良浩[1]、吉田 英一[2]、山本 鋼志[1]、勝田 長貴[3]、南 雅代[4]、メトカルフェ リチャード[5] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学博物館、3.岐阜大学教育学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所、5.Quintessa UK)

[SGC41-P04] オスミウム同位体と強親鉄性元素組成からみたハワイ諸島、カウラ島産マントル捕獲岩の起源

*藤田 遼[1]、石川 晃[1]、横山 哲也[1]、Michael Garcia[2] (1.東京工業大学、2.ハワイ大学)

[SGC41-P05] 西南日本，北陸地域東部に分布する中新世アダカイト質火山岩の岩石学的・地球化学的特徴

*渡邉 駿[1]、高橋 俊郎[1] (1.新潟大学)

[SGC41-P06] Trace element and isotopic characteristics of high Nb basalts from Kyushu arc and back arc

*Bidisha Dey[1]、Tomoyuki Shibata[1] (1.Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University)

[SGC41-P07] Evaluation of digestion methods for Molybdenum concentration analysis for geological materials

六鹿 悠[1]、*石川 晃[1]、横山 哲也[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

[SGC41-P08] *fs*LA-ICPMS analysis of XRF glass beads

*常 青[1]、佐藤 智紀[2]、木村 純一[1] (1.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野、2.国立研究開発法人・海洋研究開発機構・海洋掘削科学研究開発センター)

Experimental and Simulation Study on the Migration Rule of Arsenic in the Soil of Surface Karst Zone in Southwest China

*bin zeng[1]

1. China University of Geosciences

Karst Underground River is an important water source in southwest China. In addition to entering and polluting the groundwater directly through the sinkholes, arsenic pollutants produced from the industrial production process will also adsorb, remain, and concentrate in the dissolution cracks and gaps in the surface karst zone, and remigrate under certain conditions to become a "secondary pollution source". Taking an arsenic pollution event in Guangxi province as an example, the dynamic adsorption and desorption experiments of arsenic were carried out by using narrow slot physical model device, and the migration rule of arsenic contamination in the soil of surface karst zone was studied, combined with geochemical simulation. The experimental results show that the adsorption of arsenic in the surface karst zone is mainly physical adsorption (diffusion process), and the desorption rate is slow compared with the adsorption process, while the acid solution can promote the desorption process of arsenic compared with deionized water. The results of geochemical simulation show that goethite contributes most to arsenic adsorption in soil minerals, while acid solution weakens the ability of arsenic adsorption by corroding goethite and other minerals. It is concluded that in the karst area of southwest China, once the surface karst zone system is integrated with arsenic pollutants, the desorption process is slow, and it is easy to form the retention and enrichment of arsenic pollutants; while the accelerated desorption and migration process of arsenic under acid rain will increase the pollution risk of groundwater system.

Keywords: surface karst zone, arsenic pollution, physical model experiment, geochemical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

H_2 production and CO_2 storage during peridotite serpentinization under CO_2-rich hydrothermal conditions: Influence of pyroxene

*Jiajie Wang[1], Noriaki Watanabe[1], Atsushi Okamoto[1], Kengo Nakamura[1], Takeshi Komai[1]

1. Tohoku Univ.

Serpentinization of peridotite (mainly includes olivine and pyroxene) usually produces molecular H_2, which may potentially contribute to today’s always-increasing energy demands. On the other hand, peridotite also appears to be a good candidate for CO_2 sequestration by mineralization. Based on this, our previous research has successfully combined the strategies of H_2 production and CO_2 mineralization by olivine alteration in CO_2-rich hydrothermal system. However, olivine may not necessarily act as a peridotite equivalent during alteration, and the pyroxene influence is still poorly understood.
In this study, we examined the reactions in H_2O-olivine/pyroxene-CO_2 systems by performing hydrothermal experiments in 0.5 mol/L $NaHCO_3$ solutions under conditions of 300 °C and 10 MPa. The results show that H_2 was produced when olivine and/or pyroxene reacted in $NaHCO_3$ solution, and the presence of pyroxene in starting material suppressed H_2 production from per kg of mineral. Pyroxene was converted solely to serpentine, rather than brucite and magnesite even in CO_2-contained solutions, which indicates CO_2 mineralization was only realized in olivine-contained systems. In addition, the pyroxene serpentinization process is quicker than olivine. In the experiment with olivine/pyroxene weight ratio of 3/2, all of the pyroxene was altered after 72 h reaction, whereas half of the olivine particles have remained. Based on experimental results, we propose that the presence of pyroxene in starting material will suppress the H_2 production and CO_2 storage during peridotite alteration; however, the inhibition effect will be decreased along the reaction time.

Keywords: Pyroxene, Olivine, Hydrothermal, H2 production, CO2 storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Age determination of spherical carbonate concretions by Sr isotope stratigraphy

*淺原 良浩[1]、吉田 英一[2]、山本 鋼志[1]、勝田 長貴[3]、南 雅代[4]、メトカルフェ リチャード[5]
*Yoshihiro Asahara[1], Hidekazu Yoshida[2], Koshi Yamamoto[1], Nagayoshi Katsuta[3], Masayo Minami[4], Richard Metcalfe[5]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学博物館、3. 岐阜大学教育学部、4. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、5. Quintessa UK
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Material Research Section, Nagoya University, University Museum, 3. Faculty of Education, Gifu University, 4. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 5. Quintessa UK

Isolated spherical carbonate ($CaCO_3$) concretions are frequently observed in marine clayey sediments but do not always contain index fossils. Although carbonate concretions with fossil inside can be used to estimate sedimentation ages, concretions without fossils inside have never previously been used for age determination. In this study, we used $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios to determine the ages of these spherical concretions.

The studied concretions formed in the Yatsuo Group of Miocene age in central Japan. Some formed post-mortem around tusk-shells (*Fissidentalium*spp.), while other concretions have no shell fossils inside. The concretions formed under highly constrained conditions by reactions between the decay products of organic matter and Ca^{2+} from the marine water (Yoshida et al., 2015; 2018). And the sedimentary structure around the concretions and geochemical analyses reveal that Sr was incorporated into the $CaCO_3$ concretions during their rapid formation.

The $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of calcite in the tusk-shell concretions lie within 0.70865~0.70867 and vary little. The values are similar to those of tusk-shell aragonite, 0.70865~0.70868. In addition, the isolated carbonate concretions without shell fossils have $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of 0.70865~0.70868, which are also well consistent with the tusk-shell aragonite values. Based on the Sr isotope stratigraphy (McArthur et al., 2001) and the measured $^{87}Sr/^{86}Sr$ values, the age of the tusk-shell concretions lies within a narrow range of 17.08 (+0.27, −0.28) Ma. The age determined from the $^{87}Sr/^{86}Sr$ of the tusk-shells themselves (16.86 +/− 0.34 Ma) is almost the same. The age determined from the $^{87}Sr/^{86}Sr$ of concretions without fossils, 16.95 (+0.36, −0.37) Ma, is almost the same as that of the tusk-shell concretions. Strontium isotopic stratigraphy using $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of all concretions with tusk-shell and without fossils indicates an age of 17.02 +/− 0.27 Ma, with higher accuracy than the ages estimated using microfossils from the Yatsuo Group. The results imply that the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio of isolated spherical carbonate concretions can be applied generally to estimate the ages of all kinds of spherical concretions in marine sediments (Yoshida et al., 2019).

キーワード：炭酸塩コンクリーション、化石、ストロンチウム同位体、年代決定、海洋堆積物
Keywords: carbonate concretion, fossil, Sr isotope, age determination, marine sediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オスミウム同位体と強親鉄性元素組成からみたハワイ諸島、カウラ島産マントル捕獲岩の起源

Origin of mantle xenoliths from Kaula Island, Hawaii:Constrains from Os isotope and highly siderophile element compositions

*藤田 遼[1]、石川 晃[1]、横山 哲也[1]、Michael Garcia[2]
*Ryo Fujita[1], Akira Ishikawa[1], Tetsuya Yokoyama[1], Michael O Garcia[2]

1. 東京工業大学、2. ハワイ大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. University of Hawaii

The Emperor Seamount-Hawaiian island chain is thought to originate from melting of a heterogeneous mantle plume, although the nature and extent of heterogeneity remain unclear. It has been suggested that some Hawaiian mantle xenoliths with highly unradiogenic Os isotope ratios (down to 187Os/188Os=0.1138) represent the depleted part of ascending Hawaiian plume, and that the depleted materials are more commonly distributed in mantle plumes than has been inferred from the compositions of erupted lavas. To better understand the lithological and geochemical variations of Hawaiian xenoliths and to evaluate the robustness of the above model, we conducted petrological and geochemical studies on 11 peridotite xenoliths (9 lherzolites, 1 dunite, and 1 wehlrite) collected from the island of Kaula, Hawaii. Here we present the results on the whole-rock Re-Os isotope systematics and highly siderophile element compositions in the xenoliths, together with the major element compositions of constituent minerals (olivine, clinopyroxene, orthopyroxene and spinel). The rock texture and mineral compositions indicate that the Kaula peridotites are samples from normal oceanic mantle and residues of variable degrees of melting. However, they have highly unradiogenic Os isotope ratios (down to 187Os/188Os=0.1187) yielding minimum rhenium-depletion ages of up to ~1.3 Ga, which are similar to those of O’ahu peridotites. Such unradiogenic Os isotopic compositions are not found in Hawaiian lavas and in depleted mantles (e.g., mid-oceanic ridge basalts). Importantly, as is observed in the O’ahu peridotites, the 187Os/188Os ratios of Kaula peridotites correlate with the degree of depletion, suggesting that they are related to an ancient melting event. Therefore, the Kaula peridotites are possibly the fragments of a Hawaiian mantle plume that consists of ancient depleted and recycled mantle lithosphere.

キーワード：Os同位体、ハワイ、マントル捕獲岩
Keywords: Os isotope, hawaii, mantle xenolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西南日本，北陸地域東部に分布する中新世アダカイト質火山岩の岩石学的・地球化学的特徴

Petrological and Geochemical features of Miocene adakitic volcanic rocks in eastern part of Hokuriku region, SW Japan

*渡邉 駿[1]、高橋 俊郎[1]
*Watanabe Syun[1], Toshiro Takahashi[1]

1. 新潟大学
1. Niigata university

Miocene volcanic rocks are widely distribution from the eastern part of Toyama prefecture to the northern part of Fukui prefecture in Hokuriku region, Central Japan. These volcanic rocks are broadly classified in to mafic volcanic rocks and felsic volcanic rocks, and in this study the petrological and geochemical features of mafic volcanic rocks are considered. Mafic volcanic rocks of the Hokuriku region consists of various types that have characteristic petrologic and geochemical features; tholeiitic volcanic rocks, calc-alkaline volcanic rocks, high-magnesia andesite and adakitic andesite (Takahashi and Shuto, 1999; Ishiwatari and Ohama, 1997).

The present study area is in the eastern part of the Miocene volcanic rocks. Volcanic rocks of this study area can be classified into four groups; Group-1 basalts, bulk rock chemical composition of group-1 indicate low SiO_2 (<53 wt %) composition and Nd and Ta depletion. Group-2 tholeiitic andesites, bulk rock chemical composition of group-2 indicate increasing FeO*/MgO ratio with increasing SiO_2. Group-3 calc-alkaline andesites, bulk rock chemical composition of group-3 indicate stable FeO*/MgO ratio with increasing SiO_2. Group-4 Hornblende-bearing andesites, Bulk rock chemical composition of group-4 indicate low FeO*/MgO ratio, high Sr, MgO, Cr, Ni concentration and low LILE and HFSE concentration. All types of volcanic rocks are distributed in Iwaine formation except in Fukuhira formation, only group-1 and group-2 are distributed.

The volcanic rocks of this study area can be classified two types by their isotopic features. First type have nearly bulk earth isotopic composition (SrI=0.7040-0.7060, NdI=0.5125-0.5129) whereas the second type have very enriched isotopic composition (SrI=0.7085-0.7100, NdI=0.5119-0.5125). In terms of rock types Groups-1 to 3 shows both the isotopic composition, whereas only group-4 rocks have only bulk earth isotopic composition.

Here, we focus on petrological and geochemical features, because these features of group-4 is different from other groups. Group-4 have hornblende, plagioclase, clinopyroxene and olthopyroxene phenocrysts. Pyroxene phenocrysts have a wide range of composition (Mg#= Cpx 70-86; Opx 69-85).

It is difficult to explain the petrological features of group-4 by crystallization differentiation of magma that formed group-1 to 3 rocks types. This study uses trace element composition of clinopyroxene phenocryst for magma genesis of group-4. The results indicate that the group-4 magma is a product of magma mixing of high Mg# magma that have adakitic signatures (Defant and Drummond, 1991) and low Mg# magma that have enriched isotopic signature. In general, adakitic volcanic rocks are formed by partial melting of subducted oceanic crust, and so adakitic magma usually have depleted isotopic composition like a subducted oceanic crust (MORB; Castillo, 2012). However, adakitic rocks in this study area has more

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

depleted isotopic signatures. Previous study indicated a model that involves the addition of sediment on subducted basaltic crust melt during slab melting (Sato et al., 2013). However, this model cannot explain the observed isotopic compositions. Therefore, this study proposes a model that involved an enriched component of magma mixing that resulted in the observed isotopic features.

In general, adakitic magma genesis needs heat source for slab melting. Previous studies suggest that heat source is hot asthenospheric upwelling preceding Japan sea opening (Takahashi and Shuto, 1999). Petrological features of group-4, for example, high MgO, Cr, Ni concentration are similar to bajaite (Rogers et al., 1985). Previous studies suggest that magma genesis of bajaitic magma result from ridge subducting (Tsuchiya et al., 1995). But this study area doesn’ t show evidence of ridge subducting. It is necessary to discuss from more various view point.

キーワード：北陸地域、アダカイト、島弧火成活動
Keywords: Hokuriku region, adakite, island-arc magmatism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Trace element and isotopic characteristics of high Nb basalts from Kyushu arc and back arc

*Bidisha Dey[1], Tomoyuki Shibata[1]

1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

Basalts and basaltic andesites from south-west Japan arc and Back arc region show signature of HFSE enrichment similar to high Nb basalts (HNB) and Nb enriched basalts (NEB) (i.e. Philippines, Castillo et al., 2007; Central America, Hastie et al., 2011).

We use previously published data from Kyushu basalts and basaltic andesites from both arc and back arc setting to compare the geochemical characteristics of these rocks. We observe that the rocks of our interest in this area, show a much higher Nb/Zr and Nb/Hf ratio than that of typical MORB values (0.032, Sun and McDonough, 1989) or of NE Japan arc (similar to MORB, Shibata and Nakamura, 1997). The samples from Kita-Matsuura area as reported by Sakuyama et al (2009, 2014) and Fukuejima- Goto island volcanoes (Uto et al., 2004; Hoang et al., 2013; Kuritani et al., 2017) also show significantly high Nb content, up to 50 ppm and 60 ppm respectively. This type of signature is more common to OIB type mantle than to MORB type mantle (Sun and McDonough, 1989); however, isotopic plots using Sr, Nd and Pb isotopic data in 2D and 3D space show that these rocks are not likely to be related to the enriched mantle (EM1, EM2) or the HIMU components and more likely to be related to MORB type mantle and a mixture with Philippine sea plate (PHS) sediments or slab melt as suggested by Shibata et al. (2014). Samples from Fukuejima islands show the same trend as arc rocks in Pb-Pb isotopic space despite not likely to be affected by PHS plate sediment or slab melt. This suggests that the mantle geochemistry beneath Kyushu is the product of mixing between MORB type mantle and slab or sediment like Pb isotope enriched component, which may have also contributed to the HFSE enrichment. The nature of this component is subject to further investigation.

Keywords: Kyushu basalts, High Nb basalts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of digestion methods for Molybdenum concentration analysis for geological materials

六鹿 悠[1]、*石川 晃[1]、横山 哲也[1]
Yu Mutsushika[1], *Akira Ishikawa[1], Tetsuya Yokoyama[1]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Molybdenum, one of redox-sensitive trace elements showing slightly chalcophile and moderately siderophile character, is recognized as a useful element for tracing chemical evolution of the Earth ranging from core-mantle differentiation to low temperatures surface processes. Despite this, determination of Mo concentration is frequently abandoned for the studies of rock samples dominated by silicate materials because formation of insoluble molybdenum oxides in hydrochloric (HCl) or nitric (HNO_3) acid solutions precludes accurate measurements of Mo concentration with ICP-MS in typical multi-element determination methods for other lithophile trace elements such as Rb, Sr, and rare earth elements (REE). Makishima and Nakamura (1999) and Lu et al. (2007) proposed that isotope-dilution ICP-MS (ID-ICP-MS) employing dissolution with hydrofluoric (HF) acid is a well-suited method for the simultaneous determination of Mo and other elements such as W, Sb and high-field strength elements (HFSE). However, most of these elements are hosted in acid resistant minerals such zircon and Cr-spinel in rock samples, high-temperature/pressure HF digestions with longer duration are sometimes required in order to achieve complete recovery of these elements. Here we develop a rapid and universal method for the determination of Mo in geological samples using ID-ICP-MS combined with fused-glass bead digestion (sample + lithium tetraborate). The fused-glass beads were properly dissolved into a diluted HF with spike solution. The optimized procedure and analytical capability using ICP-QMS with HF-resistant setting will be presented by showing results of replicate analyses for reference materials such as volcanic rocks (JB-1, JB-1a, JB-2, JB-3, JA-1, JA-1a, JA-2, JA-3, JR-1, JR-2, JR-3, BIR-1a, BCR-2, BHVO-2 and W-2a), plutonic rocks (JGb-1, JGb-2, WMG-1, JG-1, JG-1a, JG-2, JG-3 andJSy-1), ultramafic rocks (JP-1, JH-1, OKUM, GP-13 and UB-N), sedimentary rocks (SCo-1, SDo-1, Jdo-1, JLs-1, JCp-1, NIST694, JCh-1, JSd-1, JSd-2, JSd-3, JSl-1, JSl-2 and JLk-1) and ore-materials (JF-1, JF-2, JZn-1, JMn-1 and SARM32).

キーワード：モリブデン、誘導結合プラズマ質量分析、同位体希釈
Keywords: Molybdenum, ICP-MS, isotope dilution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

*fs*LA-ICPMS analysis of XRF glass beads

*常 青[1]、佐藤 智紀[2]、木村 純一[1]
*Q. Chang[1], T. Sato[2], J.-I. Kimura[1]

1. 国立研究開発法人・海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野、2. 国立研究開発法人・海洋研究開発機構・海洋掘削科学研究開発センター
1. Dept. Solid Earth Geochem., JAMSTEC, 2. R&D Center for Ocean Drilling Sci., JAMSTEC

Analysis of naturally heterogeneous rock samples by ICP-MS requires laborious sample preparation including acid/alkali digestion. Crystalline plutonic rocks or sediments remains as challenging analysis by ICP-MS because of the difficulty in complete digestion of acid resistant minerals which contain significant fraction of high field strength elements (HFSE) or rare earth elements (REE). We tested femto-second laser ablation (fsLA) ICP-MS analysis of glass beads prepared for X-ray fluorescence spectrometry (XRF). This method maintains benefits of no sample digestion by wet chemistry, high sensitivity, high sample throughput and low costs. A comprehensive examination of measurement parameters was made on wave length and repetition rate of the laser beam. Choice of internal standard and external calibration method were also examined. Using high-diluted glass beads (1:10 sample to lithium tetraborate ratio) and optimized in-house developed fsLA system coupled to a quadruple-type ICP-MS (iCAP Qs, ThermoFisher Sci.), the parameters and methods were validated by determining 48 elements including ten major (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P), refractory lithophile (Sr, Ba, REE and HFSE) and volatile (Ga, Rb, Cs, Tl, Pb) elements in well-established geological reference materials (GSJ JB-1, JG-1a, JG-2 and JR-1) and synthetic reference glasses (NIST SRM 612, USGS GSD-1G). Laboratory bias (or trueness by ISO 5725-1) for most elements was better than 10% when compared to the reference or consensus values. Poorly determined or failed elements were P, Sc, V, Ni, Sn, Sb, and W, whose data deviated from the reference values >20%. Volatile elements such as Rb, Cs and Ga showed no substantial loss; however, Tl and Pb exhibited always lower values suggesting their loss during fusion in the glass bead preparation. Repeatability and intermediate precision (ISO 5725-1) of all measured elements were better than 5–7% RSD except Cu, Sn, Sb, Cs and Tl which showed 10–40% RSD due to extremely low abundances or strong spectral interferences. The low limits of detection by this method were comparable to those obtained by solution ICP-MS for most elements of geochemical interests. Our results demonstrate that the fsLA-ICPMS using XRF glass bead can be used for rapid bulk-rock analyses of trace, minor and major elements.

キーワード：femto-second LA-ICP-MS、bulk analysis、XRF glass bead、 geological reference materials
Keywords: femto-second LA-ICP-MS, bulk analysis, XRF glass bead, geological reference materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:島 伸和、松野 哲男

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SVC38-30] これまでのKOBEC鬼界カルデラ航海・研究のまとめ

*島 伸和[1,2]、松野 哲男[2,1]、清杉 孝司[3,2]、清水 賢[2]、中岡 礼奈[2]、鈴木 桂子[2,1]、瀬戸 康友[1]、佐野 守[2]、森田 結子[4]、井和丸 光[2]、両角 春寿[2]、堀内 美咲[1]、西村 公宏[1]、市原 寛[5]、林 和輝[1]、廣瀬 時[1]、金子 克哉[1,2]、山口 寛登[4]、沖園 雄希[4]、杉岡 裕子[1,2]、中東 和夫[6,2]、山本 揚二朗[7]、香田 達也[2]、小平 秀一[7,2]、巽 好幸[2,1]、 深江丸「鬼界カルデラ探査航海」乗船研究者 (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環、4.神戸大学理学部惑星学科、5.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、6.東京海洋大学、7.海洋研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-31] 鬼界カルデラ・アカホヤ噴火の水中火砕流の分布

*清水 賢[1,2]、島 伸和[3,1]、中岡 礼奈[1]、松野 哲男[1,3]、清杉 孝司[5]、井和丸 光[1,2]、佐野 守[1,2]、西村 公宏[3]、鈴木 桂子[1,3]、金子 克哉[3]、山口 寛登[4]、堀内 美咲[3]、廣瀬 時[3]、林 和輝[3]、巽 好幸[1,3] (1.神戸大学　海洋底探査センター、2.日本海洋事業株式会社、3.神戸大学 大学院 理学研究科惑星学専攻、4.神戸大学 理学部惑星学科、5.神戸大学　自然科学系先端融合研究環)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-32] 火山ガラス組成に基づく鬼界カルデラ海底採取火山灰と幸屋火砕流堆積物の対比

*中岡 礼奈[1]、鈴木 桂子[1,2]、清水 賢[1]、巽 好幸[1,2]、金子 克哉[2,1]、清杉 孝司[3,1]、島 伸和[2,1]、松野 哲男[1,2]、西村 公宏[2]、林 和輝[2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-33] ROVによる鬼界カルデラ海底調査の予察的報告

*清杉 孝司[1]、鈴木 桂子[2]、両角 春寿[2,4]、巽 好幸[2]、金子 克哉[3]、中岡 礼奈[2]、佐野 守[2]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、島 伸和[3]、松野 哲男[2]、西村 公宏[3]、林 和輝[3]、堀内 美咲[3] (1.神戸大学先端融合研究環、2.神戸大学 海洋底探査センター 、3.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻 、4.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-34] 海底地震観測を用いた鬼界カルデラで発生する地震活動

*瀬戸 康友[1]、杉岡 裕子[2]、山本 揚二朗[3]、高橋 努[4] (1.神戸大学大学院　理学研究科　惑星学専攻、2.神戸大学理学研究科　惑星学専攻、3.海洋研究開発機構、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-35] 鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造探査

*松野 哲男[1,2]、廣瀬 時[2]、沖園 雄希[3]、島 伸和[2,1]、市原 寛[4]、杉岡 裕子[2,1]、巽 好幸[1,2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学理学部惑星学科、4.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター)

これまでのKOBEC鬼界カルデラ航海・研究のまとめ
Summary of Kikai submarine caldera researches conducted by KOBEC (Kobe Ocean-Bottom Exploration Center)

*島 伸和[1,2]、松野 哲男[2,1]、清杉 孝司[3,2]、清水 賢[2]、中岡 礼奈[2]、鈴木 桂子[2,1]、瀬戸 康友[1]、佐野 守[2]、森田 結子[4]、井和丸 光[2]、両角 春寿[2]、堀内 美咲[1]、西村 公宏[1]、市原 寛[5]、林 和輝[1]、廣瀬 時[1]、金子 克哉[1,2]、山口 寛登[4]、沖園 雄希[4]、杉岡 裕子[1,2]、中東 和夫[6,2]、山本 揚二朗[7]、香田 達也[2]、小平 秀一[7,2]、巽 好幸[2,1]、- 深江丸「鬼界カルデラ探査航海」乗船研究者
*Nobukazu Seama[1,2], Tetsuo Matsuno[2,1], Koji Kiyosugi[3,2], Satoshi Shimizu[2], Reina Nakaoka[2], Keiko Suzuki-Kamata[2,1], Yasutomo Seto[1], Mamoru Sano[2], Yuiko Morita[4], Hikaru Iwamaru[2], Haruhisa Morozumi[2], Misaki Horiuchi[1], Kimihiro Nishimura[1], Hiroshi Ichihara[5], Kazuki Hayashi[1], Toki Hirose[1], Katsuya Kaneko[1,2], Hiroto Yamaguchi[4], Yuki Okizono[4], Hiroko Sugioka[1,2], Kazuo Nakahigashi[6,2], Yojiro Yamamoto[7], Tatsuya KODA[2], Shuichi Kodaira[7,2], Yoshiyuki Tatsumi[2,1], Scientific party of T/S Fukae-maru Kikai caldera research cruises -

1. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2. 神戸大学海洋底探査センター、3. 神戸大学自然科学系先端融合研究環、4. 神戸大学理学部惑星学科、5. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、6. 東京海洋大学、7. 海洋研究開発機構
1. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Kobe Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 3. Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University, 4. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University, 5. Graduate school of environmental studies, Nagoya University, 6. Tokyo University of Marine Science and Technology, 7. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Kikai submarine caldera to the south of the Kyushu Island, SW Japan, had at least three eruptions at 140, 95 and 7.3 ka, and its collapse occurred at 7.3 ka during the latest supereruption (>500 $km^3$of magma) in the Japanese Archipelago. We have conducted series of research cruises using the T/S Fukae-maru in this caldera to understand the melt supply system for the supereruption through tracing past supereruptions, identifying current volcanic activities, and imaging current structure.

The surveys to trace past supereruptions include multi-channel seismic reflection (MCS) surveys, visual observation and sediments sampling using remotely operated vehicle (ROV; SHINDAI-2K), and land observation. The MCS surveys provide high resolution marine seismic reflection images, which are classified into seven seismic units characterized by distinctive seismic facies. We interpreted that the upper most seismic unit should be a candidate layer for Koya ignimbrite due to 7.3 ka Akahoya eruption, because the deposit from the Kagoshima mainland with regressive surface erosion on progradational HST (highstand system tract) locates beneath this seismic unit and the deposit probably corresponds to the last glacial period (18 ka) (Shimizu et al., this meeting). This interpretation is supported by the chemical composition of glass shard samples on the sea floor near the caldera wall, which were obtained by ROV divings. The chemical composition of the glass shards indicates characteristic bimodal SiO_2 contents, which consistent with unique characteristic for the Akahoya eruption (Nakaoka et al., this meeting). This seismic unit distributes around the caldera and its whole volume will be calculated to estimate reliable magma volume during the Akahoya eruption. Further, visual observation of the ocean bottom by ROV (Kiyosugi et al., this meeting) and land observation (Suzuki-Kamata et al., this meeting) suggest eruption styles of submarine volcanoes and ignimbrite deposition modes.

Current volcanic activities and structures are obtained using geophysical approaches. High volcanic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

activities are identified by five months of seismicity data using five ocean bottom seismometers (OBSs): 1100 volcanic tremor events with its fundamental frequency of 2 Hz, high frequency seismic events with obvious P and S arrival, and monochromatic variation events are detected beneath and/or around the caldera (Seto et al., this meeting). Imaging current structures are provided by multi-beam echosounder mapping with backscatter imaging, gravity analysis, and marine electromagnetic experiment. All these structures outside of the caldera wallshows asymmetric features between the trench side and the back-arc side. The backscatter images show rough morphological features in the back-arc side, suggesting recent local eruptions, in contrast with smooth morphology in the trench side. The gravity analysis indicates that thinner upper crust in the back-arc side than that in the trench side (Morita, 2019). The electromagnetic field variation data obtained by 10 ocean-bottom electro-magnetometers (OBEMs) observation allowed us to image a 3-D electrical resistivity structure, which also shows asymmetric feature at <5-10 km depths (Matsuno et al., this meeting). These asymmetric features between the trench side and the back-arc side suggest that Kikai submarine caldera formation is basically controlled by the subducting slab.

キーワード：鬼界カルデラ、巨大噴火、鬼界アカホヤ噴火
Keywords: Kikai Caldera, Supereruption, Akahoya eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鬼界カルデラ・アカホヤ噴火の水中火砕流の分布
Distribution of submarine pyroclastic-flow deposits of Akahoya eruption, Kikai caldera

*清水 賢[1,2]、島 伸和[3,1]、中岡 礼奈[1]、松野 哲男[1,3]、清杉 孝司[5]、井和丸 光[1,2]、佐野 守[1,2]、西村 公宏[3]、鈴木 桂子[1,3]、金子 克哉[3]、山口 寛登[4]、堀内 美咲[3]、廣瀬 時[3]、林 和輝[3]、巽 好幸[1,3]
*Satoshi Shimizu[1,2], Nobukazu Seama[3,1], Reina NAKAOKA[1], Tetsuo Matsuno[1,3], Koji Kiyosugi[5], Hikaru Iwamaru[1,2], Mamoru Sano[1,2], Kimihiro Nishimura[3], Keiko Suzuki-Kamata[1,3], Katsuya Kaneko[3], hiroto yamaguchi[4], Misaki Horiuchi[3], Toki Hirose[3], Kazuki Hayashi[3], Yoshiyuki Tatsumi[1,3]

1. 神戸大学　海洋底探査センター、2. 日本海洋事業株式会社、3. 神戸大学 大学院 理学研究科惑星学専攻、4. 神戸大学 理学部惑星学科、5. 神戸大学　自然科学系先端融合研究環
1. Ocean Bottom Exploraiton Center, Kobe University, 2. Nippon Marine Enterprises, Ltd., 3. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 4. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University, 5. Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University

Kikai caldera, most of which is submerged in the seawater of the south of the Kyusyu Island, southwest Japan, is the Quaternary active caldera volcano. Latest eruption accompanied by caldera collapse taken place in 7.3 ka is the biggest Holocene eruption in Japan Archipelago. The ash-fall known as Akahoya was spread to entire southwest Japan and the pyroclastic flow thought as a low-aspect ratio ignimbrite is distributed in subaerial parts of the surrounding islands 40-80 km away from the source. Such submarine caldera must supplied the products not only in air, but largely in the water which has not been identified yet.

In order to understand the distribution of the pyroclastic-flow deposits beneath the sea around Kikai caldera, we conducted high resolution marine seismic studies from 2016 to 2018 by T/V Fukae-maru. We identified the uppermost unit widely recognized around Kikai caldera as the pyroclastic-flow deposit associated with 7.3-ka Akahoya eruption from the seismic sequence stratigraphic analysis and glass composition of sediments. The uppermost unit, characterized by subparallel to hummocky configurations of high amplitude reflections, covers the slope fan and progradational deposits of shelf edge developed between the Kyusyu Island and Kikai caldera. These secondary deposits under the uppermost unit are interpreted to deposit around the last glacial by reason of the erosion structure seen on the top-lap surface of regressive clinoform at 120 m below current sea level. Since uppermost unit is deposited after the last glacial (18 ka) and shows consistent seismic facies around Kikai caldera, the unit is inferred as products of 7.3-ka eruption. This is supported by analysis of glass composition of the sediments sampled at the seafloors interpreted as the above seismic unit, which shows the bimodal geochemical characteristic of high SiO_2 glass shards and lesser amount of low SiO_2 glass shards by which Koya pyroclastic-flow deposits are characterized (Nakaoka et al., this meeting).

This uppermost seismic unit interpreted as pyroclastic-flow deposit represents Akahoya eruption is distributed with a thickness of ~50 m around Kikai caldera. It maintains a certain amount of thickness until it reaches the shelf edge of the Kyusyu and surrounding islands. At least 40 km radius circle around the caldera, this unit is recognizable in most of the area of the seismic profiles. This result shows that a large amount of volcanic materials are ejected not only in air rather in the water at 7.3-ka Akahoya eruption.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：カルデラ、火砕流堆積物、地震探査、層序学
Keywords: Caldera, Pyroclastic flow deposits, Sesimic survey, Sequence stratigraphy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火山ガラス組成に基づく鬼界カルデラ海底採取火山灰と幸屋火砕流堆積物の対比

Identification of submarine volcanic ash around the Kikai caldera with the Koya pyroclastic flow deposit inferred from glass composition

*中岡 礼奈[1]、鈴木 桂子[1,2]、清水 賢[1]、巽 好幸[1,2]、金子 克哉[2,1]、清杉 孝司[3,1]、島 伸和[2,1]、松野 哲男[1,2]、西村 公宏[2]、林 和輝[2]
*Reina NAKAOKA[1], Keiko Suzuki-Kamata[1,2], Satoshi Shimizu[1], Yoshiyuki Tatsumi[1,2], Katsuya Kaneko[2,1], Koji Kiyosugi[3,1], Nobukazu Seama[2,1], Tetsuo Matsuno[1,2], Kimihiro Nishimura[2], Kazuki Hayashi[2]

1. 神戸大学海洋底探査センター、2. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3. 神戸大学自然科学系先端融合研究環
1. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center, Kobe University, 2. Department of Planetology, Graduate School ofScience, Kobe University, 3. Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University

幸屋火砕流は約7300年前の鬼界アカホヤ噴火で鬼界カルデラの形成に伴い発生した大規模な火砕流である．鬼界カルデラは薩摩半島の南方約50 kmの海域に位置し，大部分は海底に存在するが，幸屋火砕流堆積物はカルデラ壁である竹島，薩摩硫黄島で厚く堆積する．また，40-60 km海を隔てた薩摩半島，大隅半島，種子島，屋久島，口永良部島にも薄く堆積している．幸屋火砕流堆積物は，陸上において，薩摩・大隅半島南部の広範囲に極めて薄く堆積していることから，拡散型大規模火砕流として報告されてきた（宇井，1973）．一方で，海上を流走し遠方に堆積する幸屋火砕流堆積物は，海上の流走距離の増加に伴い軽石最大粒径が減少することから，火砕流は海底に火砕物を落としながら海上を流走したと推定される（山根・鈴木，2017）．また海洋底探査センターによる反射法地震探査では，鬼界カルデラ周辺に複数の特徴的な岩相を持つユニットが確認でき（清水・他，2018），最上位のユニットが幸屋火砕流堆積物であると推定される．最上位のユニットは竹島・硫黄島周辺で広範囲に厚さ30 m程度，鹿児島湾周辺で厚さ10 m程度で堆積していることが確認できる．以上のことから鬼界カルデラ周辺の海底に幸屋火砕流堆積物は堆積していると予想されるが，陸上に分布する幸屋火砕流堆積物との対比は十分なされていない．本研究では，鬼界カルデラ周辺の海底面で採取した火山灰の火山ガラスについて化学組成測定を行い，陸上の幸屋火砕流堆積物中の火山ガラスとの比較検討を試みた．

試料は反射法地震探査でカルデラ壁や貫入岩体によって最上位のユニットが海底面付近に分布していると推定されるカルデラ壁周辺４地点と薩摩半島南部1地点の海底にRemote Operated Vehicle（ROV）を潜航し，海底面の観察を行い，吸引ノズルで火山灰サイズの粒子を採取した．採取した試料は超音波洗浄し，200 μm以下の粒子についてElectron Probe Micro Analyzer （EPMA）を用い火山ガラスの化学組成を測定した．

カルデラ壁周辺の海底火山灰の火山ガラスの化学組成は，SiO_2含有量が72-78 wt.%（高SiO_2ガラス）に集中し，またSiO_2含有量が64-68 wt.%の低い値を示す火山ガラス（低SiO_2ガラス）も含まれるバイモーダルな特徴を示すことが確認できた．低SiO_2の火山ガラスは藤原・鈴木（2013）で報告されており，鬼界カルデラ噴出物の火山ガラスおよび全岩化学組成の測定結果から幸屋火砕流堆積物の特徴であると考えられるため，鬼界カルデラ周辺の海底は幸屋火砕流堆積物起源の火山灰で覆われていると推定される．また，薩摩半島南部の海底で採取した試料においても幸屋火砕流堆積物と対比できる化学組成の火山ガラスが少量含まれていることが確認できた．これらの結果は，反射法地震探査で鬼界カルデラ周辺に幸屋火砕流堆積物と推定されるユニットが最上位に厚く広範囲に堆積していることと調和的である．幸屋火砕流の給源近傍で厚さ20 mで堆積する竹島での低SiO_2ガラスの含有量の垂直方向変化を見ると，噴火初期は高SiO_2ガラスのみが含まれ，噴出後間もない段階（全層厚の約10 %）で低SiO_2ガラスの混合が開始し，その含有量は10%以上に達する．一方，海を渡った火口遠方の主な露頭でも，下位は高SiO_2ガラスのみ含み，上位に向かい低SiO_2ガラスが混合する傾向か見られ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

るが，その最大含有量は5%以下と小さい．海底火山灰の低SiO_2ガラスの含有量はカルデラ壁周辺の全地点で10%を超える．火山灰サイズの粒子について密度差による流走中の沈積効果の違いは小さいと考えられる（中岡・鈴木，2018）．したがって，幸屋火砕流は噴火開始から低SiO_2ガラスの混合が始まるまで海を渡り遠方に到達したが，低SiO_2の含有量が増加し10%を超える頃には噴火の勢いが弱まり遠方に到達せず海底に堆積した可能性が考えられる．

キーワード：鬼界カルデラ、幸屋火砕流
Keywords: Kikai caldera, Koya pyroclastic flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ROVによる鬼界カルデラ海底調査の予察的報告
Preliminary report of the sea floor survey by a remotely operated vehicle (ROV) at the Kikai caldera, SW Japan

*清杉 孝司[1]、鈴木 桂子[2]、両角 春寿[2,4]、巽 好幸[2]、金子 克哉[3]、中岡 礼奈[2]、佐野 守[2]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、島 伸和[3]、松野 哲男[2]、西村 公宏[3]、林 和輝[3]、堀内 美咲[3]
*Koji Kiyosugi[1], Keiko Suzuki-Kamata[2], Haruhisa Morozumi[2,4], Yoshiyuki Tatsumi[2], Katsuya Kaneko[3], Reina NAKAOKA[2], Mamoru Sano[2], Satoshi Shimizu[2], Hikaru Iwamaru[2], Nobukazu Seama[3], Tetsuo Matsuno[2], Kimihiro Nishimura[3], Kazuki Hayashi[3], Misaki Horiuchi[3]

1. 神戸大学先端融合研究環、2. 神戸大学 海洋底探査センター 、3. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻 、4. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
1. Organization for Advanced and Integrated Research, Kobe University, 2. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center, Kobe University, 3. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 4. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

海底火山は火山学のフロンティアの1つである．多くの海底火山の存在が知られている一方，それらのほとんどでは調査が進んでいない．神戸大学海洋底探査センター（KOBEC）では，カルデラの構造と噴火様式の理解のため，鬼界カルデラでの調査を2016年から実施している．九州島の南約45kmに位置する鬼界カルデラでは，カルデラ縁の北部に位置する二つの島以外のカルデラ構造の大部分が海中に存在している．鬼界カルデラは外側カルデラ（幅19km，長さ24km）と内側カルデラ（幅15km，長さ17km）の二重カルデラ構造を持つ．少なくとも内側カルデラは約7300年前に発生した巨大噴火によって形成されたと考えられる．カルデラの崩壊後，内側カルデラの内部には巨大な流紋岩質溶岩ドーム（～32km^3）が形成されたことがわかっている（Tatsumi et al., 2018）．

ROV（remotely operated vehicle）は母船に接続されたケーブルを通して電力供給および信号伝送を行う水中ロボットである．KOBECでは，海底の物質を観察・採取するため，2016年にROV（SHINDAI-2K）を導入した．本発表では鬼界カルデラ内の以下の３カ所（８地点）で行った９回の潜航調査の予察的結果を報告する．

外側カルデラでは北東縁の２か所で調査を行った．この内の1地点ではカルデラ壁に緻密で角張った塊状岩体が露出していることが観察された．この地点において安山岩質の転石が得られたことから，反射法地震探査で推定された火成岩の存在が確認できたと考えられる．また，もう一つの地点では砂質の海底面が見られた．ROVでサンプリングした堆積物を分析した結果，カルデラ噴火によって放出された火山ガラスの存在が確認された．

内側カルデラ周辺部では2回の潜航調査を実施した．内側カルデラ北東部のカルデラ壁では，塊状で切り立った露頭において幅数㎝の水平な縞状構造を持つ緻密な泥岩が見られた．一方，内側カルデラの南東部では海底が砂質や泥質の堆積物で覆われていることが観察された．この堆積物からもカルデラ噴火によって放出された火山ガラスが確認された．またこの地点では発泡した溶岩ブロックが点在している様子が観察された．これらのブロックの表面には細かい割れ目が発達しており，高温の噴出物が海水によって急冷されたことを示唆している．

溶岩ドームでは4回の潜航調査を実施した．その概要は，Tatsumi et al（2018）によって既に報告されている．溶岩ドームの表面の大部分は数m程度の大きさの発泡した溶岩ブロック（枕状溶岩ローブ; Tatsumi et al., 2018）で覆われていることが観察された．これらのブロックの表面にも急冷構造が確認された．溶岩ドーム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東側山麓の地形調査によってガリー状の地形が観察された地点では，比較的ち密で角張った急冷溶岩ブロックが観察された．また，サイドスキャンソナー探査によって熱水の放出が示唆された溶岩ドームの北側山麓では少量のガスが放出されていることがROV調査の結果確認された．

ROVを用いた目視観測と堆積物サンプリングによって，海底火山の噴火史と噴火様式を理解するための貴重な情報が得られる．我々の予備的な観察結果から以下のことがわかった．（１）鬼界カルデラでは溶岩ドームからの距離が増加するとともに，溶岩ブロックの量と大きさが減少することから，これらのブロックの起源が溶岩ドームであることが示唆される．（２）少なくとも鬼界カルデラ内の一部には基盤岩が露出している．（３）カルデラ縁に位置する2つの島に露出している古い火山体と同様に，カルデラ崩壊によって海底部の古い火山体が切られ，それらの山体の一部が外側カルデラのカルデラ壁に露出している．これらの結果および今後のROV調査によって海底火山の噴火史についての新しい知見が得られると期待される．

キーワード：海底火山、カルデラ火山、鬼界カルデラ、ROV
Keywords: Submarine volcanoes, Caldera volcanoes, Kikai caldera, ROV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底地震観測を用いた鬼界カルデラで発生する地震活動
Seismic activity beneath Kikai Caldera by using Ocean Bottom Observation

*瀬戸 康友[1]、杉岡 裕子[2]、山本 揚二朗[3]、高橋 努[4]
*Yasutomo Seto[1], Hiroko Sugioka[2], Yojiro Yamamoto[3], Tsutomu Takahashi[4]

1. 神戸大学大学院　理学研究科　惑星学専攻、2. 神戸大学　理学研究科　惑星学専攻、3. 海洋研究開発機構、4. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Department of Planetology, Kobe University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Research and Developement Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

鬼界カルデラは鹿児島県南部海域に位置する海底カルデラで，火山フロント上に位置する．鬼界カルデラは約7300年前の巨大噴火以降，大規模な溶岩ドーム（～32 km^3）が形成されたことが最近明らかにされた（Tatsumi et al., 2018）．

2016年10月に実施された深江丸航海中に，カルデラ内の最深部に短周期海底地震計（OBS）5台を設置し，約5ヶ月間の連続観測を行った．その結果，観測期間中において約1100イベントの火山性微動（基本周波数～2Hz）が検出され，カルデラ直下において極めて高頻度で発生していることが判った．また，この火山性低周波微動の他に5Hz以上が卓越する火山性高周波地震（32イベント）と多数のモノクロマティック微動が検出されたが，近傍の薩摩硫黄島の陸上観測点ではこれらの火山性地震に対応するシグナルは検出されていない．

一般に火山は通常の地殻に比べ，強い不均質性を持っており，地震波はそのランダム不均質構造によって散乱や回折の影響を受けて観測点に伝播する．実際，鬼界カルデラ内で検出されたモノクロマティック微動は、海中無人探査機の高性能カメラによって熱水活動が観察された場所の近傍の観測点のみに検出されるなど、火山体内部の強い３次元不均質構造を示唆するものであった．そのような3次元不均質媒体を伝播する地震波の解析には振幅エンベロープによる手法が用いられてきた．本研究ではTakahashi et al. (2007)に基づき，S波の到着からS波エンベロープの最大振幅までの遅延時間（ピーク遅延時間）に着目した手法を1100の低周波地震と32の高周波地震に適用した．

まず，高周波地震と一部の低周波微動についてはP波，S波が明瞭に記録されており，それらの立ち上がり時刻を読み取り，震源決定を行った．震源は深さ10 kmで二分して分布し，そのうち浅部の地震の殆どが溶岩ドーム内に存在することがわかった．また，同イベントに対して，2-4, 4-8, 8-16, 16-32 Hzのバンドパスフィルターをかけ，各周波数帯のRMSエンベロープ波形を作成し，ピーク遅延時間を測定した．本発表では，得られたピーク遅延時間の特徴を議論する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造探査
An investigation of three-dimensional electrical resistivity structure under Kikai Caldera

*松野 哲男[1,2]、廣瀬 時[2]、沖園 雄希[3]、島 伸和[2,1]、市原 寛[4]、杉岡 裕子[2,1]、巽 好幸[1,2]
*Tetsuo Matsuno[1,2], Toki Hirose[2], Yuuki Okizono[3], Nobukazu Seama[2,1], Hiroshi Ichihara[4], Hiroko Sugioka[2,1], Yoshiyuki Tatsumi[1,2]

1. 神戸大学海洋底探査センター、2. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3. 神戸大学理学部惑星学科、4. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター
1. Kobe Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 3. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University, 4. Graduate school of environmental studies, Nagoya University

私たちはこれまで、南西日本の海底にある鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造（もしくは電気伝導度構造）を明らかにするため、電磁気学的な探査を行ってきた。電気比抵抗値は、海底下の地殻や上部マントルの温度構造、部分溶融帯（もしくはマグマ）や流体の存在により大きく変化する。そのため、鬼界カルデラ下の電気比抵抗構造を明らかにすることにより、このカルデラ下の地殻・上部マントル中のマグマ溜まりの分布、カルデラの火山構造や活動度について重要な知見を得ることができる。本研究の電磁気学的探査は、神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船「深江丸」により2016年10月から行っている鬼界カルデラ総合探査の一環として行っている。年2回の探査航海により、海底電位差磁力計(OBEM)を、場所を変えて設置と回収を繰り返し行い、3次元の電気比抵抗構造を解明するために有効なデータを取得している。これまで13の観測点に機器を設置し、10観測点で解析に有効なデータを得ている。これら10観測点は海底の鬼界二重カルデラ域のおよそ13 km ×16 kmの範囲をカバーしており、観測点間隔はおよそ5-10 kmほどである。海底電位差磁力計は、海底での電磁場の時間変動を8 Hzと60 sのサンプリング間隔で測定・記録している。同時に、機器の傾斜と温度も測定・記録している。観測時系列データには、海底において機器が振動していると考えられる期間が見られた。この振動の原因は、この海域付近の黒潮流と島々間の強い海流、火山域の溶岩からできる凹凸の激しい海底上での海底機器の不安定な設置状況によると考えられる。このような観測データを注意深く調べ、使用するデータ期間を選択し、最終的に10の観測点において周期21 sから8192 sのMT(MagnetoTellurics)応答関数をBIRRPプログラム[Chave and Thomson, 2004]を使用して推定した。推定したMT応答関数を用い、3次元の電気比抵抗構造をUsui et al. [2018]のインバージョンプログラムにより推定した。MT応答関数に強い地形効果を及ぼす可能性のある観測点周辺の海底地形の起伏は、インバージョンモデルの中に四面体メッシュで組み込んだ。暫定的な3次元インバージョンモデル（データとモデル計算値のRMSミスフィットは~1.7）は、深さ5-10 kmより浅い部分では3-10 Ω-mの高電気伝導度で、その厚さは西側ほど薄く東側ほど厚いという特徴を示す。一方、さらに深部の10-30 kmの深さでは、30-300 Ω-mのより低電気伝導度の領域が広がるという特徴を示す。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:大場 武、寺田 暁彦

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SVC38-36] 箱根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、西野 佳奈[1]、沼波 望[1]、代田 寧[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、鋤柄 千穂[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.神奈川県環境科学センター、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-37] 霧島硫黄山火山ガスの化学組成および安定同位体比

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、外山 浩太郎[3]、角野 浩史[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、新宮原 諒[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.東京大学大学院　総合文化研究科　広域科学専攻、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-38] 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変化

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、秋山 良秀[1]、相澤 広記[4]、塚本 果織[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁気象研究所、4.九州大学　大学院理学研究院附属　地震火山観測研究センター)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-39] 草津白根火山・湯釜火口周辺における土壌水銀放出帯

*寺田 暁彦[1]、水谷 紀章[1] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-40] Magnetotelluric images of Kusatsu-Shirane volcano, revisited by 3-D modeling with tetrahedral elements considered topography effect

*Kuo Hsuan Tseng[1]、Yasuo Ogawa[1]、Nurhassan .[2]、Sabri Bulent Tank[3]、Akihiko Terada[1]、Wataru Kanda[1]、Masato Fukai[1] (1.Tokyo Institute of Technology、2.Bandung Institute of Technology, Indonesia、3.Bogazici University, Turkey)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-41] 広帯域MT法データから推定される阿蘇火山のマグマ供給系と浅部熱水系

*松島 喜雄[1]、宇津木 充[2]、高倉 伸一[1]、山崎 雅[1]、畑 真紀[3]、橋本 武志[4]、上嶋 誠[3] (1.産総研地質調査総合センター、2.京都大学、3.東京大学、4.北海道大学)

箱根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化
Time variation in the chemical and isotopic composition of fumarolic gases at Hakone volcano Japan

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、西野 佳奈[1]、沼波 望[1]、代田 寧[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、鋤柄 千穂[4]
*Takeshi Ohba[1], Muga Yaguchi[2], Kana NISHINO[1], Nozomi Numanami[1], Yasushi DAITA[3], Urumu Tsunogai[4], Masanori Ito[4], Chiho Sukigara[4]

1. 東海大学理学部化学科、2. 気象庁気象研究所、3. 神奈川県環境科学センター、4. 名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻
1. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 2. Meteorological Research Institute, JMA, 3. Kanagawa Environmental Research Center, 4. Nagoya University Graduate School of Environmental Studies

火山ガス，火山灰, 温泉水等のマグマや熱水系から放出される物質を分析対象とする地球化学的な観測手法は, 水蒸気噴火の予測や熱水系の構造解明に対し有効な手段の一つである.箱根山では2015年4月下旬に群発地震が始まり，6月末に水蒸気爆発に至った過程で, 群発地震の発生に先行し，火山ガス中の水の安定同位体比が低下し, 地震数の増減に同期するCO2/H2O比の変動が観測された. さらに2015年6月末の噴火で放出された火山灰を分析し，その構成鉱物種や付着した熱水成分のCl/S比等を指標として当該火山灰の起源深度が地下約350-500mよりも浅部であると推定された. 箱根火山は数年毎に群発地震やそれに伴う噴気異常を繰り返しており, 継続的な火山ガスの地球化学的観測により群発地震の発生機構の解明や推移の予測手段が確立できると期待される.

箱根山の中央火口丘に発達する地熱地帯である大涌谷と上湯場で，自然に放出している噴気（それぞれをT，Sとする）を毎月採取・分析し，以下の結果を得た．2017年10月頃にTのCO2/H2S比は最大値に達し，その後2019年1月にかけてなだらかに減少する傾向を示した．TではHe/CH4比についても同様な傾向が見られた．SのCO2/H2S比は，2018年2月から2019年2月までほぼ一定の値を維持したが，2018年11月に一度低下が見られた．SのHe/CH4比は，Tと同様に2018年に低下傾向が見られたが，低下の速度はTよりも緩やかであった．これらの比の分子であるCO2やHeは脱ガスするマグマに由来し，分母のH2SやCH4は熱水系に由来する．よって2018年に観測されたCO2/H2S比およびHe/CH4比の低下傾向は，マグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量が低下傾向であったことを示している．この原因としては，マグマを取り囲むシーリングゾーンの発達が考えられる．2018年のCO2/H2S比およびHe/CH4比の低下傾向は2019年に入り，解消される兆しが見える．TとSのCO2/H2S比は2019年1月から2月にかけて，わずかに上昇した．これに対応するように2019年1月24日に箱根山で軽微な群発地震が観測された（神奈川県温泉地学研究所HPより）．

TとSのN2/He比は2018年から2019年にかけて低い値を維持したが，Tの2019年1月は例外的に高い値を示した．N2は大気に由来する成分であり，噴気にN2が増加することは，浅部熱水系の流体圧が低下し，大気の混入が一部発生したことを示している．2015年の4月末から始まった群発地震の直前にもN2/He比の上昇が観測されており，マグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量の低下が原因として考えられているので，2018年も同様な現象が発生したと推定される．TとSに含まれるH2OとH2の水素同位体比を組み合わせて見かけ平衡温度（AETD）を計算することができる．この値の群発地震に先行する低下現象が2014年と2017年に観測されている．2018年の初頭から10月にかけて，特にSについてAETDが低下しつつある．これは群発地震の前兆である可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島硫黄山火山ガスの化学組成および安定同位体比
Chemical and isotopic composition of volcanic gases at Mt Kirishima Iwoyama, Japan

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、外山 浩太郎[3]、角野 浩史[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、新宮原 諒[4]
*Takeshi Ohba[1], Muga Yaguchi[2], Kotaro Toyama[3], Hirochika Sumino[3], Urumu Tsunogai[4], Masanori Ito[4], Ryo Shingubara[4]

1. 東海大学理学部化学科、2. 気象庁気象研究所、3. 東京大学大学院　総合文化研究科　広域科学専攻、4. 名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻
1. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 2. Meteorological Research Institute, 3. The University of Tokyo Graduate School of Arts and Sciences Department of Basic Science, 4. Nagoya University Graduate School of Environmental Studies

【序】

霧島硫黄山では，2015年12月に山頂付近で噴気が出現し2017年5月には噴気の放出が急激に盛んになった．さらに2018年4月には小規模な水蒸気噴火が発生した．火山ガスはマグマから脱ガスした成分を含み，火山活動の評価に有用である．本研究では，2015年12月から2019年1月にかけて，霧島硫黄山で噴気を繰り返し採取・分析した．これらの試料の化学組成および安定同位体比の変動と最近の火山活動との関係を考察する．

【噴気の採取・分析】

霧島硫黄山山頂付近の３か所で噴気a，b，cを採取した．噴気aの位置は，2015年12月に噴気が出現した場所で，噴気bは噴気aから40m程度南に位置する．噴気cは噴気aから南南西の方向に200m程度離れている．噴気の出口温度は水の沸点に近く，噴気の放出圧力は低かった．噴気の放出に大きな音は伴わなかった．KOH水溶液を封入し内部を脱気したガラス瓶（Giggenbach bottle）による採取，ヨウ素溶液による洗気，凝縮器による噴気凝縮液採取を行い，それらの分析結果を組み合わせ，噴気の全化学組成と水の安定同位体比を決定した．

【結果・考察】

噴気aのSO2/H2S比は2018年5月から10月にかけて急激に低下したが，2019年1月に再び上昇した．噴気bでも2018年10月から2019年1月にかけて上昇が観測された．3つの噴気全てに2018年10月から2019年1月にかけてH2Oの酸素同位体比の上昇が見られた．3つの噴気全てで，CO2/H2O比は2018年10月から2019年1月にかけて大きく低下した．3つの噴気でH2S/H2O比は2018年10月から2019年1月にかけて僅かに低下した．

一般にCO2はマグマに起源する成分，H2Sは熱水系に起源する成分とされ，浅部熱水系に対するマグマ起源ガスの流量が増大するとCO2/H2S比は上昇する．草津白根山や箱根山では噴気のH2S/H2O比が時間的に安定しており，CO2/H2S比はマグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量の良い指標となる．霧島硫黄山噴気のH2S/H2O比は変動が激しく，草津白根山や箱根山とは状況が異なる．さらに噴気毎の振る舞いにも統一性が見られない．例えば， 2018年1月から3月にかけて，噴気aのH2S/H2O比はほとんど変化しなかったが，噴気b，cでは大きく低下した．2018年3月から5月にかけて噴気aではH2S/H2O比は大きく低下したが，噴気cでは逆に上昇した．このようにH2S/H2O比の変化は噴気の間で協調しておらず，H2S/H2O比変化の原因は局所的であると考えられる．このため，霧島硫黄山では噴気のCO2/H2S比をマグマ性CO2の熱水系に対する流量

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

の指標として用いることは適当でないと考えられる．霧島硫黄山では2015年12月以前では噴気の放出は見られず，浅部熱水系は活動していなかったと推定される．霧島硫黄山噴気のH2S/H2O比が大きく変動するのは，浅部熱水系の発達が不十分であることが理由として考えられる．

噴気のSO2/H2S比は2018年1月に低い値であったが，噴火の直前に当たる2018年3月に急上昇している．しかもSO2/H2S比の上昇は3つの噴気で協調している．この時，H2OとH2の水素同位体比を組み合わせて計算される見かけ平衡温度（AETD）は，噴気a，bでマグマ温度に近い値まで急激に上昇した．SO2/H2S比とAETDの上昇は2017年5月にも起きている．この時期，噴気の放出量が増大し，極めて勢いの強い噴気が出現していた．H2Oの酸素同位体比は大まかには3つの噴気で協調して変動している．2018年4月の噴火の直前である3月に酸素同位体比は噴気a，bで極大値に達していた．またSO2/H2S比が高い2017年5月に噴気aで高い酸素同位体比が観測されている．SO2/H2S比と酸素同位体比を合わせて考慮すると，2017年5月には2018年4月に類似した火山活動が起きており，いわゆる噴火未遂の状態であった可能性が高い．

SO2/H2S比と酸素同位体比について，2018年10月と2019年1月の値を比較すると，噴気a，bでは協調して上昇している．噴気cで酸素同位体比は上昇したものの，SO2/H2S比は低い値を維持している．SO2/H2S比と酸素同位体比の上昇は2018年1月から3月にかけて起きており，その直後に水蒸気噴火が発生している．霧島硫黄山では今後火山活動の活発化が推定される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変化
Temporal and spatial variations of helium isotope ratios in volcanic gases in Kirishima volcanic group, Japan

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、秋山 良秀[1]、相澤 広記[4]、塚本 果織[4]
*Kotaro Toyama[1], Hirochika Sumino[1], Kaori Kawana[1], Takeshi Ohba[2], Muga Yaguchi[3], Yoshihide Akiyama[1], Koki Aizawa[4], Kaori Tsukamoto[4]

1. 東京大学　大学院総合文化研究科 広域科学専攻　相関基礎科学系、2. 東海大学　理学部化学科、3. 気象庁気象研究所、4. 九州大学　大学院理学研究院附属　地震火山観測研究センター
1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 3. Meteorological Research Institute, 4. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

In Kirishima volcanic group in Kyushu, Southwest Japan, Shinmoe-dake is an active volcano and erupted in 2008, 2011, 2017 and 2018, and Iwo-yama also erupted in 2018. For the volcanic disaster preservation, forecasting the timing of the volcanic eruption is required. It is known that the temporal variations in chemical and isotopic compositions of volcanic gases are useful to evaluate the present state of volcanic activity [1]. Especially, helium isotope ratio ($^3He/^4He$) exhibits unique values corresponding to the origin (e.g., 7-8 Ra in the mantle and about 0.02 Ra in the crust, where 1 Ra denotes atmospheric $^3He/^4He$ ratio of 1.4×10^{-6} [2]). Some studies have reported pre-eruptive $^3He/^4He$ anomalies, suggesting the increase of the magmatic helium supply into the hydrothermal system preceding eruption [1, 3, 4].

We report spatial and temporal variations of $^3He/^4He$ ratios of fumaroles and hot spring gases collected from 10 sites in Kirishima volcanic group during 2016 to 2018. The measured $^3He/^4He$ ratios were corrected for atmospheric contamination based on $^4He/^{20}Ne$ ratios. The air-corrected $^3He/^4He$ ratios (6.8 to 7.7 Ra) of the central craters in the active volcanos (i.e., Iwo-yama and Shinmoe-dake) are higher than those (4.3 to 5.3 Ra) of the other sites. These $^3He/^4He$ ratios decrease with the increase of the distance from the magma reservoir, location of which is estimated as pressure source of crustal deformation associated with the 2011 Shinmoe-dake eruption, to each sampling site. This trend reflects that the contribution of radiogenic ^4He in old groundwater increases with migration distance of the gas from the magma to the site [5].

The $^3He/^4He$ ratios of fumaroles in Iwo-yama slightly increase before Shinmoe-dake eruptions, and decrease after the eruption. This variation cannot be accounted for by the contribution of the radiogenic ^4He relative to total helium in the fumaroles before and after the eruptions, because it is estimated that the amount of radiogenic ^4He which volcanic gas can acquire during its migration from magma to the surface is negligible. Alternatively, the variation results from the change in mixing ratio of gases derived from two reservoirs having high and low $^3He/^4He$ ratios. Assuming that the magma chamber has high $^3He/^4He$ ratio, the increase of $^3He/^4He$ ratios of the fumaroles before the eruption would be resulted from increase of the supply of the gas from the chamber to the Iwo-yama fumaroles. Once an eruption occurs at Shinmoe-dake, magmatic gas is effectively released through the volcanic vent, resulting in decrease of its supply to the Iwo-yama fumaroles. Thus, the temporal variation of $^3He/^4He$ ratios in volcanic gases may reflect the pressure variation of the magma chamber.

References: [1]Paonita et al. (2016) Geol.; [2] Ozima and Podosek (2002) Noble Gas Geochemistry.; [3] Padrón et al. (2013) Geol.; [4] Sano et al. (2015) Sci. Rep.; [5] Sano et al. (1994) Appl. Geochem.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：霧島火山群、ヘリウム同位体比、火山ガス、時空間変化、火山噴火
Keywords: Kirishima volcanic group, Helium isotope ratios, Volcanic gas, Temporal and spatial variations, Volcanic eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

草津白根火山・湯釜火口周辺における土壌水銀放出帯
Emission regions of gaseous elemental mercury around Yugama crater lake at Kusatsu-Shirane volcano, Japan

*寺田 暁彦[1]、水谷 紀章[1]
*Akihiko Terada[1], Noriaki Mizutani[1]

1. 東京工業大学理学院火山流体研究センター
1. Volcanic Fluid Research Center, Faculty of Science, Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

草津白根火山は，近年は水蒸気爆発を繰り返す火山として知られている．一般に，火口周辺の地下数 100 m程度には熱水が存在する．このような熱水へ高温火山ガスが注入されることで地下浅部における熱・エネルギーの均衡が崩れ，熱水が急激に気化・膨張することが，水蒸気爆発の発生機構の一つとして挙げられる．

火口周辺に伏在する熱水は，粘土等で構成される不透水性のキャップロックに覆われていることが多い．その形成過程やその後の噴火活動等を反映して，キャップロックは力学的に不均質である．そのようなキャップロックの力学的な不均質性を明らかにして，過去の噴火発生場所と比較することは，水蒸気爆発発生機構を検討するばかりでなく，将来の噴火発生場所を予測するために重要である．

草津白根火山は，1805年以来，水蒸気爆発を繰り返してきた活動的火山である．当地の熱水やキャップロックの位置は，電磁気学的手法に基づく地下構造調査（MT 探査）から示唆されている．しかし，MT 探査における空間分解能は数 100 m 程度であるのに対し，近年，火口周辺で発生した水蒸気爆発の火口列は幅数 10 m 程度である．そのため，キャップロックの不均質と噴火割れ目との関係は不明である．特に，同火山・白根火砕丘南側斜面には観光客が訪れるため，地下浅部構造の詳細は防災上重要である．

2. 水銀放出率測定手法の適用

本研究では，土壌ガスとして地上へ放出される揮発性成分の1つである単体の気体水銀（以下，GEM）の面的分布に注目した．深部から上昇した水銀種は，その大半が GEM として地下浅部の熱水系の気相に分配される．また，熱水系周辺に存在する変質鉱物に含まれる水銀は，熱水系の温度変化に鋭敏に応答して揮発して大気へ放出される．このような GEM は，周囲よりも透水性の高い破砕帯を優先的に経由し地上へ放出されるであろう．そのため，GEM 放出率分布は地下浅部透水係数の不均質を反映していることが期待される．

3. 測定方法

本研究では，従来よりも短時間で多点観測可能な非循環系 Dynamic Flux Chamber 法を構築した．測定は，直径 7 cm のポリプロピレン製の半円筒容器を地表面に被せることで行う．すなわち，一定時間内に地表面から揮発した水銀を含む容器内部の空気を，原子吸光法を原理とした GEM 濃度測定装置へ導入する．本装置では，GEM を金アマルガム法により濃縮することで低濃度を精度よく測定する．得られた GEM 濃度は，本研究で構築した簡単な数値モデルを用いて単位時間・面積あたりの GEM 放出率へ変換される．

測定は，草津白根山周辺の合計81点において2017年9月10 - 14日，および2018年8月30日 - 9月13日に行った．白根火砕丘南側斜面については約 100 - 200 m 間隔で8本の東西測線を設定し，合計64点で測定した．このほか，同地域における平均的な GEM 放出率を検討するため，火口から最大 6 km 程度離れた場所に観測点を設けて17点で測定した．

4. 結果と議論

得られた GEM 放出率の範囲は 0.8 - 67×10^{-3} ng/m^2/s，中央値は 3.1×10^{-3} ng/m^2/s である．この範囲は，世界各地の火山熱水系周辺で測定された GEM 放出率の値の範囲に概ね一致する．白根火砕丘南側斜面では，水釜南部から南西・南東方向に伸長する高 GEM 放出率帯が初めて観測された．これらの領域の GEM 放

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

出率は白根火砕丘周辺の背景値より約10倍高い．

湯釜火口湖から南西方向へと伸びる高放出率帯（A）は過去の火口列（割れ目）の位置に一致するほか， MT探査から示唆される地下構造の不連続にも矛盾しない．すなわち，Aは地下の破砕帯を反映していると思われる．一方，南東方向へ伸びる高放出率域（B）には対応する火口列が確認できない．過去の噴火記録によれば，湯釜内部にはBと同じ北西－南東方向の割れ目が出現したことがある．すなわちBも伏在した破砕帯に対応すると考えられる．地表面で火口列が確認されないのは，この領域が過去の噴出物に厚く覆われているためであろう．このBの南東端は湯釜火口中心から 700 m 離れた国道付近まで伸びており，Bは将来的に水蒸気爆発を起こし得る領域として留意する必要がある．

本研究を行うにあたり，文部科学省科研費・基盤研究(B)（18H01290）を使用しました．

キーワード：単体気体水銀、草津白根火山、熱水系、水蒸気噴火
Keywords: Gaseous elemental mercury, Kusatsu-Shirane volcano, Hydrothermal system, Phreatic eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetotelluric images of Kusatsu-Shirane volcano, revisited by 3-D modeling with tetrahedral elements considered topography effect

*Kuo Hsuan Tseng[1], Yasuo Ogawa[1], Nurhassan .[2], Sabri Bulent Tank[3], Akihiko Terada[1], Wataru Kanda[1], Masato Fukai[1]

1. Tokyo Institute of Technology, 2. Bandung Institute of Technology, Indonesia, 3. Bogazici University, Turkey

Mount Kusatsu-Shirane, Japan, is an active volcano with temporary phreatic eruptions. The distribution of subsurface conductor was previously inferred with 2-D inversion of magnetotelluric data which considered the topography effect. We combine the magnetotelluric data from 94 stations which were investigated in 2001-2002 and 8 stations which were investigated in 2017-2018 for inverse modeling. The stations were located on the volcano, mostly around Yugama crater. We selected the data by 15 frequencies for the 3-D inverse modeling. The model was calculated by FEMTIC (Usui, 2015; Usui et al., 2017), considering the topographic effect.

The final model presents two major electric conductive structures. A 0.5-3 ohm-m conductive structure with 500-1000 meters thickness is located at 300 meters depth, beneath Yugama crater and extend to the east slope of Kusatsu-Shirane volcano until Sesshogahara fumarole field. Another conductor at the west of Yugama crater has 600-1000 meters thickness at 1500-2000 meters depth.

Comparing the final model with microseismic data, most of the hypocenters are under a low conductive (<2 ohm-m) structure beneath Yugama crater. This conductive structure infers a hydrothermal deposit of volcano, which cut-off the seismicity as a cap rock. At the north of Mizugama crater, a high resistivity structure at the edge of conductor infers the path of fumarole. The deep conductor between Kusatsu-Shirane volcano and Manza geothermal field infers the geothermal source of Kusatsu-Shirane volcano system.

Keywords: data inversion, geothermal field, clay, fumerole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

広帯域MT法データから推定される阿蘇火山のマグマ供給系と浅部熱水系
Magma conduit and associated hydrothermal systems of Aso volcano as revealed by broadband magnetotelluric data

*松島 喜雄[1]、宇津木 充[2]、高倉 伸一[1]、山崎 雅[1]、畑 真紀[3]、橋本 武志[4]、上嶋 誠[3]
*Nobuo Matsushima[1], Mitsuru Utsugi[2], Shinichi Takakura[1], Tadashi Yamasaki[1], Maki Hata[3], Takeshi Hashimoto[4], Makoto Uyeshima[3]

1. 産総研地質調査総合センター、2. 京都大学、3. 東京大学、4. 北海道大学
1. Geological Survey of Japan,AIST, 2. Kyoto University, 3. The University of Tokyo, 4. Hokkaido University

阿蘇火山の地下構造を求める目的で、広帯域MT探査法による比抵抗構造調査をカルデラ内外で実施した。2015年に56測点、2016年に46測点でデータを取得し、それらの結果はHata et al. (2016,1018)で報告している。その後、それまで噴火活動により近接できなかった中岳第一火口周辺にて、2017年から2018年にかけて9測点で観測を行った。前回の報告では、中岳下から深度15km程度まで延びる円柱状の低比抵抗体が求められている。比抵抗値はもっとも低いところで1 Ω・m以下になり極めて低い。その一部は地震波トモグラフィーによって求められている低速度異常域（Sudo and kong 2001）と重なっている。また、深度15km以深のシル状地殻変動源（国土地理院、2004）や深部低周波地震（気象庁）に向かって延びているように見える。このことから、この低比抵抗体は深部のマグマ溜まりから中岳へ延びるマグマ供給系であると解釈されている。前回の解析では、深度2kmぐらいから浅部の構造が不明瞭であった。そこで、有史以来、頻繁に噴火活動を繰り返している中岳第一火口と低比抵抗体の関係を明らかにするべく、2015年のデータに第一火口周辺の9観測点を加え、あらためて3次元の比抵抗構造解析を行った。その際に、鉛直方向のグリッド形状を変更したため、地形を与え直した。インバージョンでは測定周期0.005から2380秒のうち、16周期を選択し、リモートリファレンス処理を行った4成分のMTインピーダンステンソルと2成分のティッパーベクトルを用いた。まず、インピーダンスとティッパーのエラーフロアをそれぞれ20、30%とし、RMS値の低い結果を初期値として、次にエラーフロアをそれぞれ5、10%としたイタレーションを10回行い、最もRMS値の低いものを最終結果とした。得られた結果をみると、低比抵抗体の最上部は中岳第一火口直下に位置している。また、その深度は海水準付近となり、2014年の噴出物のメルトインクルージョンの分析から推定されたマグマの深度の上限が海水準付近であること（Saito et al.,2018）と良い一致を示す。このことから、低比抵抗体は第一火口にマグマを供給する火道であると推測される。ただし、低比抵抗体の水平方向の幅は1km程とかなり厚く、火道の周囲に塩分濃度の濃い流体が存在しているのかもしれない。一方、第一火口から山腹にかけて、海水準から深度1km程度で数Ω・mの低比抵抗域が水平方向に広がっている。垂玉温泉付近の坑井のデータや、山麓での湧水の化学成分等を参考にすると、火道を中心として山体内に発達した熱水系を表しているようである。

キーワード：阿蘇火山、比抵抗構造、マグマ供給系
Keywords: Aso volcano, resistivity structure, magma plumbing system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)、座長:廣瀬 仁、田中 愛幸

Accumulating observational studies on various types of slow deformation events, such as tectonic tremors, very low frequency events, and slow slip events, portrays some universal characteristics in generally complex behavior, including interaction among events and influence by various outer loadings. Some of these phenomena seem to have causal relation with the occurrence of very large earthquakes. A unified understanding of these slow and fast earthquake processes requires an approach integrating geophysics, seismology, geodesy, geology, and non-equilibrium statistical physics. We welcome presentations based on, but not limited to, geophysical observation, data analysis, analytical theory, numerical simulation, field study, and laboratory experiments.

9:00 ~ 9:30

[SCG48-01] Variability of the space-time evolution of slow slip events off the Boso Peninsula, central Japan, from 1996 to 2018

★Invited Papers

*福田 淳一[1] (1.東京大学地震研究所)

9:30 ~ 9:45

[SCG48-02] Cumulative slip distribution of short-term slow slip events in the western Shikoku area, southwest Japan based on tilt change measurements

*廣瀬 仁[1,2]、田村 和華子[2]、木村 武志[3] (1.神戸大学都市安全研究センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.防災科学技術研究所)

9:45 ~ 10:00

[SCG48-03] Shallow undersea SSEs off the western Japan monitored by the GNSS-A

*横田 裕輔[1]、石川 直史[2] (1.東京大学生産技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

10:00 ~ 10:15

[SCG48-04] Co- and Post-seismic deformation due to the 2016 moderate earthquake sequence at the Chaman fault

*松本 史子[1]、古屋 正人[1] (1.北海道大学)

10:15 ~ 10:30

[SCG48-05] GNSSと重力データを用いたスロースリップ中における流体移動の定量化の試み　第一報

*梅宮 悠輔[1]、田中 愛幸[1] (1.東京大学理学部)

Variability of the space-time evolution of slow slip events off the Boso Peninsula, central Japan, from 1996 to 2018

*福田 淳一[1]
*Jun'ichi Fukuda[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Continuous geodetic measurements over the past two decades have identified numerous recurrent slow slip events (SSEs) in subduction zones and other tectonic settings. Many previous studies revealed static source characteristics of SSEs, including the magnitudes, durations, recurrence intervals, and spatial slip distributions. However, our current knowledge of the time-dependent evolution of SSEs and their variability is much more limited.

In this study, we focus on a series of SSEs that occurred off the Boso Peninsula, central Japan. Since the installation of a dense GNSS network in Japan in the early 1990s, six Mw 6.6-6.7 SSEs, accompanied by swarms of regular earthquakes, have been identified on the subducting Philippine Sea Plate interface offshore of the Boso Peninsula in 1996, 2002, 2007, 2011, 2013-2014, and 2018. We invert GNSS time series to estimate the space-time evolution of the six SSEs using a modified version of the Network Inversion Filter (NIF) [Fukuda et al., 2008]. Our analyses reveal the similarities and differences in the time-dependent evolution of the six SSEs. We find that the nucleation style and space-time evolution of slip vary among the SSEs. The 2002, 2007, and 2011 SSEs nucleated more rapidly, with slip accelerations significantly higher than those of the 1996 and 2013-2014 SSEs. Furthermore, the 2002, 2007, and 2011 SSEs exhibited more rapid temporal variations in their slip and slip rates, and showed larger seismic moments and higher maximum slip rates than the 1996 and 2013-2014 SSEs. The along-strike expansion/propagation of slip is identified for the SSEs, revealing that the expansion/propagation patterns vary from event to event. Our results also show that the swarm seismicity accompanying the SSEs is highly correlated in space and time with slip rate, and seismicity only occurred after the slip rate exceeded ~4 m/yr, suggesting that the evolution of seismicity is controlled by the instantaneous stressing rate determined by slip rate.

Finally, we show that the space-time evolution of slow slip obtained here can potentially be used to study mechanisms governing the SSEs. We model the spatiotemporal evolution of shear stress on the plate interface due to slow slip obtained in the NIF analysis using the rate-and-state friction law. The rate-and-state friction parameters and initial state variable are adjusted to reproduce the stress histories. Results show that the rate-and-state friction law well reproduces the spatiotemporal evolution of stress on the plate interface during the SSEs. The critical fault size calculated from the estimated friction parameters is similar to the size of the SSE region, suggesting that the evolution of slow slip is governed by frictional properties near the stability boundary between stable and unstable slip.

キーワード：slow slip event、GNSS、crustal deformation
Keywords: slow slip event, GNSS, crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cumulative slip distribution of short-term slow slip events in the western Shikoku area, southwest Japan based on tilt change measurements

*廣瀬 仁[1,2]、田村 和華子[2]、木村 武志[3]
*Hitoshi Hirose[1,2], Wakako Tamura[2], Takeshi Kimura[3]

1. 神戸大学都市安全研究センター、2. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3. 防災科学技術研究所
1. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kobe University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

In the western Shikoku area, southwest Japan, so-called short-term slow slip events (SSE) accompanying tremor activities repeatedly occur with an average recurrence interval of about six months (e.g., Obara et al., 2004; Sekine et al., 2010). This activity has been detected by high-sensitivity accelerometers (tiltmeters) equipped at NIED Hi-net stations (Obara et al., 2005). Using the observed tilt records, Sekine et al. (2010) estimated a history of released seismic moment by short-term SSEs and reported that about 65\% of the accumulated moment by the relative plate convergence is released as short-term SSEs in the western Shikoku area. Because this estimation is based on a fault model such that slip is uniform on a plane rectangular fault and a location of the fault, especially a depth of the fault, is an unknown (nonlinear) parameter in their inversion, it is possible that an estimated seismic moment of an SSE could be biased.

In this study, we apply an inversion method that can express a spatial fault slip distribution assuming the slip is on the plate interface to the same tilt change data set that were detected in Sekine et al. (2010). They measured a tilt change caused by a short-term SSE as a difference between two averages of tilt values in one-day-long time interval (this can vary on a case-by-case basis) just before and after the SSE episode. We estimated each slip distribution of 18 short-term SSEs in western Shikoku between January 2001 and March 2008 although a reliable slip distribution is not estimated in a couple of episodes because of the limited number of available stations.

A cumulative slip distribution of the 18 SSEs shows that (1) slip area is localized within a narrow zone with its width of about 30-40~km in dip direction and about 70~km in strike direction of the subducting plate; (2) accumulated moment by the plate subduction is considered as fully released by SSEs at an area with larger cumulative slip; (3) the width of the slip zone is wider in the western part and narrower in the eastern part. The last characteristics is in agreement with the tremor epicenter distribution in this area (e.g., Obara et al., 2010). This suggests that there is a segment boundary that separates the western and eastern part of the SSE area in the western Shikoku region, and these segments likely have different frictional property and/or different pore fluid distribution.

Acknowledgments: This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP16H06474.

キーワード：沈み込み帯、スロー地震、傾斜変化、地震サイクル
Keywords: subduction zone, slow earthquakes, tilt changes, earthquake cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Shallow undersea SSEs off the western Japan monitored by the GNSS-A

*横田 裕輔[1]、石川 直史[2]
*Yusuke Yokota[1], Tadashi Ishikawa[2]

1. 東京大学生産技術研究所、2. 海上保安庁海洋情報部
1. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 2. Hydrographic and Oceanographic department, Japan Coast Guard

In the last two decades, many kinds of SEQs including non-seismic SSE have been detected using the onshore high-precision seismometer and GNSS networks. Along the Nankai Trough having dense seismic and geodetic monitoring network, their relationships were discussed and compared in detail [e.g., Hirose et al., 2010, Science; Obara and Kato, 2016, Science]. Observation of deep and shallow SEQ analogies and differences has multidisciplinary value for the physical properties of the plate boundary, submarine geology and earthquake disaster research. However, comparison between deep underground SEQs and shallow undersea SEQs cannot easily be performed due to the undersea observation technical constraint.

In these several years that the technology has been upgraded, shallow SEQs (tremor, LFE, VLF and short-term SSE) have been detected along the pan-Pacific subduction zones in high-precision onshore seismometers, seafloor seismometers, ocean bottom pressure gauges and submarine borehole strainmeters [e.g., Wallace et al., 2016, Science; Araki et al., 2017, Science]. However, there was no geodetic monitoring technology for detecting undersea longer sequence of SSE than week-scale. Longer-term SSE than week-scale cannot be monitored except for the GNSS-A technique.

Recently, we improved the GNSS-A technology and upgraded observation frequency and precision [Yokota et al., 2017, Rep. Hydro. Ocean. Res; Yokota et al., 2018, MGR]. With the present observation capability, yearly time change of the amount of undersea crustal deformation was newly unclosed. Then, the GNSS-A monitoring uncloses the occurrence situation of undersea SSE which could not be observed by the onshore geodetic network.

We detected SSE signals in the GNSS-A data using c-AIC detection process based on the method of Nishimura et al. [2013, JGR]. Then, SSE rectangle models were estimated by the grid search process using the GNSS-A signals and the onshore GEONET data. The detected models are located off the Kii channel and the Bungo channel at shallow side around the Nankai Trough historical seismogenic zone and strong coupling regions estimated by Yokota et al. [2016, Nature] and Nishimura et al. [2018, Geosphere]. We detected about M_w 6.0 and 6.5 events off the Kii channel and a migration of about M_w 6.1 ~ 6.2 events off the Bungo channel.

Shallow VLF events [NIED and Asano et al., 2008, EPS] were also activated simultaneously with these undersea SSEs. Off the Kii channel, VLF activity in 2009 was a little closer to the western side than 2018. Off the Bungo channel, VLF activity after 2015 was synchronized with the undersea SSEs. These suggest the temporal synchronization and the spatial relationship between SSE and VLF in these regions.

キーワード：SSE、GNSS-A、南海トラフ
Keywords: SSE, GNSS-A, Nankai Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Co- and Post-seismic deformation due to the 2016 moderate earthquake sequence at the Chaman fault

*松本 史子[1]、古屋 正人[1]
*Fumiko Matsumoto[1], Masato Furuya[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

Chaman fault system, located in Pakistan and Afghanistan, forms a transform boundary between Indian and Eurasian plates. Previous geological survey found the relative velocity of the Indian plate to the Eurasian at ~36mm/yr. Chaman fault is the major sinistral strike-slip fault which has ~900km long in the system. However, no large earthquakes (M>7) have been documented on the Chaman fault. Low seismicity results from either a long recurrence interval or aseismic creeping. Recent studies indicate a heterogeneous distribution of locked and creeping segments along the fault. In previous work, Furuya and Satyabala(2008) revealed a long lasted afterslip following a moderate earthquake (M5) in 2005 on the Chaman fault. We examine other earthquakes on the Chaman fault and their behavior comparing with the results in Furuya and Satyabala(2008). We find two moderate events occurred on May 13 and July 10 in 2016, first events larger than M5 on the Chaman fault after the M5 earthquake in 2005. The first event on May 13 was the largest M5-class earthquake since the 2005 M5 event examined by Furuya and Satyabala (2008). According to USGS catalogue, this May 13 event has three earthquakes observed within a few kilometers every minute in a row. We use ascending Sentinel-1 SAR data from March 31, 2016 to January 13, 2017. We generate InSAR images that suggest that the co- and post-seismic deformation of left-lateral strike-slip. Especially the second July 10 event almost implies the same behavior with the results in Furuya and Satyabala(2008). We must pick up real deformation except atmospheric trend, so we stack five InSAR images using different master date for each events before estimation of fault source model.

キーワード：合成開口レーダー、スロースリップ、地殻変動
Keywords: InSAR, Slow slip, Crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

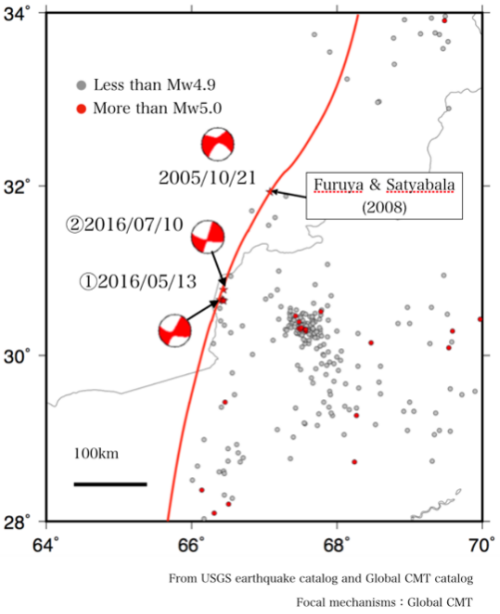


Figure1. Location map of Chaman fault and earthquakes after 2005/10/21. Gray dots show events less than Mw4.9 while red dots show more than Mw5.0. We pick up two events from more than Mw5.0 along the fault.

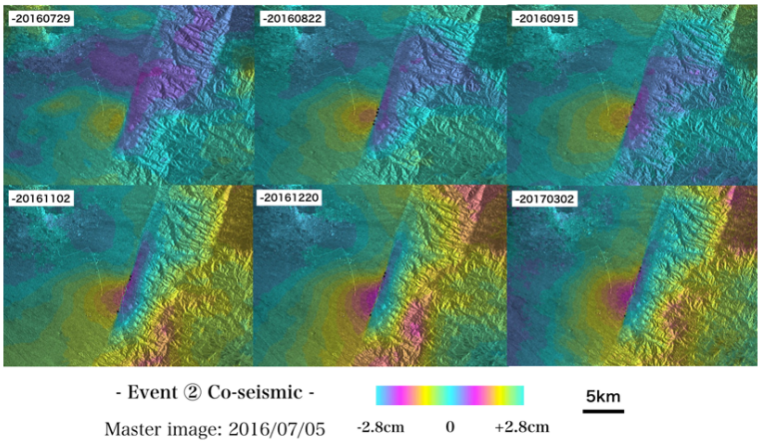


Figure2. Co-seismic deformation regarding the second event on 2016/07/10. There are six interferograms using same master image on 2016/07/05. These patterns are consistent with left lateral deformation. The phase and extent of deformation area gradually become larger.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSと重力データを用いたスロースリップ中における流体移動の定量化の試み　第一報

An attempt to quantify transient fluid flow during slow slip event using GNSS and gravity data-1st report

*梅宮 悠輔[1]、田中 愛幸[1]
*Yusuke Umemiya[1], Yoshiyuki Tanaka[1]

1. 東京大学理学部
1. The University of Tokyo

スロースリップは地殻変動を引き起こす。観測された地殻変動は、通常、弾性転位論に基づくプレート境界の断層すべりで説明される。ところが、東海地方において、断層すべりによる地殻変動だけでは説明できない重力変化が観測され、スロースリップの発生期に断層破砕帯内部で流体の一時的な移動が起きている可能性が示唆された。ただし、彼らが構築した流体移動モデルは、観測された重力変化を再現することはできるが、断層破砕帯外では地殻変動は起きないという仮定を置いていた。このため、流体移動がどの程度地表の地殻変動を引き起こすかは見積もられていない。

本研究では、流体移動による重力変化に加え、断層破砕帯外の地殻変動も考慮したモデルを提案する。間隙弾性体理論の代わりに、通常の断層モデルに茂木モデルを組み合わせたモデルを考える。この運動学的なモデルには流体移動を駆動するメカニズムは組み込まれていないが、断層破砕帯に流入した流体の量を地殻変動と重力観測データから簡単に見積もることができる。予備的な計算結果から、流入した流体の量が断層破砕帯の体積の0.01%のオーダーのときに地殻変動と重力の両方の観測データが説明できることが分かった。

キーワード：スロースリップ、流体移動、GNSS、重力
Keywords: slow slip, fluid flow, GNSS, Gravity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)

Accumulating observational studies on various types of slow deformation events, such as tectonic tremors, very low frequency events, and slow slip events, portrays some universal characteristics in generally complex behavior, including interaction among events and influence by various outer loadings. Some of these phenomena seem to have causal relation with the occurrence of very large earthquakes. A unified understanding of these slow and fast earthquake processes requires an approach integrating geophysics, seismology, geodesy, geology, and non-equilibrium statistical physics. We welcome presentations based on, but not limited to, geophysical observation, data analysis, analytical theory, numerical simulation, field study, and laboratory experiments.

[SCG48-P01] 2004年海底地震観測から明らかになった紀伊半島南東沖の浅部低周波微動活動

*溜渕 功史[1]、小林 昭夫[1]、西宮 隆仁[1]、案浦 理[2] (1.気象研究所、2.気象庁)

[SCG48-P02] The development of pressure vessel on gouges for rock deformation at seismic rates under water-saturated conditions

*Wei-Ting Lin[1]、Li-Wei Kuo[1]、Wen-Jie Wu[1]、Jia-Jyun Dong[1]、Yi-Hung Huang[2] (1.National Central University、2.MATSUKI HYDRAULIC INDUSTRIAL CO. LTD)

[SCG48-P03] 室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域の浅部超低周波地震活動の空間変化

*武村 俊介[1]、松澤 孝紀[1]、野田 朱美[1]、利根川 貴志[2]、浅野 陽一[1]、木村 武志[1]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構)

[SCG48-P04] Evaluation of Magnitude and Characteristics of Seismicity of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京工業大学理学院、3.応用アール・エム・エス株式会社)

[SCG48-P05] Tectonic tremor catalog in the Tohoku-Hokkaido-Oki region using S-net

*井出 哲[1]、西川 友章[2]、松澤 孝紀[3]、太田 和晃[2]、内田 直希[4]、西村 卓也[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所、3.防災科学技術研究所、4.東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター)

[SCG48-P06] **Spontaneous Slow Slip and Runaway Slip in Laboratory**

*高橋 美紀[1] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SCG48-P07] 高速断層すべり過程における石英質岩の水和化、非晶質化 : 人工水晶を用いた摩擦実験による検討

* 尾上 裕子[1]、 飯田 大貴[2]、堤 昭人[1]、瀧川 晶[1] (1.京都大学理学研究科、2.地熱エンジニアリング（株）)

[SCG48-P08] Constraining S Wave Velocity of the Source Region of Shallow Very Low-Frequency Earthquakes

*悪原 岳[1]、利根川 貴志[2] (1.東京大学地震研究所、2.海洋開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SCG48-P09] **Quantitative relationship between aseismic slip propagation speed and frictional properties**

*有吉 慶介[1]、アンプエロ ジャンポール[2,3]、バーグマン ローランド[4]、松澤 暢[5]、長谷川 昭[5]、日野 亮太[5]、堀 高峰[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.コート・ダジュール大学、3.カリフォルニア工科大学、4.カリ

フォルニア大学バークレー校、5.東北大学大学院理学研究科)

[SCG48-P10] Comprehensive detection of very low frequency earthquakes off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, northeastern Japan

*馬場 慧[1]、竹尾 明子[1]、小原 一成[1]、松澤 孝紀[2]、前田 拓人[3] (1.東京大学地震研究所、2.防災科学技術研究所、3.弘前大学理工学研究科)

[SCG48-P11] GNSSデータを用いた1997-2017年東海地方スロースリップイベントの推定

*坂上 啓[1]、西村 卓也[2]、福田 淳一[3]、加藤 照之[4] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.神奈川県温泉地学研究所)

[SCG48-P12] Broadband excitation of acoustic emission in granular stick-slip : experiments and spectral analyses

*福水 秀和[1]、隅田 育郎[2] (1.金沢大学大学院　自然科学研究科　自然システム学専攻　地球環境学コース、2.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)

[SCG48-P13] Episodic tremor and slip silently invades strongly locked megathrust in the Nankai Trough

*加納 将行[1]、加藤 愛太郎[2]、小原 一成[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P14] Spatial distribution of the electrical resistivity beneath western part of Shikoku Island where long-term SSE events have repeatedly occurred

*上嶋 誠[1]、畑 真紀[1]、市原 寛[2]、吉村 令慧[3]、相澤 広記[4] (1.東京大学地震研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山センター、3.京都大学防災研究所、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SCG48-P15] Variations of scaling relationships for shallow tremor observed along the Nankai trough

*中野 優[1]、矢部 優[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P16] Low-frequency earthquakes triggered by teleseismic surface waves by Ryukyu subduction zone.

金城 亜祐美[1]、*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P17] 四国地方における深部低周波微動に同期する地表変位の検出

*岡田 悠太郎[1]、田部井 隆雄[2] (1.高知大学理学部、2.高知大学理工学部)

[SCG48-P18] Long-term temporal change in crustal resistivity beneath western Shikoku

*山下 太[1]、本蔵 義守[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[SCG48-P19] Slow decay of postseismic deformation compared with aftershocks following the 2011 Tohoku-oki Earthquake

*三井 雄太[1]、森上 竣介[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学大学院総合科学技術研究科)

[SCG48-P20] スロー地震発生深度で形成された沈み込み剪断帯における蛇紋岩の脱水

*森 康[1]、重野 未来[1]、氏家 恒太郎[2]、野呂 和也[2]、西山 忠男[3] (1.北九州市立自然史・歴史博物館、2.筑波大学、3.熊本大学)

[SCG48-P21] 中部琉球海溝における超低周波地震群発地震活動に続いて起こる群発地震活動

*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P22] Seismic imaging in the central Nankai trough, off Shionomisaki to Kii channel

*中村 恭之[1]、小平 秀一[1]、野 徹雄[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、白石 和也[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P23] Attempt to Detect Intra-plate SSEs Based on F3 Solution of GEONET

*田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P24] A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus: Reproduction of slow/megathrust earthquakes in laboratory

*廣瀬 丈洋[1]、谷川 亘[1]、濱田 洋平[1]、岡崎 啓史[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所)

[SCG48-P25] Very low-frequency earthquakes in western Shikoku remotely triggered by the 2016 Mw5.9 off-Kii Peninsula earthquake

*宮澤 理稔[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG48-P26] **Underground structure around source region of slow earthquakes in western Shikoku obtained by receiver function analysis**

疋田 朗[1]、加藤 愛太郎[1]、*小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、悪原 岳[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P27] 地震計アレイデータの逆投影による紀伊半島下の深部低周波微動の震源決定

*寒河江 皓大[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、今西 和俊[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.産業技術総合研究所)

[SCG48-P28] Triggered tremors and stress perturbations due to surface waves

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

[SCG48-P29] Numerical modeling of long- and shallow slow slip events including shallow region in Hyuganada and western Nankai, Japan

*松澤 孝紀[1]、芝崎 文一郎[2] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所、2.国立研究開発法人　建築研究所)

[SCG48-P30] 南海トラフ東部の浅部VLFE震源分布が示唆する、沈み込む海嶺が及ぼす空間的ひずみ蓄積解放様式への影響

*藤 亜希子[1]、Chen Wan-Jou [2]、Dreger Doug[3]、Chi Wu-Cheng[2]、井出 哲[1] (1.東京大学、2.台湾中央研究院地球科学研究所、3.カルフォルニア大学バークレー校)

[SCG48-P31] Evidence for semi-brittle flow in mantle-wedge serpentinites under high pore fluid pressure and their implications for deep low frequency earthquakes

片岡 賢悟[1]、永田 有里奈[1]、*平内 健一[1]、大柳 良介[2]、岡本 敦[3]、道林 克禎[4] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SCG48-P32] 疎性モデリングで得られた房総半島沖スロースリップイベントのすべり分布

*中田 令子[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[3,4]、秋山 峻寛[5]、吉岡 祥一[6]、岡田 真人[7]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.統計数理研究所、3.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4.科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)、5.神戸大学大学院理学研究科、6.神戸大学都市安全研究センター、7.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[SCG48-P33] Marine electromagnetic observations around a slow earthquake region in the western Nankai trough

*市原 寛[1]、後藤 忠徳[2]、松野 哲男[3]、多田 訓子[4]、佐藤 真也[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.京都大学大学院工学研究科、3.神戸大学海洋底探査センター、4.海洋研究開発機構)

[SCG48-P34] 構造媒質中で凝集が生じる系で見られる注入先端のダイナミクス

*住野 豊[1]、田中 駿佑[1]、國廣 美幸[1] (1.東京理科大学)

[SCG48-P35] Permeability changes of simulated low permeable fault rocks induced by intermediate velocity friction test

*谷川 亘[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所)

[SCG48-P36] Modified relation between the coupling and tremor rates around the Shikoku region

*落 唯史[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG48-P37] Spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency earthquakes in the northern part of the Ryukyu subduction zone

*浅野 陽一[1]、後藤 和彦[2]、八木原 寛[3]、平野 舟一郎[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所)

[SCG48-P38] Possible tectonic tremor activities near the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region in 2011

*高橋 秀暢[1]、日野 亮太[1]、太田 雄策[1]、内田 直希[1]、鈴木 秀市[1]、篠原 雅尚[2]、松澤 孝紀[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震学研究所、3.防災科学技術研究所)

[SCG48-P39] Heterogeneous structure around a region of slow earthquake activity off Ibaraki prefecture along the Japan Trench

*望月 公廣[1]、山田 知朗[1]、篠原 雅尚[1]、日野 亮太[2]、東 龍介[2]、伊藤 喜宏[3]、村井 芳夫[4]、植平 賢司[5]、佐藤 利典[6] (1.東大地震研、2.東北大大学院理学研究科、3.京大防災研、4.北大理学研究院、5.防災科学技術研究所、6.千葉大大学院理学研究院)

[SCG48-P40] Shallow low-frequency tremor triggered by nearby moderate earthquakes off Sanriku

*田中 佐千子[1]、松澤 孝紀[1]、浅野 陽一[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG48-P41] GNSSデータに基づく15年間の豊後水道スロースリップの推定（1996-2011年）

横井 貴稔[1]、*宮崎 真一[1]、坂上 啓[1]、福田 淳一[2] (1.京都大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P42] 加速度計記録を用いたS-netのセンサー姿勢・方位推定と地殻変動検出可能性の検討

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

[SCG48-P43] Spatiotemporal variation of released seismic energy from shallow low-frequency tremor in Hyuga-nada, revealed by ocean bottom seismological observation

*山下 裕亮[1]、渡邉 早姫[2]、山田 知朗[3]、篠原 雅尚[3]、松島 健[2] (1.京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所、2.九州大学地震火山観測研究センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG48-P44] Unified description of fast and slow earthquakes using velocity strengthening patches

*小澤 創[1]、波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P45] The b-value of the earthquake swarm activities accompanied by the Boso slow slip events

*野田 雄貴[1]、廣瀬 仁[2,1] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学都市安全研究センター)

[SCG48-P46] **琉球海溝周辺におけるフィリピン海プレートの沈み込みに伴う３次元熱対流数値シミュレーション**

*末永 伸明[1]、吉岡 祥一[2,1]、季 顕鋒[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.神戸大学都市安全研究センター、3.中国科学院)

2004年海底地震観測から明らかになった紀伊半島南東沖の浅部低周波微動活動
Off the Kii Peninsula Shallow Low Frequency Earthquake in 2004 revealed by Ocean Bottom Seismometer

*溜渕 功史[1]、小林 昭夫[1]、西宮 隆仁[1]、案浦 理[2]
*Koji Tamaribuchi[1], Akio Kobayashi[1], Takahito Nishimiya[1], Satoshi Annoura[2]

1. 気象研究所、2. 気象庁
1. Meteorological Research Institute, 2. Japan Meteorological Agency

2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震（Mj7.1，7.4）のあと，正確な余震分布の調査のために，気象研究所はOBS観測を実施した．しかし，その解析は「通常の余震」の検測，震源決定にとどまり，長い間連続波形の解析は行われなかった．本発表では，観測された地震記録の精査から，「通常の余震」の中に多くの低周波地震（LFE）が発生していたことを示す．観測期間中，LFEの頻度は徐々に減少した．LFEはP波，S波が不明瞭なので，正確な震源の分布を決定することは困難だが，OBSの振幅分布から，Amplitude Source Location（ASL; Battaglia and Aki, 2003）を用いて決定すると，震源は分岐断層と海溝軸の間の浅い場所で集中的に発生していることを見出した．2004年OBS観測は現在のDONETよりも東側に位置するが，DONETによる観測より東側でもLFEが多数発生している．また，観測期間中の超低周波帯域（0.02 - 0.05 Hz）のF-net波形から，多くの超低周波イベント（VLFE）がLFEの発生と同期しており，それらの振幅は相関しているように見える．これは，決定されたLFEとVLFEが同一の現象を示していることを意味する．我々の観測は，通常の余震，スローイベント，そして南海トラフ地震のような巨大地震の間の関係を明らかにするために貢献するかもしれない．

キーワード：LFE、OBS、2004年紀伊半島南東沖地震
Keywords: LFE, OBS, 2004 off the Kii Peninsula earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of pressure vessel on gouges for rock deformation at seismic rates under water-saturated conditions

*Wei-Ting Lin[1], Li-Wei Kuo[1], Wen-Jie Wu[1], Jia-Jyun Dong[1], Yi-Hung Huang[2]

1. National Central University, 2. MATSUKI HYDRAULIC INDUSTRIAL CO. LTD

To understand earthquake mechanism and fault behavior during earthquake ruptures, experimentalists commonly conduct rock deformation tests with rotary shear apparatus (e.g., low-to high-velocity rock friction experiment, LHVR) which allow deformed at seismic rates. In general, the materials utilized for rotary shear apparatus are both cohesive rocks (e.g., gabbro and carbonate) and incohesive rocks (natural fault gouges and synthetic rock powders), while the latter are deformed at seismic rates and, commonly at low normal stresses (0.5 to 2 MPa confining with a plastic Teflon ring). However, using Teflon rings has issues of gouge extrusion and chemical contamination, in particular, at high normal stresses (>3MPa) and water-saturated condition, and the obtained mechanical data and associated experimental products seem to be questionable. Here we develop a metal pressure vessel for LHVR to deform gouges at seismic rates and, importantly, expand the normal stress capability (up to 15 MPa) and under water-saturated condition. Our results show the resistance from the pressure vessel itself (metal-to-metal contact) is extremely low (friction coefficient ≈0.02), and the result of kaolinite is similar to the previously published data. In particular, both gouge-extrusion and water-leaking was not observed deformed at a normal stress of 15 MPa and equivalent velocity 1 m/s. The designed pressure vessel could fill the gap of experimental conditions among the current used pressure vessels and complete the understanding of fault ruptures.

Keywords: pressure vessel, water-saturated condition, fault gouge, rotary shear experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域の浅部超低周波地震活動の空間変化

Spatial variations of shallow very low-frequency earthquake activity along the Nankai Trough based on CMT inversion using the 3D heterogeneous model

*武村 俊介[1]、松澤 孝紀[1]、野田 朱美[1]、利根川 貴志[2]、浅野 陽一[1]、木村 武志[1]、汐見 勝彦[1]
*Shunsuke Takemura[1], Takanori Matsuzawa[1], Akemi Noda[1], Takashi Tonegawa[2], Youichi Asano[1], Takeshi Kimura[1], Katsuhiko Shiomi[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 海洋研究開発機構
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

沈み込みプレート境界浅部で発生するスロー地震は、プレート境界の摩擦状態などの構造的特徴を知る鍵となる（例えば、Saffer and Wallace, 2015 Nature Geo.）。本研究では、室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域で発生した浅部超低周波地震に着目し、浅部超低周波地震の活動の空間変化から発生域の構造的特徴を明らかにすることを目的とする。

Asano et al. (2008 EPS)の手法で得られた浅部超低周波地震の検知時刻周辺を解析時間窓として、周期20-50秒の帯域のF-net速度波形に対してTakemura et al. (2018 GRL)のCMT解析を行い、浅部超低周波地震の発震時刻、震央位置、地震モーメントおよび震源時間関数のパルス幅を推定した。CMT解析のためのGreen関数は、Takemura et al. (2019 PAGEOPH)の3次元不均質構造モデルを仮定した地震動シミュレーションにより評価した。

2003年6月から2018年5月の期間に検知された浅部超低周波地震に対してCMT解析を行ったところ、室戸岬沖、紀伊水道沖および紀伊半島南東沖のトラフ軸付近に低角逆断層の解が多く推定された。得られたCMTカタログから、それぞれの領域における積算モーメントを評価し、その空間変化を調べた。室戸岬沖、紀伊水道沖および紀伊半島南東沖の領域で積算モーメントが高く、紀伊半島南方沖では小さいことがわかった。浅部超低周波地震の活動域の構造的特徴を明らかにするため、得られた積算モーメントの空間変化と、すべり欠損速度（Noda et al. 2018 JGR）およびS波速度構造（Tonegawa et al. 2017 Nature Comm.）を比較した。浅部超低周波地震の積算モーメントが高い領域は、すべり欠損速度が大きい領域の周囲に位置し、プレート境界直上に顕著な低速度領域が存在することがわかった。低速度領域から流体の存在が示唆され、浅部超低周波地震の発生は流体とすべり欠損速度の両方が鍵をにぎると考えられる。

謝辞
F-netの広帯域速度波形記録を使用しました．スロー地震学のスロー地震データベースよりカタログをダウンロードしました（Kano et al., 2018 SRL）．地震動計算には地球シミュレータを利用しました．

キーワード：南海トラフ、浅部超低周波地震、CMT解析、間隙水圧、すべり欠損速度
Keywords: Nankai Trough, Shallow very low-frequency earthquake, CMT inversion, Pore fluid pressure, Slip deficit rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of Magnitude and Characteristics of Seismicity of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1]
*Miki Aso[1,3], Naofumi Aso[2], Satoshi Ide[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東京工業大学理学院、3. 応用アール・エム・エス株式会社
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Tokyo Institute of Technology, School of Science, 3. OYO RMS Corporation

Over a million tectonic low frequency earthquakes (LFEs) have been found in Parkfield along the San Andreas Fault, as 88 families by Shelly and Hardebeck [2010]. Thanks to enormous event detection, interesting characteristics focusing on their event amplitudes have been reported such as the spatial variation along the fault, the exponential frequency distribution for each family, and the relationship with recurrence time [Shelly and Hardebeck, 2010; Shelly, 2010]. However, the relative size of families has not been quantified accurately, because we have to consider various factors such as radiation pattern depending on focal mechanisms, attenuation during wave propagation, and site amplification effects. For quantitative comparison of scale among differently located events, here we estimate the absolute magnitude of each event considered those effects.

We estimate the seismic moment Mo [Nm] and moment magnitude Mw of all LFE events in the catalog of Shelly [2017]. We first stack seismograms of over one million events in the catalog to improve the signal-to-noise (S/N) ratio. Then, we evaluate the absolute amplitude of the original seismograms using the stacked waveforms. Specifically, we evaluate seismic moment Mo by assuming focal mechanisms of each family, attenuation quality factor, site effect estimated by Aso et al. [2019, submitted to JpGU meeting, “Variations of Focal Mechanisms of Low Frequency Earthquake in Parkfield”], and the source time function estimated by Thomas et al. [2016]. Note that we consider the frequency-limited seismic moment Mo, though it is not exactly the same as the original definition of seismic moment measured at a lower frequency than the minimum frequency contained in one phenomenon.

As previously reported by reported by Shelly and Hardebeck [2010], LFEs in the southern part has larger magnitude. We also find that shallower events are smaller than deeper events.

Similarly, most of the frequency distribution for each family shows an exponential distribution which is also reported for LFEs in Cascadia [Sweet et al., 2014] and New Zealand [Chamberlain et al., 2014].

By comparing size and recurrence interval, the events during LFE burst (seconds interval) tend to be larger than the first event of burst, which occurs after hours-to-days quiescence. A similar tendency is found in tremor burst occurring with a longer time scale (~1-week-long) than that of LFEs (~1-minute-long) [Yabe and Ide, 2014]. These might suggest some temporal change in fault rheology and/or some characteristic spatiotemporal behavior such as Brownian slow earthquake processes [Ide, 2008].

キーワード：サンアンドレアス断層、パークフィールド、地震活動、波形スタック、低周波地震、振幅評価
Keywords: San Andreas Fault, Parkfield, seismicity, waveform stacking, low frequency earthquake, amplitude evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tectonic tremor catalog in the Tohoku-Hokkaido-Oki region using S-net

*井出 哲[1]、西川 友章[2]、松澤 孝紀[3]、太田 和晃[2]、内田 直希[4]、西村 卓也[2]
*Satoshi Ide[1], Tomoaki Nishikawa[2], Takanori Matsuzawa[3], Kazuaki Ohta[2], Naoki Uchida[4], Takuya NISHIMURA[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所、3. 防災科学技術研究所、4. 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター
1. Department of Earth an Planetary Science, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Graduate School of Science and International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

Recently, various slow earthquakes have discovered in the subduction zone off Tohoku and Hokkaido regions along the Japan Trench. In this presentation, we report the detection of tectonic tremors using the Seafloor Observation Network for Earthquakes and Tsunamis along the Japan Trench (S-net), operated by The National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED).

We used continuous seismograms from August 2016 to August 2018 recorded by short-period sensors at 150 S-net stations. The original data were converted to envelope waveforms and analyzed using the envelope correlation method coded by Ide (2010), for each 300 s time windows with 150 s overlap. Since the results included many ordinary earthquakes with short durations, we regarded the events with durations longer than 20 s as tremors. This number is twice longer than that used for deep tremors in western Japan, reflecting the long-lasting waves in ocean bottom observation.

We found that the detection completeness is not high due to the high seismic activity in the Japan Trench, especially after the occurrence of large earthquakes, with numerous aftershocks falsely detected. We therefore divided the study area into 18 overlapping sub-regions that cover the locations of tremor activity to solve this problem. We detected tremors in each sub-region and merged the results into one catalogue by removing one of any two events within 10 s and 1 degree of each other, depending on their root-mean-square errors. Some tremor-like signals were found near the triple junction off the Boso Peninsula at approximately 34.8°N. However, visual inspection revealed these events to be ordinary earthquakes, which we excluded from our tremor catalogue. The resultant tremor catalogue will be available in Slow Earthquake Database (Kano et al., 2018).

キーワード：テクトニック微動、スロー地震、海底地震計、S-net、日本海溝
Keywords: tectonic tremor, slow earthquake, ocean bottom seismometer, S-net, Japan trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spontaneous Slow Slip and Runaway Slip in Laboratory

*高橋 美紀[1]
*Miki Takahashi[1]

1. 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST

Earthquake nucleation and propagation involves the acceleration of slip on a fault from a background, quasi-static, low-velocity state towards meter-per-second values. From shear experiments using brine-saturated simulated gouge composed of 80:20 wt.% mixtures of halite and muscovite (following e.g. Niemeijer & Spiers, 2007, JGR), Takahashi et al., [2017, G-cubed] recently reported a switch in the dominant deformation process, from distributed viscous flow (pressure solution creep) to localized brittle deformation, at a critical velocity V_c (~20 μm/sec). The direct effect which is normally observed upon perturbations in sliding rate disappears for $V > V_c$, suggesting that runaway fault-slip may be achieved when the sliding velocity exceeds V_c.
At relatively low shear stress, flow mechanisms, such as pressure solution creep and dislocation creep, will be fast enough to effectively suppress slip acceleration. However, with increasing the shear stress, there may be a velocity range in which flow mechanisms still works but not as effective. Hypothesizing that, under constant shear stress boundary conditions, this may lead to spontaneous acceleration followed by deceleration, analogous to a slow slip event. Moreover, imposing the constant shear stress with equal or larger value of the maximum strength of the simulated gouge, I also hypothesize that slip acceleration may proceed as $V > V_c$, inducing a dynamic weakening.
To address these hypotheses, I conducted torque-controlled rotary shear experiments, using brine-saturated, 80:20 wt % mixtures of halite (grain size < 75 μm) and muscovite (grain size < 33 μm) powders. Approximately 1.65 g of the gouge mixture was sandwiched between two teethed steel piston rings, forming an initially 1 mm thick layer. The piston rings had an inner diameter of 38 mm, and an outer diameter of 50 mm. I used a high-velocity rotary shear apparatus designed by T. Shimamoto [e.g., Togo and Shimamoto, 2012], and now installed at the Geological Survey of Japan (GSJ). The apparatus was modified to enable torque control with an accuracy of ±0.002 in the friction coefficient (μ), at a normal stress of 5 MPa. Rotation displacement is measured using a potentiometer installed close to the piston ring at the rotating side.
A preliminary result shows the velocity evolution after stepwise changes in the shear stress. At low shear stresses, corresponding to the pressure solution creep-controlled regime, transient increasing velocity towards a steady-state values suggests stable sliding. At $\mu \approx 0.6$, the simulated gouge shows spontaneous acceleration to $V \approx 1$ μm/sec, followed by deceleration. Lastly, under a constant shear stress condition equivalent to $\mu = 0.67$, spontaneous slip acceleration occurred followed by dynamic weakening at $V \approx V_c = 20$ μm/sec. More experiments and microstructural observations will help to elucidate the relationship between the critical velocity and the switch among dominant deformation mechanisms.

キーワード：shear stress control test、spontaneous acceleration/deceleration、dynamic weakening
Keywords: shear stress control test, spontaneous acceleration/deceleration, dynamic weakening

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高速断層すべり過程における石英質岩の水和化、非晶質化：人工水晶を用いた摩擦実験による検討

Hydration and amorphization of quartz rocks during high-velocity frictional sliding: An examination of fault gouge from friction experiments of synthetic quartz

* 尾上 裕子[1]、 飯田 大貴[2]、堤 昭人[1]、瀧川 晶[1]
*Yuko Onoe[1], Hirotaka Iida[2], Akito Tsutsumi[1], Aki Takigawa[1]

1. 京都大学理学研究科、2. 地熱エンジニアリング（株）
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Geothermal Engineering Co., Ltd.

高速のすべり速度域では、様々な種類の岩石、断層ガウジが摩擦強度の弱化を起こすことが明らかになっており、ほとんどの岩石の高速度下での摩擦強度弱化は摩擦溶融や断層物質の熱分解などを原因とすることがわかっている。一方で、石英質岩を用いた実験では、摩擦発熱がほとんどないすべり速度 1 mm/s付近の低速度域で摩擦強度弱化がはじまっており、これは摩擦熱を原因にもたない特異的な現象と考えられている(Di Toro et al., 2004)。この石英質岩の摩擦強度弱化の要因としては、Goldsby and Tullis [2002]において摩擦表面に水和化非晶質シリカのガウジが形成され、その潤滑効果によって摩擦弱化が引き起こされるというGel lubrication modelが提唱されている。しかし、摩擦強度弱化と断層表面のガウジの水和化、非晶質化の関係は未だ明らかではない。

本研究は、石英質岩にみられる摩擦強度弱化のメカニズムを解明することを目的とした。全ての実験は京都大学の回転式中高速摩擦試験機を使用し行った。実験試料には人工水晶を使用した。実験は1.5 MPaの一定垂直応力条件下で、5 μm/s、10 μm/s、105 μm/s、1 mm/s、10 mm/s及び105 mm/sのすべり速度で実施した。本研究では、湿度による水分子の供給という点に着目し湿度0 %(DRY条件)と室内湿度約45 %(Room Humidity条件)の２種類の湿度条件を設定した。DRY条件は試料部を乾燥空気で満たすことで実現した。摩擦実験後、すべり面上のガウジを採取して、FTIR分析を行った。

摩擦実験の結果、人工水晶試料の摩擦挙動はDRY条件とRoom Humidity条件で異なるものであった。いずれの湿度条件においても摩擦挙動弱化は観察されたが、DRY条件においては従来指摘されていたすべり速度1 mm/s 付近よりさらに低速、およそ10 μm/s 付近で弱化が始まっていた。FTIR分析の結果、全測定試料でガウジの水和化が確認された。また、DRY条件及びRoom Humidity条件のいずれにおいても、速度が速いほど結晶構造の損傷が進んでいることが確認できた。

DRY条件及びRoom Humidity条件のいずれにおいても、少なくとも摩擦強度弱化のおきた試料の摩擦表面のガウジは水和化していることを示しており、これはGoldsby and Tullis [2002]の弱化モデルを否定しない。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Constraining S Wave Velocity of the Source Region of Shallow Very Low-Frequency Earthquakes

*悪原 岳[1]、利根川 貴志[2]
*Takeshi Akuhara[1], Takashi Tonegawa[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 海洋開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Research and Development center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Shallow very low-frequency earthquakes (VLFEs), which are believed to occur in the vicinity of megathrusts, have been often associated with elevated pore fluid pressure. Lines of evidence for this idea include a small amount of stress drop, high tidal sensitivity, and reduced P wave velocity inferred from active source seismic surveys. Revealing the physical properties of the source region of shallow VLFEs will lead to a better understanding of their generation mechanisms. However, the challenge lies in the difficulty of acquiring S wave velocity in fine resolution.

Recent achievements by the authors may help overcome this issue. Akuhara et al. (2019) developed a robust technique to estimate Green's functions of receiver side structures from offshore seismograms, which are typically ill-conditioned due to water reverberations. Tonegawa et al. (2017) inverted Rayleigh wave admittance (i.e., a ratio of ground displacement to hydraulic pressure) for shallow S wave velocity structures beneath DONET seafloor observatories at the Nankai Trough subduction zone. Their velocity models show low-velocity zones that characterize the source regions of shallow VLFEs. However, a smoothing constraint imposed on the models renders their interpretation somewhat difficult.

This study presents preliminary results from transdimensional inversion of receiver-side Green's function estimated by the method of Akuhara et al. (2019), where we adopt a prior constraint by the velocity models of Tonegawa et al. (2017). Complementary to the Rayleigh admittance, the Green's function approach is sensitive to velocity contrasts and thus will offer an improved resolution.

キーワード：浅部超低周波地震、地震波速度構造、海底地震計、ベイズ統計
Keywords: shallow very low frequency earthquake, seismic velocity structure, ocean bottom seismometer, bayesian analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantitative relationship between aseismic slip propagation speed and frictional properties

*有吉 慶介[1]、アンプエロ ジャンポール[2,3]、バーグマン ローランド[4]、松澤 暢[5]、長谷川 昭[5]、日野 亮太[5]、堀 高峰[1]
*Keisuke Ariyoshi[1], Jean-Paul Ampuero[2,3], Roland Burgmann[4], Toru Matsuzawa[5], Akira Hasegawa[5], Ryota Hino[5], Takane Hori[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. コート・ダジュール大学、3. カリフォルニア工科大学、4. カリフォルニア大学バークレー校、5. 東北大学大学院理学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Université Côte d’Azur, 3. California Institute of Technology, 4. University of California, Berkeley, 5. Graduate School of Science, Tohoku University

Recent observations show evidence of propagation of postseismic slip, whose propagation speed may contain information about the mechanical properties of faults. Here, we develop a new analytical relationship between the propagation speed of aseismic slip transients and fault frictional properties, modeled by a rate- and state-dependent friction law. The relationship explains the propagation speed of afterslip in 3-D numerical simulations to first order. Based on this relationship, we identify systematic dependencies of afterslip propagation speed on effective normal stress σ and frictional properties (the coefficients a and a-b which quantify the instantaneous and the steady-state velocity-dependence of friction, respectively, and the characteristic slip distance d_c of fault state evolution). Lower values of the parameter $A=a\sigma$ cause faster propagation in areas where the passage of the postseismic slip front induces large shear stress changes $\Delta\tau$ compared to A, which are typically located near the mainshock rupture. In areas where $\Delta\tau/A$ is small, typically more distant from the mainshock, afterslip propagation speed is more sensitive to (a-b) σ. The propagation speed is proportional to initial slip velocity and inversely proportional to d_c. The relationship developed here should be useful to constrain the frictional properties of faults based on observed propagation speeds, independently of rock laboratory experiments, which can then be used in predictive numerical simulations of aseismic slip phenomena.

キーワード：速度状態依存摩擦構成則、有効法線応力、応力擾乱
Keywords: rate- and state-dependent friction, effective normal stress, stress perturbation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comprehensive detection of very low frequency earthquakes off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, northeastern Japan

*馬場 慧[1]、竹尾 明子[1]、小原 一成[1]、松澤 孝紀[2]、前田 拓人[3]
*Satoru Baba[1], Akiko Takeo[1], Kazushige Obara[1], Takanori Matsuzawa[2], Takuto Maeda[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 防災科学技術研究所、3. 弘前大学理工学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

Very low frequency earthquakes (VLFEs), classified as one type of slow earthquakes, occur near seismogenic zones. VLFEs off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku in northeastern Japan occur around subducting plate interfaces near trenches. Asano et al. (2008) found VLFEs in the off-Tokachi region, the southern part of the Pacific coast of Hokkaido along the Kuril Trench, by array signal processing using high-sensitivity accelerometers of Hi-net operated by National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED). In recent years, VLFEs off the Pacific coast of Tohoku were found by visually checking broadband seismograms of F-net operated by NIED and other events were detected by the matched-filter technique using waveforms of detected events as templates (Matsuzawa et al., 2015). However, the number of detected VLFEs may have been limited because of the small number of the VLFE templates in previous studies. Baba et al. (2018, SSJ) set four virtual epicenters off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku and detected VLFEs by the matched-filter technique using numerically simulated waveforms as templates. We extended virtual epicentral gridsto make more comprehensive detection of VLFEs.

We used continuous seismograms of F-net seismometers from January 2003 to July 2018 after applying a band-pass filter of 0.02–0.05 Hz. We set 123 virtual epicentral grids off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, and computed the synthetic waveform from the source at each virtual epicenter by the finite difference method with a three-dimensional velocity structure model, namely, Japan Integrated Velocity Structure Model (Koketsu et al., 2012). The fault mechanisms were assumed to be consistent with the geometry of the plate boundary and a plate motion model, NUVEL-1A. We then calculated station- and component-averaged cross-correlation coefficients (averaged CC) between synthetic waveforms and the data of F-net seismograms every 1 s, and selected the events which have averaged CC above nine times of the median absolute deviation of the distribution. This method is, however, sensitive to regular earthquakes and teleseismic events as well. We then excluded the signal of regular earthquakes by discarding events with the amplitudes of more than 160 nm/s at 1-2 Hz in vertical components at the nearest stations. Moreover, to remove teleseismic events, we used the USGS earthquake catalog and discarded events with high amplitudes and low averaged cross-correlation coefficients.

VLFE activities in the off-Tokachi and off-Aomori regions show synchronized episodic bursts in the interval of several months. VLFEs in the off-Tokachi region was rapidly increased by the afterslip of the 2003 Tokachi-Oki earthquake. Those in the off-Iwate and off-Ibaraki regions, located out of the coseismic slip area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (hereinafter, the Tohoku earthquake), were also rapidly increased by the afterslip of the Tohoku earthquake. VLFE activity in the off-Miyagi region is characterized by episodic bursts in the interval of several months to one year before the Tohoku earthquake, but it became low since then. VLFE activity in the off-Fukushima region show dramatic increase after an Mw 6.9 earthquake at off-Fukushima on July 19, 2008. In the off-Miyagi and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

off-Fukushima regions, located within or at the edge of the coseismic slip area of the Tohoku earthquake, VLFE activity has been low since the Tohoku earthquake probably because the earthquake released the stress almost completely. These results suggest that VLFEs are sensitive to the stress perturbation and can be a slip meter that reflect spatiotemporal change of the interplate slip, as has been indicated by previous studies. Consequently, one possible cause of these episodic VLFE bursts in the off-Tokachi, off-Aomori and off-Miyagi regions may be the intermittent release of small portion of stress accumulated by interplate locking between plates in the interval of several months to one year. The interval of episodic bursts is shorter than a periodicity of slow slips ranging from 1 to 6 years off the Pacific coasts of Tohoku indicated by Uchida et al. (2016).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSデータを用いた1997-2017年東海地方スロースリップイベントの推定

Spatio-temporal evolution of long- and short-term slow slip events in the Tokai region, central Japan estimated from a very dense GNSS network, during 1997-2017

*坂上 啓[1]、西村 卓也[2]、福田 淳一[3]、加藤 照之[4]
*Hiromu Sakaue[1], Takuya NISHIMURA[2], Jun'ichi Fukuda[3], Teruyuki Kato[4]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学地震研究所、4. 神奈川県温泉地学研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, 3. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 4. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

The long-term slow slip events (SSEs) have been reported on the subducting Philippine Sea Plate in the Tokai region, central Japan during 2001-2005 and 2013-2016. Many short-term slow slip events have been also observed there since 1996. We analyzed GNSS data from 1997 to 2017 to estimate spatiotemporal distribution of interplate slip associated with these SSEs in this study. The GIPSY-OASIS II software (version 6.1) was used to estimate daily coordinates of GNSS stations operated by GSI and JUNCO (the Japanese University Consortium for GPS Research). It is well known that GNSS time series have many systematic signals and noises that do not result from SSEs. They include, for example, seasonal variations, co- and post-seismic deformation of the 2004 southeast off Kii Peninsula earthquakes (M_w 7.3/7.4), the 2008 Ibaraki-ken-oki earthquake (M_w6.9), the 2008 Fukushima-ken-oki earthquake (M_w7.0) and the 2011 Tohoku-oki earthquake (M_w9.0), and crustal deformation of volcanic activity on the northern Izu Islands in 2000. After removing them, we applied a modified Network Inversion Filter (NIF) [Fukuda et al., 2008] to estimate daily slip and slip rate on the subduction plate interface.
Our results suggest that not only long-term SSEs (M_w~7.1 and M_w~6.7) in 2000-2005 and 2013-2016, but also short-term SSEs (M_w<6.1). The maximum estimated daily slip rates for short-term SSEs are an order of magnitude larger than those of the long-term SSE, and peak slip for short-term SSEs migrates along strike with LFTs synchronously. It suggests that LFTs are loaded directly by SSEs, and that slip rate regulates LFT genesis. We will present the change of back slip rate between inter short-term SSEs and characteristics of short-term SSEs (e.g. slip rates and recurrence interval) depending on the occurrence of long-term SSE.

キーワード：東海地方スロースリップ、東海地方、GNSS
Keywords: slow slip event, Tokai region, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Broadband excitation of acoustic emission in granular stick-slip : experiments and spectral analyses

*福水 秀和[1]、隅田 育郎[2]
*Hidekazu Fukumizu[1], Ikuro Sumita[2]

1. 金沢大学大学院　自然科学研究科　自然システム学専攻　地球環境学コース、2. 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系
1. Earth and Environmental Science Course, Division of Natural System, Graduate school of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. School of Geosciences and Civil Engineering, Kanazawa University

Slow slip and tremor are observed to occur simultaneously (e.g., Rogers and Dragert, Science, 2003). Such observation can be modelled using granular stick-slip experiments which show that the timing of the slips and acoustic emission (AE) are well correlated (e.g., Johnson et al., GRL, 2013, Jiang et al. GRL, 2017). AE waveforms are complex (e.g., Michlmayr & Or, Gran. Matt., 2014), and we do not fully understand the details of the temporal change of AE during the slip. Here we report the results of granular stick-slip experiments which focus on how their spectra depend on the shear rate, particle size and container size.

We shear glass beads contained in a stainless steel beaker using a rotating viscometer to which a vane spindle is attached (Higashi and Sumita, JGR, 2009), and measure the shear stress and AE at 200kHz. We use broadband accelerometers and microphones to measure AE. Four accelerometers are attached at the outer rim of the beaker, and each are separated by an angle of 90 degrees.

We integrate the acceleration to obtain AE velocity –time series data and analyze their characteristics in broad band. We find that although AE has a broad spectrum, the spectra show that there are two characteristic frequency (f) components ; a high-f (of the order of 100 Hz) and a low-f (of the order of 10Hz) components. The velocity waveforms recorded at antipodal positions, show that the high-f components are in phase, whereas the low-f components are of the opposite phase. This indicates that the mechanism which excite these components differ : the high-f component may correspond to AE excited by particle rearrangement, whereas the low-f component may correspond to the translational motion of the container. Indeed we find that the frequency of the low-f component depends on the container size.

We also conducted experiments using a rheometer in a parallel-plate setup and confirmed that these two different components exist. When the particle size becomes larger, the amplitude of the shear stress and the AE velocity increases. Furthermore we find that the mean frequency of the normalized power spectra rose to a higher frequency, thus correlating with the stress increase.

Our experiments indicate that AE is excited in broadband, and that their frequency components can be used to infer the interparticle stress. Such excitation appear to be analogous to tremors and very low frequency earthquakes that are also excited simultaneously.

キーワード：粉粒体、固着すべり、アコースティックエミッション、地震、微動
Keywords: granular matter, stick-slip, acoustic emission, earthquake, tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Episodic tremor and slip silently invades strongly locked megathrust in the Nankai Trough

*加納 将行[1]、加藤 愛太郎[2]、小原 一成[2]
*Masayuki Kano[1], Aitaro Kato[2], Kazushige Obara[2]

1. 東北大学理学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate school of science, Tohoku University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Recent seismic and geodetic observations in subduction zones have revealed that slow earthquakes have preceded some large earthquakes (e.g., Kato et al., 2012; Mavrommatis et al., 2014; Ruiz et al., 2014). Characterization of slow earthquakes and their relation to large earthquakes provides important clues to constrain a wide spectrum of slip rates on tectonic faults. In this study, we report new evidence of a slow slip transient at the downdip edge of the strongly locked seismogenic zone in the western Nankai Trough in southwest Japan based on GNSS time series. This slow slip transient was remotely excited during an episodic tremor and slip at the downdip extension of the locked zone. Through this remote triggering, the frequent occurrence of the deep episodic tremor and slip invades the strongly locked megathrust zone and may intermittently increase the probability of large earthquakes in the Nankai Trough.

Acknowledgments

We used GNSS data provided by the Geospatial Information Authority of Japan. This study was supported by the JSPS KAKENHI Grant Number JP15K17743 in Grant-in-Aid for Young Scientists (B), JP18K03796 in Grant-in-Aid for Scientific Research (C), JP16H06473 and JP16H06474 in Scientific Research on Innovative Areas “Science of Slow Earthquakes.”

キーワード：Slow slip events、Slow earthquakes、Western Shikoku、GNSS
Keywords: Slow slip events, Slow earthquakes, Western Shikoku, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial distribution of the electrical resistivity beneath western part of Shikoku Island where long-term SSE events have repeatedly occurred

*上嶋 誠[1]、畑 真紀[1]、市原 寛[2]、吉村 令慧[3]、相澤 広記[4]
*Makoto Uyeshima[1], Maki Hata[1], Hiroshi Ichihara[2], Ryokei Yoshimura[3], Koki Aizawa[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山センター、3. 京都大学防災研究所、4. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University

In the Bungo channel area at the western margin of the Nankai megathrust rupture zones, the long-term slow slip events (SSE) repeatedly occurred about every 6 or 7 years. Since the last large-scale SSE event occurred in 2010, we will have a next large event soon. In order to obtain the electrical resistivity structure in the vicinity of the SSE area and examine its temporal change, we have started the Network-MT survey in the western part of the Shikoku Island facing the Bungo channel since April, 2016. Just before beginning of the observation, a tiny-scale SSE event occurred in the Bungo-channel (Ozawa, 2017, Hirose et al., 2018). We selected 17 areas in the western part of the Shikoku Island and installed 3 or 4 electrodes in the respective areas. The electrical potential differences with typical electrode spacing of several km are measured by using metallic telephone line network. We also measure the geomagnetic field at two stations in the target region. With the aid of the BIRRP code (Chave and Thomson, 2004), we could estimate the frequency-domain Network-MT response functions of good quality between the voltage difference and the magnetic field. The Network-MT response functions were directly inverted to estimate the 3-D resistivity structure in this area with the aid of the DASOCC Network-MT 3-D inversion code (Siripunvaraporn, Uyeshima & Egbert, 2004).

Conductive portions are commonly detected in the mid-crust of the target region. Their roots are just on the upper surface of the subducting Philippine Sea slab. This may suggest dehydration there. Among the spatial distribution of resistivity, that of seismic P-wave attenuation (Kita and Matsubara, 2016), and that of SSE slips (e.g. Ozawa et al., 2013, Yoshioka et al., 2015, Hirose et al., 2018), some mutually related features are detected. Low Qp (high attenuation) areas tend to correspond to highly conductive areas. The low Qp and highly conductive area are detected just above the subducting slab and outside of the SSE area. Inside the SSE area, while Qp takes generally high values, a patchy conductive area is detected in overall resistive background structure.

This study is supported by JSPS KAKENHI Grand Number JP16H06475 in Scientific Research on Innovative Areas "Science of Slow Earthquakes". It is also partly supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan, under its Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program. We acknowledge staffs of the Nippon Telegraph and Telephone WEST Corporation for their cordial support in the survey. We also thank H. Abe, A. Takeuchi and Y. Suwa for their help in preparing and installing instruments.

キーワード：豊後水道スロー地震、３次元比抵抗構造、Network-MT観測
Keywords: slow slip event beneath the Bungo Channel, 3-D resistivity structure, Network-MT observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variations of scaling relationships for shallow tremor observed along the Nankai trough

*中野 優[1]、矢部 優[1]
*Masaru Nakano[1], Suguru Yabe[1]

1. 独立行政法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Scaling relationships of seismic phenomena is one of keys to understand the source processes. Size distributions of slow earthquakes as low-frequency earthquakes (LFEs), non-volcanic tremor (NVT), very-low-frequency earthquakes (VLFE), and slow-slip events (SSEs) have been studied in many locations. Some studies showed that the size distribution follow an exponential law (e.g. Watanabe et al., 2007; Hiramatsu et al., 2008; Chestler and Creager, 2017), while others showed that power law distributions better explain the observations (e.g. Kao et al., 2010; Bostock et al., 2015; Nakamura and Sunagawa, 2015).
Most of previous studies are for slow earthquakes that occur in regions deeper than the source region of megathrust earthquakes, and only a limited number of studies have been carried out for shallow slow earthquakes beneath accretionary prism as observed along the Nankai trough. Although observed characteristics of shallow and deep ones are very similar, physical conditions as temperature and pressure much differs in these region.
In our previous studies (Nakano et al., 2018SSJ, AGU), we obtained the result that shallow tremor follows a power law distribution with b values of about 1. In this study, we further analyzed tremor activities beneath the Muroto fore-arc basin. using data from DONET2. We estimated the seismic energy of tremor signals using the same method as our previous studies, during intensive activities starting in September 2015, April 2016, February 2017, and February 2018. The source region of each activity is different from each other, spanning between off Shiono-Misaki and off Cape Muroto.
The size distribution of each activity mostly follow power-law distributions, but the b value varies from 0.7 and 1.7. We note that the activity in 2016 is also well fitted by an exponential law, probably due to narrow range of observed event size distribution. Similar result has been obtained in the 2018 activity in Kumano. The size distribution deviate from a power law for largest events as observed in Kumano activities. This deviation at larger events would be due to limited system size, expected from the theoretical stochastic model of tremor by Ide and Yabe (2018). The upper limit of event size, and accordingly the system size, varies from activity to activity.
We also investigated the relation between the seismic energy and duration of tremor events. The relation also follows a power law, with slopes of 2.0 to 2.6 in Kumano, and 1.5 to 3.3 in Muroto. These values are again consistent with the expectation value of 2 from the model of Ide and Yabe (2018).
These investigations represent that the scaling relationships of shallow tremor are mostly consistent with the 2D PCA model by Ide and Yabe (2018). Further studies would be necessary to reproduce the observed variations of the scaling parameters.
Acknowledgments: We used DONET data and JMA and USGS earthquake catalogs in the analysis. This research was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 16H06477 in Scientific Research on Innovative Areas “Science of Slow Earthquakes”

キーワード：DONET、南海トラフ、地震のサイズ分布
Keywords: DONET, Nankai trough, earthquake size distributions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Low-frequency earthquakes triggered by teleseismic surface waves by Ryukyu subduction zone.

金城 亜祐美[1]、*中村 衛[1]
Ayumi Kinjo[1], *Mamoru Nakamura[1]

1. 琉球大学理学部
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

We investigated low-frequency earthquakes (LFEs) in the Ryukyu Trench region that were triggered by surface waves from teleseismic earthquakes. Although these LFEs in the southwestern Ryukyu arc have previously been explored by Chao et al. (2016), their hypocenter distribution is not known in detail.

We selected 50 earthquakes from January 2004 to December 2016, which had magnitudes greater than 7.5 and epicentral distances between 9–150˚. We used the waveforms of 6 broadband seismometers in the Ryukyu arc from F-net (NIED) to analyze the surface waves. We also used the waveforms of 20 short-period seismometers in the Ryukyu arc from the Japan Meteorological Agency to detect trace LFEs in Ryukyu Island and determine their hypocenters.

The LFEs in the Yaeyama and Okinawa regions were observed. In the former region, during the passage of the surface waves, spindle-shaped LFE waveforms were first observed at Hateruma (south of Yaeyama Islands), and later at other stations in the Yaeyama region. Similarly, for the latter region, during the passage of the surface waves, spindle-shaped LFE waveforms were first observed at ZMM or Tamagusuku (south of Okinawa Island), and later at other stations in the Okinawa region. These observations suggest that the sources of the triggered LFEs were near or south of Hateruma and Tamagusuku.

We subsequently determined the hypocenters of the triggered LFEs. We computed the LFE travel-time difference between two stations using cross-correlations of the waveforms (Obara, 2002). The travel-time difference of waveforms of the LFEs corresponded to travel-time difference of the S-phase because S-waves were dominant in the LFEs, and P-waves were weak. The hypocenters were determined using the grid search method (Chao et al., 2013). In the Yaeyama region, the LFE hypocenters were mainly distributed near Hateruma Island. In the Okinawa region, they were distributed south of Okinawa Island. These positions are similar to the positions of the LFE hypocenters that accompany very low frequency earthquakes (LFE-VLFEs). This suggests that faulting in a cluster of LFE-VLFEs would be active with dynamic stress change.

In the Okinawa and Yaeyama regions, LFEs are triggered when the peak ground velocity of the surface wave is greater than 0.1 cm/s. This threshold value is similar to that for LFEs in Taiwan (Chao et al., 2013), suggesting that the weak friction coefficient at the plate interface of the Ryukyu Trench is similar to that in Taiwan.

キーワード：低周波地震、表面波、琉球海溝
Keywords: low frequency earthquake, surface wave, Ryukyu Trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

四国地方における深部低周波微動に同期する地表変位の検出
Detection of small surface displacement accompanying deep low-frequency tremor in Shikoku region, southwest Japan

*岡田 悠太郎[1]、田部井 隆雄[2]
*Yutaro Okada[1], Takao Tabei[2]

1. 高知大学理学部、2. 高知大学理工学部
1. Faculty of Science, Kochi University, 2. Faculty of Science and Technology, Kochi University

In many subduction zones in the world, several types of slow earthquakes occur with different depths on the plate interface and some of them are accompanied by surface displacement. In this study, we focus on small surface displacements coincident with non-volcanic deep low-frequency tremor in Shikoku region in the Nankai subduction zone, southwest Japan.

We use daily coordinates time series from 107 GEONET stations located in Shikoku and tremor catalog compiled by NIED (Maeda and Obara, 2009; Obara et al., 2010) in the period from Jan. 1 2004 to Dec. 31 2008. Since GNSS coordinates changes due to the Bungo Channel long-term slow slip events are well reproduced by S-shaped logistic function, we use the same function to extract small displacement coincident with tremor activity. At first, we convert horizonal components into N50˚W direction after removing annual and semiannual variations and common-mode errors. Next, we fit the logistic function to a data segment with variable time window of 5, 7, and 9 days and estimate an amplitude of the function. The fitting is checked by a correlation coefficient between the observation and calculation. We apply this fitting for entire data period at all stations sliding data segment. Finally, we extract displacement when the amplitude of the fitted logistic function exceeds a certain criterion (1.8 mm in this study) and the correlation coefficient is large enough. If the extracted displacement is coincident with tremor activity within 30 m from the GNSS station, we adopt it as the tremor-related displacement. As a result, 225 events are adopted.

Spatial pattern of the tremor-related displacement seems to be related with the location and mechanism of the tremor event though closer inspection is needed. However, we extract much more small displacements by fitting a logistic function, of which the source is unknown. The logistic function is effective to reproduce transient displacement of the surface but we need to reconsider noise reduction of GNSS time series, time constant of logistic function, time window of the fitting, and so on.

キーワード：GNSS、西南日本、深部低周波微動
Keywords: GNSS, southwest Japan, Deep low frequency tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Long-term temporal change in crustal resistivity beneath western Shikoku

*山下 太[1]、本蔵 義守[1]
*Futoshi Yamashita[1], Yoshimori Honkura[1]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

In southwest Japan, various slow earthquakes such as deep low-frequency tremor and short/long-term slow slip events occur at the subducting plate interface (e.g. Obara and Kato, 2016, Scinence). In western Shikoku, Magneto-telluric (MT) survey was carried out along the dip direction of subducting Philippine Sea plate. The survey revealed an existence of low-resistivity structure in the lower crust in this region (Yamashita and Obara, 2009, AGU). In order to investigate a relationship between this characteristic structure and the activity of slow earthquakes, NIED has been carrying out continuous MT observations in western Shikoku since 2008. Here we show the observational records over 10 years and then discuss a relationship between observed temporal change in crustal resistivity and activity of the long-term slow slip event (L-SSE). Two observational sites KBN and IKT are available as of 2019. Qualities of data recorded at these sites are relatively fine. However, in order to improve the quality for discussing subtle change in MT parameters, we apply a data processing method same as Honkura *et al.* (2013, Nature comm.); we use only data whose coherency between electric and magnetic field is higher than a threshold. The lowest frequency of processed data is 0.00028 Hz. The processed MT parameters, apparent resistivity and phase, do not show any long-term temporal changes at KBN site even after temporal stops of observation over some months. On the other hand, apparent resistivity at IKT site, which is around 10 km southwest away from KBN site, shows temporal reduction at a frequency lower than 0.0022 Hz between 2010 and the middle of 2012. It is known that L-SSE occurred beneath the Bungo Channel in 2010 (e.g. Yoshioka *et al.*, 2015, GJI), which could induce resistivity change in the lower crust and then it might be detected by our MT observation.

キーワード：地殻比抵抗、長期的スロースリップ、MT法
Keywords: Crustal resistivity, Long-term slow slip event, Magneto-telluric method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Slow decay of postseismic deformation compared with aftershocks following the 2011 Tohoku-oki Earthquake

*三井 雄太[1]、森上 竣介[2]
*Yuta Mitsui[1], Shunsuke Morikami[2]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 元・静岡大学大学院総合科学技術研究科
1. Department of Geosciences, Shizuoka University, 2. Formerly at Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

In the literature, decays of postseismic deformation rates of large earthquakes were almost comparable to aftershock decays for subduction earthquakes (e.g. Hsu et al. (2006), Lange et al. (2014)). They are characterized by the modified Omori law with p~1, which means "afterslip-triggerred aftershocks". In this study, we focus on the 2011 Tohoku-oki megathrust earthquake using GNSS and seismicity data. On the basis of high-rate analysis of RINEX data and the F3 solution provided by the Geographical Survey Institute (GSI), we clarify the characteristics of postseismic deformation and aftershocks up to five orders of magnitude of time scale. We find that the p value for the postseismic deformation (p_m) is ~0.7, by contrast, that for the aftershocks (p_n) is ~1. Because a rate-and-state-friction model (Helmstetter and Shaw (2009)) predicted $p_m>=p_n$, another or an additional physical mechanism is necessary to explain the data of $p_m<p_n$. One important mechanism is viscoelastic relaxation of asthenosphere, thus we try fitting the postseismic deformation data by combination of afterslip and viscoelastic relaxation (a model of Suito (2017)). The fitting is not poor but fails to reproduce the Omori-like decay. More complex combination models may improve the fitting, but would not make simple Omori-like power-law decays. We need more sophisticated physical model to represent the decay characteristics of postseismic deformation.

キーワード：余震、余効変動、余効すべり、粘弾性緩和、2011年東北沖地震
Keywords: aftershocks, postseismic deformation, afterslip, viscoelastic relaxation, the 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スロー地震発生深度で形成された沈み込み剪断帯における蛇紋岩の脱水
Serpentinite dehydration in subduction shear zones formed at source depths of slow earthquakes

*森 康[1]、重野 未来[1]、氏家 恒太郎[2]、野呂 和也[2]、西山 忠男[3]
*Yasushi Mori[1], Miki Shigeno[1], Kohtaro Ujiie[2], Kazuya Noro[2], Tadao Nishiyama[3]

1. 北九州市立自然史・歴史博物館、2. 筑波大学、3. 熊本大学
1. Kitakyushu Museum of Natural History and Human History, 2. University of Tsukuba, 3. Kumamoto University

Long-term slow slip events (L-SSEs) and episodic tremor and slip (ETS) occur along the subduction plate boundary at depths of 30–45 km (Obara, 2002; Shelly et al., 2006). These deep slow earthquakes are probably induced by high pore-fluid pressure. Based on geological study, we propose that the high pore-fluid pressure can be produced by metasomatic dehydration of serpentinite in subduction shear zones at source depths of deep slow earthquakes.

The Nishisonogi metamorphic rocks in Kyushu, Japan, are part of a Late Cretaceous subduction complex metamorphosed at $P \approx 1$ GPa and $T \approx 470$ ˚C. The P-T conditions are close to those of source depths of deep slow earthquakes. Serpentinite mélanges intercalated with the metamorphic rocks contain blocks of metabasite, metapelite and albitite. The mélange matrix consists of chlorite-actinolite schist (CAS), talc schist and schistose serpentinite. Intense shear deformation is concentrated in the CAS, and the serpentinite mélanges have the characteristics of anastomosing shear zones.

Bulk chemical composition of the rocks suggests that the CAS is the metasomatized mixture of serpentinite and metabasite. In addition, chemical mass balance indicates considerable dehydration during the CAS formation, along with a slight increase of solid volume. These findings suggest that the CAS formation involves the build-up of pore-fluid pressure. The high pore-fluid pressure results in the concentration of shear deformation into the weakened CAS.

Dehydration of serpentinite probably plays a key role in deep slow earthquakes (Poulet et al., 2014; Okazaki and Katayama, 2015). Thermal dehydration of serpentinite occurs at ~600 ˚C along the subduction plate boundary (Auzende et al., 2006), which is much higher temperature than that of source depths of deep slow earthquakes. In contrast, metasomatic dehydration of serpentinite described here could occur at source depths of deep slow earthquakes.

Auzende, A-L., et al., 2006, EJM, 18, 21–33. Obara, K., 2002, Science, 296, 1679–1681. Okazaki, K., Katayama, I, 2015, GRL, 42, 1099–1104. Poulet, T., et al., 2014, JGR, 119, 4606–4625. Shelly, D.R., et al., 2006, Nature, 442, 188–191.

キーワード：蛇紋岩メランジュ、剪断帯、脱水、間隙流体圧、西彼杵変成岩類、深部スロー地震
Keywords: serpentinite mélange, shear zone, dehydration, pore fluid pressure, Nishisonogi metamorphic rocks, deep slow earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中部琉球海溝における超低周波地震群発地震活動に続いて起こる群発地震活動

Earthquake swarms following very low-frequency earthquakes in the central Ryukyu Trench

*中村 衛[1]
*Mamoru Nakamura[1]

1. 琉球大学理学部
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

中部琉球海溝の奄美大島から沖縄本島にかけての海溝軸付近では数年に一度群発地震が発生している。2018年９月に発生した群発地震活動の時には、その直前に付近で低周波地震活動が発生していた。そこで、この地域で発生する超低周波地震の活動と群発地震活動との間にどのような関係があるのか調べた。普通の地震活動は気象庁地震カタログ使用した。超低周波地震はNakamura and Sunagawa (2015)およびそれを2018年１２月まで拡張したカタログを使用した。

比較した結果、この海域では海溝軸付近で群発地震活動が始まる約１カ月前に周辺で超低周波地震の群発地震活動が起こっていた。これまでに発生した海溝軸付近での主な群発地震活動は2005年8月（最大地震はM4.7）、2009年4月（最大地震はM5.1）、2016年5月（最大地震はM5.6）、2018年9月（最大地震はM6.2）に起こっている。

2005年8月のときには、群発地震活動の３カ月前に超低周波地震活動が沖縄本島付近から奄美大島付近にかけて断続的に発生していった。2009年4月のときには、奄美大島で超低周波地震が発生し始めた2週間後に群発地震活動が始まった。超低周波地震はその後沖縄本島付近にかけて断続的に発生していった。2016年5月のときには、超低周波地震が奄美大島付近で始まり沖縄本島付近へかけて断続的に発生していった。その約20日後に海溝軸付近で群発地震活動が始まった。2018年9月の時には、超低周波地震が沖永良部島付近で始まり沖縄本島付近へかけて断続的に発生していった。その約25日後に海溝軸よりやや陸側で群発地震活動が始まった。これら群発地震は正断層型であり、沈み込んだプレート内で発生したスラブ内地震である。プレート面で小さなスロースリップイベントが発生したとしてＤＣＦＳを計算したところ、海溝軸付近まで滑りが達しないと、スラブ内で正断層型地震の発生を加速させるような応力にはならないことがわかった。

スロースリップイベントが奄美大島付近から沖縄本島付近まで超低周波地震を伴いながら伝播し、その後、時間遅れをもった応力変化によって、または海溝軸付近まで滑りが伝播して、海溝付近でスラブ内の正断層型群発地震活動が誘発されたと考えられる。

キーワード：超低周波地震、琉球海溝、群発地震
Keywords: Very low frequency earthquake, Ryukyu Trench, Earthquake swarm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic imaging in the central Nankai trough, off Shionomisaki to Kii channel

*中村 恭之[1]、小平 秀一[1]、野 徹雄[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、白石 和也[1]
*Yasuyuki Nakamura[1], Shuichi Kodaira[1], Tetsuo No[1], Yuka Kaiho[1], Gou Fujie[1], Seiichi Miura[1], Kazuya Shiraishi[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine Earth Science and Technology

Shallow very low frequency events (sVLFE) have been reported in the Nankai Trough subduction zone recently. In the central part of the Nankai trough, sVLFE were observed off Kii channel and Shinomisaki, but not reported in the area between them, off western Kii peninsula. We conducted a seismic survey with R/V *Kaimei* in November and December 2018 in Nankai subduction zone off Kii channel to Shonomisaki to investigate the structural features and its possible relationship to the sVLFE. R/V *Kaimei* fired 10600 inch^3 air gun array at every 50 m and a streamer cable (4.3 km at shortest, 5.7 km at longest) recorded the seismic signals. We acquired 23 seismic profiles with the length of ~ 75 km in dip direction at 4 km line separation and four profiles of ~ 90 km in strike direction at the shallowest part of the subduction zone. In addition, seven dip profiles with the length of 35 km were acquired off Kii channel to cover the lowermost part of the landward slope densely. The streamer cable was towed at a depth of 25 m to relatively enhance the lower frequency signals for better imaging of the deeper structure. Preliminary processed seismic profiles exhibited the structural variation in the survey area. Deformation of the hanging wall sediments and decollement were well imaged especially ~ 20 –30 km from the trough axis. Top of subducting Philippine Sea plate can be observed through ~ 40 –50 km from the trough axis in some of the obtained profiles. A pair of apparently low angle deep strong reflections were imaged at ~ 7 –8 s two-way time around 40 - 50 km from the trough axis off the western Kii peninsula, which was located slightly east and landward of the area with sVLFE. The shallowest part of the subduction zone in the area where the recent sVLFE activity was not reported, a slope basin with younger sediments deposited over the body of the accretionary prism is imaged, and the deformation was not observed in the slope basin. This suggests the thrust faults within the accretionary prism have not been active recently in this area. We will further process acquired data to obtain clearer seismic images and discuss the structural features and its connection to the observed seismological events in the Nankai Trough.

キーワード：南海トラフ、地震探査
Keywords: Nankai Trough, seismic imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Attempt to Detect Intra-plate SSEs Based on F3 Solution of GEONET

*田中 優作[1]
*Yusaku Tanaka[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute

Slow earthquakes have been detected all over the world and providing new insights into earthquakes. However, most of slow slip events (SSEs) were detected only on plate boundaries and intra-plate SSE was detected only once in Hokkaido. Thus, I attempt to detect intra-plate SSEs all over Japan using F3 solution of GEONET by GSI. I analyze the F3 data with six steps, i.e., (1) removing outliers by setting a term of mean + two times standard deviation for 1/4+1/4 year before-and-after each datum except for the datum itself and considering it is an outlier when it is out of the term, (2) removing disconnections estimated from the offsets and linear trends of 60+60 days before-and-after each datum with the least square method, (3) searching statistically significant temporal changes of the trends by using AIC, (4) cheking visually the time series in which the temporal changes are detected, (5) estimating the displacements from the trend chagnes, and (6) verifying the deformations by numerical calculation by setting rectangular faults.

As of 18th Feb 2019, my study has proceeded to the step (4). In the JpGU meeting, I will report the results of this analysis.

キーワード：地殻変動、スロースリップ、GEONET
Keywords: crustal deformation, slow slip event, geonet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus: Reproduction of slow/megathrust earthquakes in laboratory

*廣瀬 丈洋[1]、谷川 亘[1]、濱田 洋平[1]、岡崎 啓史[1]
*Takehiro Hirose[1], Wataru Tanikawa[1], Yohei Hamada[1], Keishi Okazaki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Earthquakes involve a wide range of slip rates, from slow/aseismic to fast/seismic slip along faults. Thus, frictional properties of faults over wide slip rates (nm/s to m/s), in particular under hydrothermal conditions similar to those expected in seismogenic zones are essential for a unified understanding of all earthquake events. A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus has been installed at Kochi/JAMSTEC, in order to study the fault constitutive properties at slow to fast slip rates and the physicochemical mechanisms underlying mechanical responses. The apparatus is currently capable of applying slip rates from 100 nm/s to 2 m/s, normal stress up to 55 MPa, fluid pressure up to 120 MPa and temperature up to 450oC with infinite displacement. We have been improving the apparatus to work as we intended. In pilot tests, we used metamorphic rocks (pelitic and green schists) as starting materials that are potentially distributed at and below seismogenic zones along hot and young subduction zones. We will present our preliminary results with the basic design of the apparatus.

キーワード：friction、hydrothermal、slow to fast slip
Keywords: friction, hydrothermal, slow to fast slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Very low-frequency earthquakes in western Shikoku remotely triggered by the 2016 Mw5.9 off-Kii Peninsula earthquake

*宮澤 理稔[1]
*Masatoshi Miyazawa[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Slow tectonic events are known to be sensitive to external stress perturbations due to passing seismic waves and earth tides. High-amplitude surface waves from large earthquakes have transiently triggered low-frequency earthquakes (LFEs) and slow slip events (SSEs) in subduction zones. However, dynamic triggering of very low-frequency (VLF) earthquakes during the arrival of seismic waves from a large, distant earthquake has not been observed. Because both the VLF earthquake and the surface wave have similar characteristic periods, remote triggering is not easily detected by using existing methods. We developed a particle filter/smoother for time series analysis combined with Markov chain Monte-Carlo methods, to detect seismic signals and estimate the maximum likelihood source parameters of VLF events that might have been remotely triggered. We apply this method to seismic data from the Mw5.9 earthquake, which occurred on 1 April 2016 (UTC), off Kii Peninsula. We found that six VLF events with magnitudes about 4, likely occurred in the seismogenic regions of ambient LFEs, and were likely triggered by the arrivals of high-amplitude surface waves. The triggering stress changes are from 0.4 to 1.5 kPa, which are similar to the values for LFEs triggering reported previously. Since there were no triggered LFEs in western Shikoku following the 2016 earthquake, these VLF earthquakes are more sensitive to stress changes caused by surface waves from large earthquakes.

キーワード：Very low-frequency earthquake、Remote triggering
Keywords: Very low-frequency earthquake, Remote triggering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Underground structure around source region of slow earthquakes in western Shikoku obtained by receiver function analysis

疋田 朗[1]、加藤 愛太郎[1]、*小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、悪原 岳[1]
Akira Hikita[1], Aitaro Kato[1], *Kazushige Obara[1], Akiko Takeo[1], Takeshi Akuhara[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Various types of slow earthquakes have been observed at subduction zones surrounding the Pacific Ocean. It has been suggested that elevated pore fluid pressure plays an essential role in the generation of slow earthquakes because low velocity or high Vp/Vs zones have been also reported along the plate boundaries where they occur. In Tokai region of the Nankai subduction zone, Kato et al. (2010) revealed that long-term slow slip event (SSE) occurs at the boundary between the continental lower crust and the subducting Philippine Sea plate and episodic tremor and slip (ETS) occurs between the mantle wedge and the subducting plate. Kato et al (2010) also revealed that oceanic crust indicates higher Vp/Vs in the long-term SSE region than in the ETS region. In contrast, Toya et al. (2017) reported that the oceanic crust indicates higher Vp/Vs in the ETS region than in the long-term SSE region in western Shikoku of the same subduction zone. In this study, we revealed configurations of continental Moho discontinuity and subducting oceanic crust and investigated relationship between slow earthquakes and the surrounding seismic velocity structure by receiver function analysis using a dense seismic array in western Shikoku.

As a result, continuous continental Moho and oceanic crust are clearly imaged along both north-south and east-west oriented seismic lines. The plate boundary in the south part, where the distinct continental Moho is not imaged, has steeper slope than the north part along the north-south line. ETS occurs between the mantle wedge and the subducting plate, and long-term SSE occurs along a contact between the continental crust and the oceanic crust.
We show that the oceanic crust indicates much higher Vp/Vs than the hanging wall by using also the reverberation phases. This high Vp/Vs means the elevated fluid pore pressure within oceanic crust due to dehydration. Vp/Vs in the oceanic crust is higher in the deep part of the long-term SSE region than in the ETS region like as the case of Tokai. It is assumed that fluid would accumulate within the oceanic crust owing to low permeability of the continental crust in the long-term SSE region. In contrast, serpentinization of the mantle wedge just above the ETS region could reduce fluid pressure in the oceanic crust. Furthermore, Vp/Vs in the oceanic crust becomes lower in the deeper part beyond the ETS depths, suggesting that eclogization is completed at the depths.

キーワード：レシーバ関数、ETS（深部低周波微動と短期的スロースリップイベントの同期現象）、長期的スロースリップイベント、低速度層
Keywords: Receiver function, episodic tremor and slip, long-term slow slip event, low seismic velocity layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震計アレイデータの逆投影による紀伊半島下の深部低周波微動の震源決定

Hypocenter determination of deep low frequency tremors beneath the Kii Peninsula by backprojection of seismic array data

*寒河江 皓大[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、今西 和俊[2]
*Kodai Sagae[1], Hisashi Nakahara[1], Takeshi Nishimura[1], Kazutoshi Imanishi[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 産業技術総合研究所
1. Graduate School of Science,Tohoku University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

地震計アレイ解析では，位相がそろっていれば微弱な信号でも検出することが可能である．北米のカスケード地方では，大規模稠密地震計アレイを用いた解析により，深部低周波微動の高精度震源決定が行われている (e.g. Ghosh et al.,2012)．日本では四国西部の地表地震計アレイを用いて，高角度分解能のMUltiple Signal Classification (MUSIC) 法 (Schmidt,1986) に基づく解析を行った先行研究がある (e.g. Ueno et al.,2010)．しかし，ノイズを分離してイベントを検出するための定量的な指標は考えられていない．寒河江・他 (2018 SSJ) では，産業技術総合研究所 (産総研) によって紀伊半島に配置された地表地震計アレイを用いて，アレイ観測点間の波形のコヒーレンスに基づく閾値を設定し，これまで捉えることができていなかった微動を検出することに成功した．検出した時刻のデータにMUSIC法を適用し，入射波動場のスローネスと到来方位角を高い分解能で推定したところ，それらの時間変化は微動のマイグレーションを示唆した．しかし，震源決定は行っていなかった．そこで本研究では，推定したスローネスと到来方位角を用いた逆投影により微動の震源決定を行う．

紀伊半島に配置された産総研の地表地震計アレイは，口径約1.5 km で，ほぼ十字型に50~100 m 間隔で配置された39点の3成分速度型地震計から構成される．地震計の固有周波数は2 Hz であり，サンプリング周波数は200 Hzである．本研究では，地震計の数が安定している2013年7月～2014年7月の1年間のデータを用いて解析を行う．

深部低周波微動の卓越周波数である2~10 Hz のうち，低周波数側の3Hz に着目し，以下の手順で解析を行った．(1) 地震計アレイの全観測点ペアに対して，微動が活発な時期とそうでない時期のコヒーレンスの平均値 (平均コヒーレンス) を計算する．(2) この平均コヒーレンスをもとにイベント検出閾値を設定し，微動の検出を行う．(3) 微動を検出した時刻のデータにMUSIC法を適用し，スローネスと到来方向を推定する．(4) JMA2001 (上野・他,2002) のS波速度構造を用いて，スローネスと到来方向をプレート境界面上 (Hirose et al.,2008) に逆投影することで微動の震源決定を行う．

1年間の中で，微動活動が活発な5つの期間を検出することができた．本研究で決定した微動の震央分布を，エンベロープ相関法で決定された産総研の微動カタログの震源と比較した結果，微動源の時間変化は産総研のカタログと概ね一致していた．さらに，本研究では産総研のカタログよりも約2.5倍も多くのイベントを検出することができた．また，時間分解能が向上したことにより，微動源の時間変化を詳細に確認できるようになった．

本研究の震源決定の結果をもとに微動のマイグレーションを調べた．数日間スケールの微動活動は，プレート走向方向に卓越し，その速度は6.0~9.3 km/day であった．一方，数時間スケールの微動活動では，プレート傾斜方向のマイグレーションを多く確認できた．微動の開始時付近では，約1.0 km/hr の速度で徐々に浅部へ移動するup-dip 方向 (プレート浅部方向) のマイグレーションが見られた．これは主に地震計アレイの北東側で確認された．

本研究では，地表地震計アレイを用いたイベント検出閾値を慎重に評価したことにより，従来の手法では検出できなかった多くの微動の震源決定を行うことができた．さらに震源決定の時間分解能が従来の1分から本研究では10秒まで向上し，一連の微動活動の時間変化を捉えやすくなった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

本研究では，Hirose et al.(2008) のプレート境界モデルを使用させていただきました．産総研のカタログを Slow Earthquake Database (Kano et al.,2018) からダウンロードいたしました．記して感謝申し上げます．

キーワード：深部低周波微動、地震計アレイ解析、逆投影、MUSIC法、紀伊半島、震源決定
Keywords: Deep low frequency tremor, Seismic array analysis, Backprojection, MUSIC method, Kii Peninsula, Hypocenter determination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Triggered tremors and stress perturbations due to surface waves

*池田 亮平[1]、須田 直樹[1]
*Ryohei Ikeda[1], Naoki Suda[1]

1. 広島大学大学院 理学研究科 地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University

Surface waves radiated from distant large earthquakes sometimes trigger a series of deep non-volcanic tremors with intervals of 20-30 seconds, which are the same as dominant periods of surface waves [e.g. Miyazawa & Brodsky 2008]. Understanding the triggering mechanism is important because it provides us clues to the slip process occurring along the transition zone of subducting plate interface. Dynamic stress perturbations due to surface waves that triggered tremors were estimated on the order of 1 to 10 kPa [e.g. Chao & Obara 2016]. To study the relationship between triggered tremors and stress perturbations due to surface waves, we computed theoretical dynamic stresses due to surface waves from large earthquakes by using observed and theoretical surface waves.

We focused on the triggered tremors in the western Shikoku region of the Nankai subduction zone. Most of them occurred in two clusters where tectonic tremors actively occur. We computed theoretical dynamic stress perturbations due to surface waves from 106 earthquakes between 2004 and 2016 with moment magnitudes of 7.0 or grater. The receiver points at which the stress components were computed are at the plate boundary below the N.TSAF and N.KWBH stations, which are the nearest stations of the triggered tremors in F-net and Hi-net, respectively. PREM [Dziewonski & Anderson 1981] and Global CMT catalog [Dziewonski et al. 1981; Ekstrom et al. 2012] were used for the Earth model and the seismic sources for computing theoretical surface waves. Source time functions were approximated with triangular functions whose half durations are equal to the centroid time lags.

The stress change at the plate boundary by the surface wave was estimated based on the method of Spudich et al. (1995). This method consists of two stages: (1) Estimate the stress at the surface from the observed ground velocity and (2) Estimate the stress at the plate boundary from the stress at the surface estimated in (1). In these estimations, we used theoretical proportional relations between the ground velocity and the surface stress and those between the surface and the deep stresses in the frequency domain, which were obtained from the theoretical surface waves. We used the N.TSAF and N.KWBH records as the observed ground velocity. The records from the latter were corrected using the method of Maeda et al. (2011).

The stress components in the source coordinates were transformed to the stress normal to the plate interface and the stress along the possible slip direction of tremor source. The normal and slip directions were obtained from the model plate interface [Baba et al. 2002; Nakajima & Hasegawa 2007; Hirose et al. 2008] and plate convergence vectors [Miyazaki & Heki 2001]. We computed waveforms of the Coulomb failure function (ΔCFF) using a frictional coefficient of 0.2 at periods between 20 and 50 seconds.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Results from the N.TSAF records show that the maximum ΔCFF for the events that triggered tremors are greater than 0.5 kPa. The magnitudes of triggering earthquakes are greater than 7.5. ΔCFFs were generally overestimated when we used the corrected N.KWBH records because the correction did not well work, in particular, for the earthquakes with magnitudes less than 7.5. The important point is that not all of the events that provided the stress perturbations greater than 0.5 kPa triggered tremors. This shows that the stress perturbation due to surface waves cannot be the unique triggering condition: other conditions, for example, stress perturbations due to possible background slow slip events and/or high pore fluid pressure are required.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical modeling of long- and shallow slow slip events including shallow region in Hyuganada and western Nankai, Japan

*松澤 孝紀[1]、芝崎 文一郎[2]
*Takanori Matsuzawa[1], Bunichiro Shibazaki[2]

1. 国立研究開発法人　防災科学技術研究所、2. 国立研究開発法人　建築研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Building Research Institute

Recent studies reported deep long-term slow slip events (SSEs) in the Hyuganada and western Nankai region (e.g., Kobayashi, 2014; Takagi et al., 2016; Ozawa. 2017). Shallow SSEs are also recently reported with low-frequency tremor and very low-frequency earthquakes (e.g., Araki et al., 2017; Nakano et al., 2018). In our previous study, we have numerically reproduced recurring deep long- and short-term SSEs in the Shikoku region (Matsuzawa et al., 2013), considering the actual distribution of slow earthquakes and configuration of the subducting Philippine Sea plate. We aim to reproduce deep long- and short-term SSEs and shallow SSEs in a single numerical model applying a similar approach in Matsuzawa et al. (2013).

We adopt a rate- and state-dependent friction law (RS-law) with cutoff velocities. We assume that (a-b) value in the RS-law is negative within the deep short-term SSE region, and positive outside that region. The deep short-term SSE region is modeled based on the actual distribution of deep low frequency tremor. Deep long-term SSE region is assumed based on the geodetic observation (Hirose et al., 2011). To focus on the Hyuganada and western Nankai region, we assume stable sliding region with positive (a-b) in the south of the Kyushu-Palau ridge. We also assume low cutoff velocity at the depth shallower than 9 km to reproduce shallow SSEs. Low effective normal stress is assumed at the depth of SSEs. Temporal evolution of slip velocity is numerically simulated, introducing elastic response and realistic configuration of the plate interface.

In terms of deep long-term SSEs in Hyuganada, a simple extension of the long-term SSE region in the Bungo Channel cannot reproduce the segments of observed SSEs. Narrowed long-term SSE region in the dip direction between Bungo and southern Hyuganada can reproduce three observed segments of SSEs, i.e., Bungo, northern Hyuganada, and southern Hyuganada. In addition, recurring shallow SSEs along trench in Hyuganada and off Ashizuri are reproduced in our result. Megathrust earthquakes are divided into two regions; off Shikoku and Hyuganada in our result. The segments of these large earthquakes may be attributed to the long-term SSE region in the Bungo Channel. Our model comprehensively reproduces various SSEs and megathrust earthquakes, including newly found long-term SSEs.

キーワード：スロー地震、スロースリップイベント、日向灘
Keywords: Slow Earthquake, Slow Slip Event, Hyuganada

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ東部の浅部VLFE震源分布が示唆する、沈み込む海嶺が及ぼす空間的ひずみ蓄積解放様式への影響

Further evidence for the influence of a subducting-ridge on the spatial strain accumulation and release pattern in the shallow eastern Nankai Trough, based on VLFE distribution

*藤 亜希子[1]、Chen Wan-Jou [2]、Dreger Doug[3]、Chi Wu-Cheng[2]、井出 哲[1]
*Akiko Toh[1], Chen Wan-Jou [2], Doug Dreger[3], Wu-Cheng Chi[2], Satoshi Ide[1]

1. 東京大学、2. 台湾中央研究院地球科学研究所、3. カルフォルニア大学バークレー校
1. University of Tokyo, 2. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, 3. UC Berkeley

We investigated the distribution and focal mechanisms of very low frequency earthquakes (VLFEs) located in the shallow part of the eastern Nankai trough. While they are mainly explained as low angle thrust faulting along the plate boundary (Sugioka et al., 2012; Nakano et al, 2016), along the strike variation in their distribution has also been observed, likely caused by a subducting-ridge (Toh et al., 2018). Such variations could be closely related to the strain release pattern, or the tsunamigenic potential, of this region, thus warrant a further comprehensive study.

We used 3 component records of broadband ocean bottom seismometers equipped in Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis 1 (DONET1). Records of VLFE activities that occurred immediately beneath the network in 2015, 2016 and 2017 for 1-2 weeks each year, are used. Through visual inspections, we detected 335 VLFEs whose signals are observed at least 6 stations on vertical component filtered between 16-32s.

Instead of estimating the source parameters for one after another for all the events, we searched for densely located event groups inferred by similarities of the maximum amplitude variations measured per event, and, so far, worked only on the grouped events. The purpose of this event selection process is to get an overview of the distribution using the simple quantity (i.e. max. amplitude variation) that can be evaluated for every VLFE, and to avoid a bias that may be caused by eliminating events that are merely difficult to process (i.e. do not fit synthetic waveforms) mostly due to complicated long source time functions that characterize VLFEs. The grouping is conducted by a hieratical density-based clustering method HDBSCAN (Campello et al., 2003), and 197 events were grouped into 26 groups that consists of 2 to 35 events.

We determined the centroid origin time, location and 5-component of moment tensor of VLFEs that maximize the normalized variance reduction (VR) between the observed and synthetic velocity waveforms. The waveforms are bandpass filtered either between 16-32s or 20-50s, depending on signal duration and S/N per event. The time and location are grid-searched at intervals of 0.01 degree in horizontal, 1 km in depth between 5 and 10km bsl., and 1 s in time. At each grid, the moment tensor is estimated using the code TDMT_INV (Dreger, 2003) that conducts full-waveform linearized inversion in time domain. Green’s functions are calculated using the code by Herrmann (2013) based on wavenumber integration. We used a 1D structural model based on a 2D model obtained by an active source survey (Nakanishi et al., 2008). Although the 1D structure is assumed, the large variations in station elevation (1.9-4.3 km bsl) are considered in Green’s function calculations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We obtained 50 events with good VR (>65%). Among the 26 groups, 6 groups ended up with no events of high VR, mostly due to being located outside of the network. Almost all the VLFEs are reasonably explained by low angle thrust faulting. From the obtained distribution, the strong influence of the subduction-ridge located on the northwestern side of DONET1 is inferred. On the southwestern side where there is no ridge-subduction, VLFEs are distributed beneath outer-ridge toward the trench axis. The estimated depths for the ones located beneath the outer-ridge are deep (7–10km with median at 8km), which are consistent with the depth of the plate boundary of this area. In contrast, on the northeastern side, VLFEs are mostly distributed landward of outer-ridge and their estimated depth are shallow (5–8km with the median at 7km) as previously suggested (To et al., 2015). The shallow depths can be explained by the uplifted plate boundary in this area due to the subducting-ridge. Furthermore, they are located to landward of the peak of the subducting-ridge, which can be reasonably explained by the change in shear stresses and pore pressures caused by the subducting-ridge.

キーワード：南海トラフ、超低周波地震、付加体、HDBSCAN、広帯域海底地震計
Keywords: Nankai trough, Very low frequency earthquake (VLFE), Accretionary prism, HDBSCAN, Broadband ocean bottom seismometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evidence for semi-brittle flow in mantle-wedge serpentinites under high pore fluid pressure and their implications for deep low frequency earthquakes

片岡 賢悟[1]、永田 有里奈[1]、*平内 健一[1]、大柳 良介[2]、岡本 敦[3]、道林 克禎[4]
Kengo Kataoka[1], Yurina Nagata[1], *Ken-ichi Hirauchi[1], Ryosuke Oyanagi[2], Atsushi Okamoto[3], Katsuyoshi Michibayashi[4]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東北大学大学院環境科学研究科、4. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Graduate School of Environmental studies, Tohoku University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

In southwest Japan, deep low frequency earthquakes occur at the base of the shallow serpentinized mantle wedge. In order to understand deformation styles of the mantle wedge serpentinite, we conducted structural and petrological analysis of a paleo-mantle wedge body that has experienced serpentinization at pressure–temperature conditions corresponding to source areas of low-frequency earthquakes, in the Sanbagawa belt, central Shikoku. The serpentinite body has a block-in-matrix structure that result from pervasive fragmentation. At outcrop and thin section scales, the distribution of blocks follows a power law distribution with exponent $2.32 < D < 2.37$ (2-D). The block has experienced complete serpentinization, characterized by randomly-oriented antigorite aggregates. The matrix also consists of antigorite, which was formed due to dissolution–precipitation process of the block in the presence of H_2O. Antigorite aggregates in the matrix along localized shear planes is characterized by a strong crystallographic preferred orientation with a dominant [010](001) slip system, suggesting dislocation glide on (001) planes. We suggest that deep slow earthquakes occur by semi-plastic deformation of the serpentinized mantle wedge, under low effective normal stresses.

キーワード：スロー地震、低周波地震、マントルウェッジ、蛇紋岩
Keywords: slow earthquakes, low frequency earthquake, mantle wedge, serpentinite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

疎性モデリングで得られた房総半島沖スロースリップイベントのすべり分布

Spatial distribution of slow slip events off the Boso peninsula from 1996 to 2018 under sparsity constraints

*中田 令子[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[3,4]、秋山 峻寛[5]、吉岡 祥一[6]、岡田 真人[7]、堀 高峰[1]
*Ryoko Nakata[1], Hideitsu Hino[2], Tatsu Kuwatani[3,4], Takahiro Akiyama[5], Shoichi Yoshioka[6], Masato Okada[7], Takane Hori[1]

1. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2. 統計数理研究所、3. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4. 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)、5. 神戸大学大学院理学研究科、6. 神戸大学都市安全研究センター、7. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. The Institute of Statistical Mathematics, 3. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. PRESTO, Japan Science and Technology Agency, 5. Graduate School of Science, Kobe University, 6. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, 7. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

1996年から2018年に発生した房総半島沖スロースリップイベント（slow slip event, SSE）のすべり分布をより詳細に調べるため、スパースモデリングの一種であるgeneralized fused lasso（一般化結合正則化）[Tibshirani et al., 2005]を用いて、地殻変動データのインバージョン解析を行った。

1996年5月、2002年10月、2007年8月、2011年3月、2011年10～11月、2013年12月～2014年1月、2018年6～8月に発生した6イベントについて解析を行った。使用したGEONETの観測データは、各観測点の共通誤差成分を除去し、参照点に対する変動を求め、トレンドを除去した時系列データに対して、非定常地殻変動があった期間において移動平均をとり、移動平均をとった期間の最初と最後の移動平均値の差を非定常地殻変動の変位量とした。観測点は1996年が26、2002年が17、2007年が27、2011年が26、2013～2014年が34、2018年が38点である。

フィリピン海プレートと上盤との境界面形状は、全国一次地下構造モデル（暫定版） [Koketsu et al., 2008; 地震調査研究推進本部, 2012]を用いた。

Nakata et al. [2017]では、Leave-one-out cross validationによる予測誤差が最小となるハイパーパラメタを用いて得られた解を最適解としていた。しかし、計算に時間がかかるため、多くのイベントを解析するには適さない。そこで今回は、Nakata et al. [2017]と同様の評価関数に対して、近似手法の一種であるLasso の Leave-one-out cross validation 誤差の半解析解を用いて、近似的にハイパーパラメタを探索する手法 [Obuchi & Kabashima, 2016]を適用した。

暫定的な結果では、2002・2011・2018年のイベントはすべり量が大きく、1996・2007・2013年のイベントはやや規模が小さめに推定された。2011年と2018年のすべり域は、2002年よりもやや南方に分布しているように見える。なお、すべり域の違いは、観測点分布に起因するものではないことを、数値実験で確認している。

さらに、房総沖SSEとM8クラスの関東地震の地震発生サイクルシミュレーションも行っている。SSEのすべり域と地震間の固着域との関係について、シミュレーション結果を基に議論する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Marine electromagnetic observations around a slow earthquake region in the western Nankai trough

*市原 寛[1]、後藤 忠徳[2]、松野 哲男[3]、多田 訓子[4]、佐藤 真也[2]
*Hiroshi Ichihara[1], Tada-nori Goto[2], Tetsuo Matsuno[3], Noriko Tada[4], Shinya Sato[2]

1. 名古屋大学地震火山研究センター、2. 京都大学大学院工学研究科、3. 神戸大学海洋底探査センター、4. 海洋研究開発機構
1. Earthquake and Volcano Research Center, Nagoya University, 2. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 4. JAMSTEC

Slow earthquakes have been believed to relate to fraction of pore fluid around plate boundary. Thus, imaging of electrical resistivity (conductivity) distribution is essential to understand slow earthquakes. However, many of SSE areas are distributed beneath the ocean, we need marine electromagnetic (EM) observations. In this presentation, we report preliminary results of marine EM observations in the western part of Nankai Trough (off Miyazaki prefecture and off western Kochi prefecture, Japan) where SSEs, VLF events and regular earthquakes (e.g. 1968 off-Hyuga earthquake, M7.5) are known. We deployed eight ocean bottom electro-magnetometers (OBEMs) and recovered seven of them between 2017 and 2018. In addition to EM fields, two OBEMs measure absolute pressure to detect short period crustal deformations caused by SSE. We estimated high quality magnetotelluric responses based on Chave and Thomson (2004). However, the responses show strong three-dimensionality of resistivity distribution and strong coast effect (e.g. Key and Constable, 2011). They indicate that we need to apply three-dimensional imaging techniques for seafloor magnetotelluric data.

キーワード：スロー地震、MT法、海底電位磁力計、南海トラフ、宮崎沖
Keywords: Slow earthquake, magnetotelluric, OBEM, Nankai trough, off Miyazaki

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

構造媒質中で凝集が生じる系で見られる注入先端のダイナミクス
Dynamics of precipitating injection fronts inside of structured medium

*住野 豊[1]、田中 駿佑[1]、國廣 美幸[1]
*Yutaka Sumino[1], Shunsuke Tanaka[1], Miyuki Kunihiro[1]

1. 東京理科大学
1. Tokyo University of Science

Recent study on a slow earthquake elucidates that the migration of water within a mantle wedge may play relevant roles[1]. The flow inside of confined geometry, such as within a soil, is often described by the Darcy’s law, where flow velocity is described by the gradient of fluid pressure. Interestingly, however, the water within a mantle wedge contains large amount of solid contents, and hence, a precipitation can be formed within the water[2]. For this reason, the dynamics of fluid flow under the effect of precipitation reaction should be explored.

Based on the above motivation, we explored the 2-dimensional confined chemical garden[3] as an analogue experiment for the fluid flow within a mantle wedge[4]. The system consists of two fluids with a quasi-two dimensional thin cell, so called a Hele-Shaw cell. The cell was filled with a fluid, and the other fluid is injected from the center of the cell. The flow in a Hele-Shaw cell can be described by the Darcy’s law. Furthermore, the mixing of these fluids leads to the precipitation. Thus, the flow observed in 2-dimensional confined chemical garden system is analogous to the one of water in a mantle wedge with precipitation formation.

Our previous study[4] showed that a filamentous pattern appears when the injection speed is high enough, whereas the symmetrical circular front was formed for lower injection speed. This results indicates that the propagation radius of injection front can be drastically different depending on the injection speed. In addition, the number of moving filaments saturate whose value is proportional to the injection speed. Such tendency can be understood with our boundary model adopting the effect Laplace pressure and the conservation of precipitation at the boundary. The model further predicts existence of optimal curvature for the moving front with which the required pressure for the motion is minimum. The curvature, and the speed of the optimal boundary motion is independent of the injection speed. These experimental and theoretical study thus worked well in the 2-dimensional Hele-Shaw cell. However, actual condition in a mantle wedge should have quenched structure, which is absent in a Hele-Shaw cell.

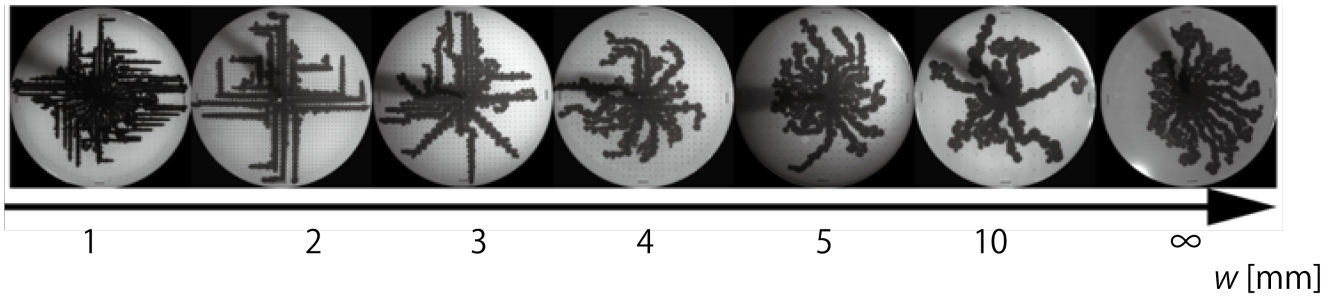
In order to fill the gap between actual condition in a mantle wedge and our analogue experiments, we modified our Hele-Shaw cell to have periodic pillar structure. As a control parameter, we changed the pillar to pillar distance, w, as shown in attached figure. The filament pattern showed meandering motion without pillar structures ($w = \infty$). We found that the filament pattern showed straight motion especially when w agreed with the typical filament width. Our modified mathematical model adopting nonlinear response of permeability with precipitation density numerically reproduced such experimental results. This results indicates that the propagation distance of injected fluid can be modified by the locally quenched disorder within a mantle wedge.

In this paper, we show detailed setup for experiments, as well as mathematical model.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] A. Tanaka et al. Earth, Planets and Space 70, 25 (2018).
[2] K. Ujiie, et al., *Geophys. Res. Lett.* **45**, 5371–5379 (2018).
[3] F. Haudin et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **111**, 17363–17367 (2014).
[4] S. Wagatsuma, et, al., *Phys. Rev. E* **95**,052220 (2017).

キーワード：注入、流体、凝集
Keywords: injection, fluid, precipitation



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Permeability changes of simulated low permeable fault rocks induced by intermediate velocity friction test

*谷川 亘[1]
*Wataru Tanikawa[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Instutute for Core Sample Research

Earthquake events often associate with fluctuations of flow rate, pore pressure and pore fluid chemistry at a subsurface of earthquake rupture zones. The co-seismic hydrological changes are explained by changes in fluid permeability of fault zones during earthquakes, and the permeability change plays an important role for dynamic fault processes as well. Therefore, we newly designed a system to estimate water permeability changes during and after low to high velocity shear deformation using a rotary shear apparatus and simulated fault rocks.

A pair of hollow cylindrical samples made by low permeable Belfast dolerite and Aji granite were used as test specimens. To calculate permeability, a radial flow from the inner wall to the outer wall of the specimen was induced by applying a differential pore pressure (0.01 to 0.2 MPa) between inner and outer walls. We performed friction tests at normal stress of 2 MPa, rotation speed from 0.0003 to 0.6 m/s, and slip displacement of 1 m.

The results showed that permeability increased during sliding at every slip velocity condition, and higher velocity friction caused more abrupt increase in permeability. After the end of sliding, permeability gradually decreased with time and then became nearly constant value. Reduction rate of permeability 5 min after slip increased with slip rate. Fiction coefficient was decreased with sliding velocity. Frictional heating is a key to explain slip velocity dependence of permeability (flow rate). Temperature rise caused by frictional heating will reduce fluid viscosity, therefore, apparent permeability reduction after sliding can be explained by an increase in fluid viscosity by cooling. Pore pressure build-up by frictional heating can increase aperture, therefore, this process can explain permeability enhancement during sliding and velocity dependences on permeability increase and friction coefficient.

キーワード：透水係数、摩擦係数、摩擦発熱
Keywords: permeability, friction coefficient, frictional heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modified relation between the coupling and tremor rates around the Shikoku region

*落 唯史[1]
*Tadafumi Ochi[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

In Ochi and Takeda (2018, EPS), I examined the relation between the interplate coupling velocity and the number of deep low-frequency tremors in the same place around the Shikoku region, southwest Japan. I found that there were some spot-like points where the coupling and the tremor count were well correlated, and that the regression line required the coupling rate to be the plate convergence rate in this region under conditions of zero tremor count rate. One of the problems to be resolved is the interpretation of the first matter 'spot-like points' mentioned above. According to the pairs of time series of the coupling rate and tremor count rate, some pairs show a time delay, and the others show a small fluctuation in the tremor count rate that seems to be independent of the coupling rate. It is interesting that whether the an ill-correlation just comes from an oversimple model of the linear regression I used in the previous study, or really reflects some physical background. In order to answer this question, I construct the model which allows the fluctuation in the tremor count rate that is independent from the coupling rate and observe the fitness of the model. At this time, some trial models that allow the shorter period fluctuation in the tremor count rate than in the coupling rate and temporal change in the period achieve clear correlations. In the presentation, I will show the results of the various trials.

キーワード：プレート間固着、深部低周波微動
Keywords: Interplate coupling, Low-frequency tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency earthquakes in the northern part of the Ryukyu subduction zone

*浅野 陽一[1]、後藤 和彦[2]、八木原 寛[3]、平野 舟一郎[3]
*Youichi Asano[1], Kazuhiko Goto[2], Hiroshi Yakiwara[3], Shuichiro Hirano[3]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 地震予知総合研究振興会、3. 鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Association for the development of earthquake prediction, 3. Nansei-toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University

We have investigated detailed spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency (VLF) earthquakes including an Mw 6.3 interplate event near Tanegashima along the Ryukyu trench on Jun. 08, 2019. This earthquake was followed four Mw4-5 class regular and many VLF earthquakes by the end of Jan., 2019. At first we estimated centroid moment tensors of these regular and several VLF earthquakes, respectively, from broadband seismograms recorded at the NIED F-net and temporally observation stations. In the next step, the known VLF earthquakes were selected to be template events for searching unknown VLF earthquakes from continuous seismograms. If there are several candidates of VLF earth quake, we select the most coherent event with a maximum cross-correlation coefficient averaged over all stations in every 180 seconds. Finally we estimated locations of the selected events from phase shift of the wavelets between the template and these selected events. Obtained result shows that activity of VLF earthquakes after the Mw 6.3 earthquake was started in the adjacent area east of this Mw 6.3 earthquake; however, the following Mw4-5 regular earthquakes occurred south of this area in the period of Jan. 25-30, 2019. In this period, the front of the VLF activity migrated toward east from these Mw4-5 events. Such a spatiotemporal distribution of regular and VLF earthquakes suggests that the after slip of the Mw 6.3 and/or an SSE caused these regular and VLF earthquakes.

Acknowledgment

This study is partly supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP16H06473.

キーワード：超低周波地震、南西諸島
Keywords: very low-frequency earthquake, Ryukyu subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Possible tectonic tremor activities near the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region in 2011

*高橋 秀暢[1]、日野 亮太[1]、太田 雄策[1]、内田 直希[1]、鈴木 秀市[1]、篠原 雅尚[2]、松澤 孝紀[3]
*Hidenobu Takahashi[1], Ryota Hino[1], Yusaku Ohta[1], Naoki Uchida[1], Syuichi Suzuki[1], Masanao Shinohara[2], Takanori Matsuzawa[3]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京大学地震学研究所、3. 防災科学技術研究所
1. Graduate school of Science Tohoku University , 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Recently various kind of slow earthquakes have been discovered along the Japan Trench subduction zone. Prior to the occurrence of the 2011 Tohoku-oki earthquake, occurrence of slow slip events associated with migration of small earthquake epicenters and tectonic tremors was reported near the hypocenter of the Tohoku-Oki earthquake (e.g. Kato et al., 2012; Ito et al., 2015; Katakami et al., 2018). As a different type of a slow-earthquake family, Very Low Frequency Earthquakes (VLFEs) have been detected in more broad areas (Matsuzawa et al., 2015). Takahashi et al. (in prep.) detected the seismic signals from the VLFEs by short-period ocean bottom seismograms (OBS) deployed in the vicinity of the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region, just after the Tohoku-Oki earthquake. They further identified a number of VLFE-like events, not recognized by the onshore data. Here, we report on possible tectonic tremor activities in the same area based on the OBS data after the 2011 Tohoku-oki earthquake.
We detected four sequences of continuous rises of amplitudes on the OBS records. Each of the sequence has a duration of ~ half a day. The sequences were composed of numerous wave trains with good correlations in their growths and decays in observed amplitudes among the stations, but no distinct P- or S-wave onsets were identified for individual wave trains. Interestingly, the spatial variation of the wave trains amplitudes is similar to those of the previously identified VLFEs. These observations suggest that the sequences were composed of small seismic events closely located each other and to the known VLFEs. It is also notable that some of the VLFE-like events discovered by the OBS data were contained in the sequences. We regard the discovered sequence as a kind of tectonic tremor activity and will inspect their characteristics, such as frequency content and its variability, to clarify their nature and discuss their relevance to slow slip events along the shallow subduction interface, which might promote the activities.

キーワード：非火山性微動、三陸沖
Keywords: tectonic tremor, Sanriku-oki

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous structure around a region of slow earthquake activity off Ibaraki prefecture along the Japan Trench

*望月 公廣[1]、山田 知朗[1]、篠原 雅尚[1]、日野 亮太[2]、東 龍介[2]、伊藤 喜宏[3]、村井 芳夫[4]、植平 賢司[5]、佐藤 利典[6]
*Kimihiro Mochizuki[1], Tomoaki Yamada[1], Masanao Shinohara[1], Ryota Hino[2], Ryosuke Azuma[2], Yoshihiro Ito[3], Yoshio Murai[4], Kenji Uehira[5], Toshinori Sato[6]

1. 東大地震研、2. 東北大大学院理学研究科、3. 京大防災研、4. 北大理学研究院、5. 防災科学技術研究所、6. 千葉大大学院理学研究院
1. ERI, Univ. of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Tohoku Univ., 3. DPRI, Kyoto Univ., 4. Faculty of Science, Hokkaido Univ., 5. NIED, 6. Graduate School of Science, Chiba Univ.

Large earthquakes of magnitude (M) ~7 have repeatedly occurred in the Ibaraki-oki region, about 100 km offshore of the Ibaraki prefecture along the Japan Trench, at a constant interval of ~20 years. Mochizuki et al. (2008) conducted a marine seismic survey and revealed that there exists a subducted seamount in the region. They also conducted an offshore seismic observation using ocean bottom seismometers (OBSs) to show that the seismicity in the region can be seen off of the subducted seamount, but not along the plate interface over it. They found that the location of the subducted seamount did not agree with the focal region of the repeating M7 earthquakes. From these results, they argued that the plate interface over the subducted seamount does not constitute an asperity of the repeating M7 earthquakes. Wang and Bilek (2011) introduced an idea that the seamount subduction causes formation of a fracture network within the overriding plate, and such a fracture network would prevent accumulation of large strain energy along the plate interface over the subducted seamount to generate large earthquakes. In addition to the repeating M7 earthquakes, recent studies (e.g. Matsuzawa et al., 2015; Nishikawa and Ide, 2018) have reported activity of slow earthquakes in the region. Relationship between activity of various types of earthquakes and structural features around the plate interface is one of the key topics to better understand controlling factors over earthquake types to be generated.

Recent studies in the Hikurangi subduction margin off the North Island of New Zealand show spatial relationship between variety of fault slips and topographic features of the plate interface. Wallace et al. (2016) successfully observed a large slow slip event just beneath an offshore array of ocean bottom pressure gauges, and precisely determined its slip distribution. They revealed that its slip propagation appeared to have circumvented subducted seamounts that have been imaged by magnetic anomalies as well as seismic reflection sections. Todd et al. (2018), for the first time, detected offshore tremor activity in the Hikurangi margin. The activity appears to have started just after the cessation of the slow slip, and its spatial distribution is only limited within regions of subducted seamounts. These results show that distributions of slow slip and tremor activity do not appear coincident, and thus the physical properties of the plate interface may be different. Further seismic surveys are supposed to provide vital information on structural variations that control physical characteristics of the plate interface.

In February, 2011, we acquired wide-angle reflection and refraction seismic data using 21 OBSs along a 150 km transect in the Ibaraki-oki region during the KH11-2 R/V Hakuho-maru cruise. We also included data from an OBS array that had already been deployed for a long-term seismic observation above the subduction front of the subducted seamount. Thus, we could construct a dense OBS profile above the subducted seamount with a receiver interval of ~3 km to achieve a high spatial resolution, whereas the largest interval is 10 km near both ends of the profile. First arrivals from the airgun sources can be traced

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

up to ~95 km on most of the OBSs. The OBS record sections show significant heterogeneity that may include very rough structural features of the subducting oceanic crust along strike. Such heterogeneity may control seismic activity in the region.

キーワード：茨城沖、人工震源地震波構造調査、不均質構造
Keywords: Ibaraki-oki, Active source seismic survey, Heterogeneous structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Shallow low-frequency tremor triggered by nearby moderate earthquakes off Sanriku

*田中 佐千子[1]、松澤 孝紀[1]、浅野 陽一[1]
*Sachiko Tanaka[1], Takanori Matsuzawa[1], Youichi Asano[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

In the region off Sanriku, we have observed shallow low-frequency tremor, which occurs between the 12 km and 20 km depth contours of the plate interface, applying an envelope correlation method (Obara, 2002) to the records from the Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis along the Japan Trench (S-net) (Tanaka et al., 2018). Several episodes of tremor, each of which lasted for half a day to six days, were detected in 2017, with intervals of one to three months. In the present study, we found tremor triggered by nearby moderate earthquakes. On July 24, 2017, an Mw 5.6 earthquake, showing reverse faulting consistent with the slip on the plate interface, occurred at the downdip end of the tremor zone off Sanriku, which was the largest event within 100 km of that tremor zone in the year. Immediately after the Mw 5.6 earthquake, coherent tremor signals were identified at surrounding stations. These signals continued for 20 hours, and the locations of their sources spanned 40 km along strike and 50 km along dip. Similar triggered tremor was observed following an Mw 5.1 earthquake on July 22, two days before the Mw 5.6 earthquake. This tremor activity was smaller and shorter than that triggered by the Mw 5.6 earthquake; tremor was localized to an area of 20 km by 15 km, and lasted for twelve hours. After a quiescence of nearly one day, the Mw 5.6 earthquake occurred at an adjacent area and triggered tremor was detected again. Triggering of tremor by moderate interplate earthquakes in or very close to the tremor zone we observed may imply small-scale (~ a few kilometers) heterogeneities in frictional properties on the plate interface in the area.

キーワード：浅部低周波微動、誘発微動、日本海溝
Keywords: shallow low-frequency tremor, triggered tremor, Japan Trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSデータに基づく15年間の豊後水道スロースリップの推定（1996-2011年）

Slow slip events in the Bungo Channel over 15 years as inferred from GNSS data (1996-2011)

横井 貴稔[1]、*宮崎 真一[1]、坂上 啓[1]、福田 淳一[2]
Takatoshi Yokoi[1], *SHINICHI MIYAZAKI[1], Hiromu Sakaue[1], Jun'ichi Fukuda[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

1996年1月1日から2011年2月28日までのGEONETで得られたGNSS連続観測データを用い、15年間を通しての豊後水道におけるスロースリップの推移を推定した。

GEONET観測点から豊後水道周辺の80点を選び、GIPSY-OASIS II による解析結果（西村, 私信）のうち1996年1月1日から2011年2月28日までの約15年間の時系列データを使用した。まずスロースリップが発生していない期間のデータのみを使用して、永年成分（直線トレンド）、季節変動成分（年周・半年周）、地震、SSE、アンテナ交換などによるジャンプを推定、除去した。プレート境界面は、Baba et al. (2002) および Hirose et al. (2008) による等深線データを用い、豊後水道を中心に東西約200km、南北約180kmの領域をモデル領域として設定した。また、モデル領域は719個の小三角形パッチに分割した。インバージョンにはモンテカルロ混合カルマンフィルタに基づく逐次型手法 (Fukuda et al., 2008) を適用し、15年間にわたるすべり速度および累積すべりの時間変化を推定した。

まず、1997年、2003年、2010年に発生期間が長い長期的スロースリップ（以下L-SSE）が推定された。主な特徴は Ozawa et al. (2012, 2017)、Yoshioka et al. (2015) などと概ね整合的であるが、L-SSEの直前直後に発生期間が短い短期的スロースリップ（以下S-SSE）が発生していることも明らかになった。この結果は、SSEどうしが応力擾乱を介して相互作用している可能性を示唆している。先行研究では S-SSEを含めて一つのL-SSE とみなしたため、モーメントの値に差が生じたと考えられる。次に、15年間にわたって毎年3回程度のS-SSEが発生していることも求まった。これらは深さ30-40kmで微動と同期して発生することも確認できた。

発表では、2010年に発生したL-SSEと2005年に発生したS-SSEを中心に、得られたすべりやすべり速度の時間的な推移を報告する。

キーワード：豊後水道スロースリップ、地殻変動、モンテカルロ混合カルマンフィルター
Keywords: Slow slip in the Bungo Channel, crustal deformation, Monte Carlo Mixture Kalman Filter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

加速度計記録を用いたS-netのセンサー姿勢・方位推定と地殻変動検出可能性の検討

Investigations of sensor orientation and a possibility of detecting crustal deformation based on accelerometer records of S-net

*高木 涼太[1]、内田 直希[1]、中山 貴史[1]、東 龍介[1]、石上　朗[1]、岡田 知己[1]、太田 雄策[1]、日野 亮太[1]
*Ryota Takagi[1], Naoki Uchida[1], Takashi NAKAYAMA[1], Ryosuke Azuma[1], Akira Ishigami[1], Tomomi Okada[1], Yusaku Ohta[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

防災科学技術研究所による日本海溝海底地震津波観測網（S-net）の整備により、東北日本前弧海域下の地球内部構造やプレート境界地震およびプレート境界で発生するスロー地震の理解が飛躍的に進展することが期待される。本研究では、S-net加速度計観測記録に基づき、様々な解析を行う上で必要となるセンサーの姿勢と方位の推定を行うとともに、加速度計によるスロースリップなどによる地殻変動の検出可能性を検討した。

本研究では、センサーの姿勢（ケーブル長軸回りの回転、ケーブル長軸方向の傾斜）と方位（ケーブル長軸の方位）を別々に推定した。姿勢は、加速度計のDC成分が重力加速度を記録していることを利用した。強震動による回転角の変化を除けば、2016年8月から2018年12月までの期間内における傾斜角・回転角の変化は0.01-0.1度程度であった。なお、1度以上の回転があったのは、2016年8月20日三陸沖（M6.4）と2016年11月20日福島県沖地震（M7.4）のみである。方位は、遠地地震（M7.0-8.2、7-14個）の周期30-100秒のレイリー波振動軌跡を使って推定した。センサー方位推定の信頼区間は、±5-10度程度であった。得られた姿勢・方位を用いて波形を回転させた結果、三成分において長周期波形の位相が揃うこと、ラブ波とレイリー波が分離することが確認できた。

加速度計のDC成分からセンサーの姿勢を推定できるため、加速度計記録から地殻変動が検出される可能性が示唆される。そのため、センサーの傾斜角・回転角を1時間毎に推定し、傾斜角・回転角の時系列を作成した。その結果、地震などよるオフセットを含まない期間における傾斜角・回転角のばらつきは、多くの観測点で2マイクロラジアン程度であった。ただし、水深1500 m以浅の埋設観測点ではばらつきが小さく、0.2マイクロラジアン程度であった。ばらつきが小さい観測点では、潮汐応答と思われる1マイクロラジアン程度の変化が観測されるものもあった。例えば、房総スロースリップイベントによる陸域での最大傾斜変動量は1マイクロラジアン程度である。時定数などさらに検討が必要ではあるが、ばらつきの小さい埋設観測点では、同サイズのイベントに伴う傾斜を観測できる可能性があるかもしれない。また、スタッキングによりS/N比を向上させるなどにより、地殻変動を検出できる可能性も残っている。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所のS-netの連続地震波形データを用いた。観測点の設置および維持にかかわって来られた皆様に感謝いたします。

キーワード：S-net、センサー方位、地殻変動、スロースリップ、傾斜観測
Keywords: S-net, Sensor orientation, Crustal deformation, Slow slip, Tilt observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatiotemporal variation of released seismic energy from shallow low-frequency tremor in Hyuga-nada, revealed by ocean bottom seismological observation

*山下 裕亮[1]、渡邉 早姫[2]、山田 知朗[3]、篠原 雅尚[3]、松島 健[2]
*Yusuke Yamashita[1], Saki Watanabe[2], Tomoaki Yamada[3], Masanao Shinohara[3], Takeshi Matsushima[2]

1. 京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所、2. 九州大学地震火山観測研究センター、3. 東京大学地震研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

In this study, we estimate the released seismic energy by shallow low-frequency tremors (shallow tremors) and clarify spatiotemporal variation of shallow tremor activity in Hyuga-nada, east off Kyushu. We used the data obtained from the temporal ocean bottom seismological observation for 3 months in 2013 [Yamashita *et al*., 2015] and long-term ocean bottom seismological observation from 2014 to 2017. The source location and released seismic energy of each shallow tremor was simultaneously estimated by Hybrid Envelope Cross-correlation Method [Maeda and Obara, 2009]. Observation data were obtained by the long-term continuous ocean bottom seismic observation in Hyuga-nada from 2013 to 2017. Site amplification factors were estimated by the coda normalization method [e.g., Sato and Fehler, 1998].

Spatial distribution of released seismic energy rate (energy rate) shows a heterogeneity although the average value of that is generally 10^4 J/s. The regions where the energy rate is relatively small are roughly coincident with the subducting or passed areas of the Kyushu-Palau Ridge. This result suggests that the structure and/or shape of the subducting plate such as seamounts or ridges may have an effect on the frictional property of the shallow plate interface. The 2013 activity was similar characteristics of shallow tremor location in space and time as the previous study, including two migrations episode. In addition, the characteristics of the released seismic energy were revealed as follows: (1) the energy rate was large at the both initiation point and the front of the migration, (2) the total released energy amount of the first migration was larger than that of the second migration, (3) both migrations were stopped at the region of small amount of released energy. Migration episode occurred while the 2015 activity and similar characteristics were documented.

Migration speed of shallow tremor is a few times faster, and energy rate of that is one or two orders of magnitude greater than the deep tremor. Applying the model of Ando *et al*. [2010, 2012] and Yabe and Ide [2014] to the result in this study, the average fault strength of shallow tremor is stronger than that of deep tremor, which leads up to a faster fault slip both brittle and ductile area. As a result, migration speed may become to be faster than deep tremor.

Acknowledgements: This study is supported by the research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunami around the Nankai trough region, the MEXT of Japan, and JSPS KAKENHI Grant Number JP16H06471, JP16H06472. We thank Dr. Takuto Maeda for valuable discussions and comments. The observation data in 2013 obtained by T/S Nagasaki-maru. We used the JMA unified earthquake catalog and the seismic data obtained by Kagoshima University.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：浅部低周波微動、浅部スロー地震、海底地震観測
Keywords: Shallow low frequency tremor, Shallow slow earthquake, Ocean bottom seismological observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Unified description of fast and slow earthquakes using velocity strengthening patches

*小澤 創[1]、波多野 恭弘[1]
*So Ozawa[1], Takahiro Hatano[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

In a prevalent view, seismicity in subduction zones is governed by the distribution of the frictional properties of the plate interface. Regions with velocity-weakening (VW) friction generate earthquakes, whereas velocity-strengthening (VS) regions creep aseismically. Although most models consider isolated VW regions (patches) from the idea of asperities (e.g. Dublanchet et al., 2013), isolated VS patches also would exist given the frictional properties on faults are inferred to be complex and hierarchical. Therefore, the role of VS patches is to be studied.

Here we perform 3-D numerical simulation of the seismic cycle of faults governed by the rate and state friction law with the aging law. We distribute randomly circular VS patches on a VW background. We mainly focus on the effect of the ratio of VS and VW areas.

In our preliminary simulation, we identified two important effects. First, the VS patches act as the “stability barriers” during dynamic rupture propagation, which makes the rupture process more complicated than a single propagating crack. Rupture decelerates by encountering a stability barrier, followed by reacceleration due to overcoming the barrier. Such a process gives rise to multiple rupture fronts in the slipping area.

Second, dynamic rupture is inhibited by increasing the number of VS patches, and the fault slips aseismically with strong fluctuation in slip velocity. This is because there are no enough VW regions to accelerate the slip to dynamic rupture. Although a similar mechanism for slow earthquakes is proposed by Skarbek et al. (2012) and Yabe & Ide (2017), our 3-D modeling enables detailed studies on the spatiotemporal evolution of slip. In the presentation, we further discuss our results in the context of the dynamic scaling of rupture growth and the phenomenological law of slow earthquakes.

キーワード：スロー地震、速度状態依存摩擦
Keywords: Slow earthquake, Rate and state friction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The b-value of the earthquake swarm activities accompanied by the Boso slow slip events

*野田 雄貴[1]、廣瀬 仁[2,1]
*Yuki Noda[1], Hitoshi Hirose[2,1]

1. 神戸大学理学部惑星学科、2. 神戸大学都市安全研究センター
1. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University , 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University

Slow slip events (SSEs) which are accompanying earthquake swarms repeatedly occur at intervals of about 2 to 7 years off Boso Peninsula (e.g., Sagiya, 2004; Hirose et al., 2012, 2014; Fukuda, 2018). These SSEs and swarms are thought to occur on the upper boundary of the subducting Philippine Sea plate.

As a statistical property of earthquakes, Gutenberg-Righter’s law is well-known, that is, the relationship between the magnitude and the logarithm of occurrence frequency of earthquakes is expressed well with a straight line a-bM (Gutenberg and Richter, 1944). Although the b-value (slope of the line) often takes values around 1, there are many reports about the temporal changes of the b-value. For example, a decade-scale b-value decrease prior to the 2011 Tohoku Earthquake is reported (Nanjo et al., 2012). Although the relationship between the temporal change of b-value and aseismic slip is suggested, but the lack of near field geodetic observations prevents the direct evidence for the relationship. Here we examine the b-value of the earthquake swarms accompanied by the Boso SSEs, of which the aseismic slip is revealed by geodetic observations.

In this study, we estimate the b-value of the earthquake swarms in 2002, 2007, 2011 and 2014. We use the JMA unified earthquake catalog. As a preliminary analysis, we investigated the earthquakes with focal depths of 5 km to 40 km occurring at 35.05˚ to 35.56˚N in latitude and 140.15˚ to 140.73˚E in longitude. Eventually, “event period” estimated in the previous studies of the crustal deformation by geodetic observation does not necessarily agree with the period of the swarms occurring at the same time. Therefore, in this research, “event period” was redefined from seismic activity and used. In other words, we extracted swarms including a SSE period from crustal deformation studies and the time when the seismicity rate (the number of earthquakes per unit time) is significantly higher than the other time is defined as “event period”. In addition, the period other than the event period is defined as “inter-swarm period”.

We find that the b-values in the event periods tend to be lower than that during inter-swarm period. In more detail, different trends that seem to correspond to the difference in slip zone and location of earthquake activity of each SSE (Hirose et al. 2014) are seen in the b-values for the event periods. A seismic activity near the southern coast of the Boso Peninsula was hardly observed in the 2007 event period, whereas an active seismic activity was seen there in the 2011 event period. In order to clarify the dependence of the b-value on the difference in the location of the earthquakes, we divided the survey area into two areas, that is, the northern area (area A) and the southern area (area B). The seismic activity is observed in all event periods in the area A, whereas an active seismic activity is observed only in the event periods of 2002 and 2011 in the area B. Then a b- value is estimated in each period in the same way. As a result, for the earthquakes occurred in the northern region (area A), there is a tendency that the b-value in each of the event periods is lower by about 0.2-0.4 than that during inter-swarm. On the other hand, such a tendency is not observed in the southern area (area B). Such differences in the northern and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

southern regions may suggest that the effects of stress changes caused by SSEs vary from region to region.

キーワード：グーテンベルグ・リヒター則
Keywords: Gutenberg-Richter's law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

琉球海溝周辺におけるフィリピン海プレートの沈み込みに伴う３次元熱対流数値シミュレーション
Three-dimensional thermal modeling associated with subduction of the Philippine Sea plate at the Ryukyu Trench, and its relation to the occurrence of interplate seismic events

*末永 伸明[1]、吉岡 祥一[2,1]、季 顕鋒[3]
*Nobuaki Suenaga[1], Shoichi Yoshioka[2,1], Yinfeng Ji[3]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 神戸大学都市安全研究センター、3. 中国科学院
1. Graduate School of Science, Kobe University, Japan, 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Japan, 3. Chinese Academy of Science, Beijin, China

琉球海溝の沈み込み帯では、短期的スロースリップイベント(Nakamura, 2017)や深部低周波地震(Ando et al., 2012)、低周波地震よりさらに卓越周波数が低く付加体に沿ったプレート境界面上で起こると考えられる浅部超低周波地震(Nakamura et al., 2015)などのスロー地震が観測されている。その分布の特徴のひとつとして、沖縄本島周辺と八重山諸島周辺で、発生している短期的スロースリップイベント及び深部低周波地震の発生するプレート境界面上の深さが異なっていることが挙げられる。

そこで、本研究では、琉球海溝からのフィリピン海プレートの沈み込みに伴う温度場及び流れ場、スラブ由来の脱水について３次元熱対流数値シミュレーションを行った。沖縄本島から八重山諸島周辺をモデル領域として、プレート回転モデル (Mathews et al., 2016)を参考にして沈み込むフィリピン海プレートの沈み込み史も考慮し、15Maから現在までの流れ場及び温度場を時間発展問題として解いた。観測された地殻熱流量データに合致するような現実的なモデルを構築し、スロー地震の発生との関連性について議論した。

得られた現在(0Ma)におけるシミュレーションの結果、モデル領域内で沖縄本島から八重山諸島へと南に行くにつれてプレート相対運動速度が徐々に速くなることにより、プレート境界面の海溝軸方向の温度分布に大きな違いが生じ、八重山諸島周辺では沖縄本島周辺と比べて等深度でのプレート境界面温度が低くなることがわかった。どちらの領域でも短期的スロースリップイベント及び深部低周波地震の発生域での温度は約500℃-700℃と推定された。また、海洋地殻中のMORB(Omori et al., 2008)及びスラブマントル中の超苦鉄質岩(Hacker et al., 2003)の相図と数値シミュレーションで得られた温度場のデータを用いて、この領域でのスラブ内の含水量変化を計算した。その結果、緑簾石エクロジャイト相-角閃石エクロジャイト相の相転移(含水量変化:約1.4wt%)が沖縄本島付近で、角閃石エクロジャイト相-エクロジャイト相の相転移(含水量変化:約0.7wt%)が八重山諸島付近でみられた。このことは、スラブ由来の脱水とプレート境界面上のスロー地震の発生との関連を示唆している。

キーワード：３次元熱対流モデリング
Keywords: three dimensional thermal modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_33

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)

Accumulating observational studies on various types of slow deformation events, such as tectonic tremors, very low frequency events, and slow slip events, portrays some universal characteristics in generally complex behavior, including interaction among events and influence by various outer loadings. Some of these phenomena seem to have causal relation with the occurrence of very large earthquakes. A unified understanding of these slow and fast earthquake processes requires an approach integrating geophysics, seismology, geodesy, geology, and non-equilibrium statistical physics. We welcome presentations based on, but not limited to, geophysical observation, data analysis, analytical theory, numerical simulation, field study, and laboratory experiments.

[SCG48-P01] 2004年海底地震観測から明らかになった紀伊半島南東沖の浅部低周波微動活動

*溜渕 功史[1]、小林 昭夫[1]、西宮 隆仁[1]、案浦 理[2] (1.気象研究所、2.気象庁)

[SCG48-P02] The development of pressure vessel on gouges for rock deformation at seismic rates under water-saturated conditions

*Wei-Ting Lin[1]、Li-Wei Kuo[1]、Wen-Jie Wu[1]、Jia-Jyun Dong[1]、Yi-Hung Huang[2] (1.National Central University、2.MATSUKI HYDRAULIC INDUSTRIAL CO. LTD)

[SCG48-P03] 室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域の浅部超低周波地震活動の空間変化

*武村 俊介[1]、松澤 孝紀[1]、野田 朱美[1]、利根川 貴志[2]、浅野 陽一[1]、木村 武志[1]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構)

[SCG48-P04] Evaluation of Magnitude and Characteristics of Seismicity of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京工業大学理学院、3.応用アール・エム・エス株式会社)

[SCG48-P05] Tectonic tremor catalog in the Tohoku-Hokkaido-Oki region using S-net

*井出 哲[1]、西川 友章[2]、松澤 孝紀[3]、太田 和晃[2]、内田 直希[4]、西村 卓也[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所、3.防災科学技術研究所、4.東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター)

[SCG48-P06] **Spontaneous Slow Slip and Runaway Slip in Laboratory**

*高橋 美紀[1] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

[SCG48-P07] 高速断層すべり過程における石英質岩の水和化、非晶質化 : 人工水晶を用いた摩擦実験による検討

* 尾上 裕子[1]、 飯田 大貴[2]、堤 昭人[1]、瀧川 晶[1] (1.京都大学理学研究科、2.地熱エンジニアリング（株）)

[SCG48-P08] Constraining S Wave Velocity of the Source Region of Shallow Very Low-Frequency Earthquakes

*悪原 岳[1]、利根川 貴志[2] (1.東京大学地震研究所、2.海洋開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SCG48-P09] **Quantitative relationship between aseismic slip propagation speed and frictional properties**

*有吉 慶介[1]、アンプエロ ジャンポール[2,3]、バーグマン ローランド[4]、松澤 暢[5]、長谷川 昭[5]、日野 亮太[5]、堀 高峰[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.コート・ダジュール大学、3.カリフォルニア工科大学、4.カリ

フォルニア大学バークレー校、5.東北大学大学院理学研究科)

[SCG48-P10] Comprehensive detection of very low frequency earthquakes off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, northeastern Japan

*馬場 慧[1]、竹尾 明子[1]、小原 一成[1]、松澤 孝紀[2]、前田 拓人[3] (1.東京大学地震研究所、2.防災科学技術研究所、3.弘前大学理工学研究科)

[SCG48-P11] GNSSデータを用いた1997-2017年東海地方スロースリップイベントの推定

*坂上 啓[1]、西村 卓也[2]、福田 淳一[3]、加藤 照之[4] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.神奈川県温泉地学研究所)

[SCG48-P12] Broadband excitation of acoustic emission in granular stick-slip : experiments and spectral analyses

*福水 秀和[1]、隅田 育郎[2] (1.金沢大学大学院　自然科学研究科　自然システム学専攻　地球環境学コース、2.金沢大学理工研究域地球社会基盤学系)

[SCG48-P13] Episodic tremor and slip silently invades strongly locked megathrust in the Nankai Trough

*加納 将行[1]、加藤 愛太郎[2]、小原 一成[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P14] Spatial distribution of the electrical resistivity beneath western part of Shikoku Island where long-term SSE events have repeatedly occurred

*上嶋 誠[1]、畑 真紀[1]、市原 寛[2]、吉村 令慧[3]、相澤 広記[4] (1.東京大学地震研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山センター、3.京都大学防災研究所、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

[SCG48-P15] Variations of scaling relationships for shallow tremor observed along the Nankai trough

*中野 優[1]、矢部 優[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P16] Low-frequency earthquakes triggered by teleseismic surface waves by Ryukyu subduction zone.

金城 亜祐美[1]、*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P17] 四国地方における深部低周波微動に同期する地表変位の検出

*岡田 悠太郎[1]、田部井 隆雄[2] (1.高知大学理学部、2.高知大学理工学部)

[SCG48-P18] Long-term temporal change in crustal resistivity beneath western Shikoku

*山下 太[1]、本蔵 義守[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[SCG48-P19] Slow decay of postseismic deformation compared with aftershocks following the 2011 Tohoku-oki Earthquake

*三井 雄太[1]、森上 竣介[2] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.元・静岡大学大学院総合科学技術研究科)

[SCG48-P20] スロー地震発生深度で形成された沈み込み剪断帯における蛇紋岩の脱水

*森 康[1]、重野 未来[1]、氏家 恒太郎[2]、野呂 和也[2]、西山 忠男[3] (1.北九州市立自然史・歴史博物館、2.筑波大学、3.熊本大学)

[SCG48-P21] 中部琉球海溝における超低周波地震群発地震活動に続いて起こる群発地震活動

*中村 衛[1] (1.琉球大学理学部)

[SCG48-P22] Seismic imaging in the central Nankai trough, off Shionomisaki to Kii channel

*中村 恭之[1]、小平 秀一[1]、野 徹雄[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、白石 和也[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SCG48-P23] Attempt to Detect Intra-plate SSEs Based on F3 Solution of GEONET

*田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P24] A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus: Reproduction of slow/megathrust earthquakes in laboratory

*廣瀬 丈洋[1]、谷川 亘[1]、濱田 洋平[1]、岡崎 啓史[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所)

[SCG48-P25] Very low-frequency earthquakes in western Shikoku remotely triggered by the 2016 Mw5.9 off-Kii Peninsula earthquake

*宮澤 理稔[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG48-P26] **Underground structure around source region of slow earthquakes in western Shikoku obtained by receiver function analysis**

疋田 朗[1]、加藤 愛太郎[1]、*小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、悪原 岳[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P27] 地震計アレイデータの逆投影による紀伊半島下の深部低周波微動の震源決定

*寒河江 皓大[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、今西 和俊[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.産業技術総合研究所)

[SCG48-P28] Triggered tremors and stress perturbations due to surface waves

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

[SCG48-P29] Numerical modeling of long- and shallow slow slip events including shallow region in Hyuganada and western Nankai, Japan

*松澤 孝紀[1]、芝崎 文一郎[2] (1.国立研究開発法人　防災科学技術研究所、2.国立研究開発法人　建築研究所)

[SCG48-P30] 南海トラフ東部の浅部VLFE震源分布が示唆する、沈み込む海嶺が及ぼす空間的ひずみ蓄積解放様式への影響

*藤 亜希子[1]、Chen Wan-Jou [2]、Dreger Doug[3]、Chi Wu-Cheng[2]、井出 哲[1] (1.東京大学、2.台湾中央研究院地球科学研究所、3.カルフォルニア大学バークレー校)

[SCG48-P31] Evidence for semi-brittle flow in mantle-wedge serpentinites under high pore fluid pressure and their implications for deep low frequency earthquakes

片岡 賢悟[1]、永田 有里奈[1]、*平内 健一[1]、大柳 良介[2]、岡本 敦[3]、道林 克禎[4] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学大学院環境科学研究科、4.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻)

[SCG48-P32] 疎性モデリングで得られた房総半島沖スロースリップイベントのすべり分布

*中田 令子[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[3,4]、秋山 峻寛[5]、吉岡 祥一[6]、岡田 真人[7]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.統計数理研究所、3.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4.科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)、5.神戸大学大学院理学研究科、6.神戸大学都市安全研究センター、7.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[SCG48-P33] Marine electromagnetic observations around a slow earthquake region in the western Nankai trough

*市原 寛[1]、後藤 忠徳[2]、松野 哲男[3]、多田 訓子[4]、佐藤 真也[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.京都大学大学院工学研究科、3.神戸大学海洋底探査センター、4.海洋研究開発機構)

[SCG48-P34] 構造媒質中で凝集が生じる系で見られる注入先端のダイナミクス

*住野 豊[1]、田中 駿佑[1]、國廣 美幸[1] (1.東京理科大学)

[SCG48-P35] Permeability changes of simulated low permeable fault rocks induced by intermediate velocity friction test

*谷川 亘[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所)

[SCG48-P36] Modified relation between the coupling and tremor rates around the Shikoku region

*落 唯史[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG48-P37] Spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency earthquakes in the northern part of the Ryukyu subduction zone

*浅野 陽一[1]、後藤 和彦[2]、八木原 寛[3]、平野 舟一郎[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所)

[SCG48-P38] Possible tectonic tremor activities near the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region in 2011

*高橋 秀暢[1]、日野 亮太[1]、太田 雄策[1]、内田 直希[1]、鈴木 秀市[1]、篠原 雅尚[2]、松澤 孝紀[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震学研究所、3.防災科学技術研究所)

[SCG48-P39] Heterogeneous structure around a region of slow earthquake activity off Ibaraki prefecture along the Japan Trench

*望月 公廣[1]、山田 知朗[1]、篠原 雅尚[1]、日野 亮太[2]、東 龍介[2]、伊藤 喜宏[3]、村井 芳夫[4]、植平 賢司[5]、佐藤 利典[6] (1.東大地震研、2.東北大大学院理学研究科、3.京大防災研、4.北大理学研究院、5.防災科学技術研究所、6.千葉大大学院理学研究院)

[SCG48-P40] Shallow low-frequency tremor triggered by nearby moderate earthquakes off Sanriku

*田中 佐千子[1]、松澤 孝紀[1]、浅野 陽一[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG48-P41] GNSSデータに基づく15年間の豊後水道スロースリップの推定（1996-2011年）

横井 貴稔[1]、*宮崎 真一[1]、坂上 啓[1]、福田 淳一[2] (1.京都大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

[SCG48-P42] 加速度計記録を用いたS-netのセンサー姿勢・方位推定と地殻変動検出可能性の検討

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

[SCG48-P43] Spatiotemporal variation of released seismic energy from shallow low-frequency tremor in Hyuga-nada, revealed by ocean bottom seismological observation

*山下 裕亮[1]、渡邉 早姫[2]、山田 知朗[3]、篠原 雅尚[3]、松島 健[2] (1.京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所、2.九州大学地震火山観測研究センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG48-P44] Unified description of fast and slow earthquakes using velocity strengthening patches

*小澤 創[1]、波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG48-P45] The b-value of the earthquake swarm activities accompanied by the Boso slow slip events

*野田 雄貴[1]、廣瀬 仁[2,1] (1.神戸大学理学部惑星学科、2.神戸大学都市安全研究センター)

[SCG48-P46] **琉球海溝周辺におけるフィリピン海プレートの沈み込みに伴う３次元熱対流数値シミュレーション**

*末永 伸明[1]、吉岡 祥一[2,1]、季 顕鋒[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.神戸大学都市安全研究センター、3.中国科学院)

2004年海底地震観測から明らかになった紀伊半島南東沖の浅部低周波微動活動
Off the Kii Peninsula Shallow Low Frequency Earthquake in 2004 revealed by Ocean Bottom Seismometer

*溜渕 功史[1]、小林 昭夫[1]、西宮 隆仁[1]、案浦 理[2]
*Koji Tamaribuchi[1], Akio Kobayashi[1], Takahito Nishimiya[1], Satoshi Annoura[2]

1. 気象研究所、2. 気象庁
1. Meteorological Research Institute, 2. Japan Meteorological Agency

2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震（Mj7.1，7.4）のあと，正確な余震分布の調査のために，気象研究所はOBS観測を実施した．しかし，その解析は「通常の余震」の検測，震源決定にとどまり，長い間連続波形の解析は行われなかった．本発表では，観測された地震記録の精査から，「通常の余震」の中に多くの低周波地震（LFE）が発生していたことを示す．観測期間中，LFEの頻度は徐々に減少した．LFEはP波，S波が不明瞭なので，正確な震源の分布を決定することは困難だが，OBSの振幅分布から，Amplitude Source Location（ASL; Battaglia and Aki, 2003）を用いて決定すると，震源は分岐断層と海溝軸の間の浅い場所で集中的に発生していることを見出した．2004年OBS観測は現在のDONETよりも東側に位置するが，DONETによる観測より東側でもLFEが多数発生している．また，観測期間中の超低周波帯域（0.02 - 0.05 Hz）のF-net波形から，多くの超低周波イベント（VLFE）がLFEの発生と同期しており，それらの振幅は相関しているように見える．これは，決定されたLFEとVLFEが同一の現象を示していることを意味する．我々の観測は，通常の余震，スローイベント，そして南海トラフ地震のような巨大地震の間の関係を明らかにするために貢献するかもしれない．

キーワード：LFE、OBS、2004年紀伊半島南東沖地震
Keywords: LFE, OBS, 2004 off the Kii Peninsula earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of pressure vessel on gouges for rock deformation at seismic rates under water-saturated conditions

*Wei-Ting Lin[1], Li-Wei Kuo[1], Wen-Jie Wu[1], Jia-Jyun Dong[1], Yi-Hung Huang[2]

1. National Central University, 2. MATSUKI HYDRAULIC INDUSTRIAL CO. LTD

To understand earthquake mechanism and fault behavior during earthquake ruptures, experimentalists commonly conduct rock deformation tests with rotary shear apparatus (e.g., low-to high-velocity rock friction experiment, LHVR) which allow deformed at seismic rates. In general, the materials utilized for rotary shear apparatus are both cohesive rocks (e.g., gabbro and carbonate) and incohesive rocks (natural fault gouges and synthetic rock powders), while the latter are deformed at seismic rates and, commonly at low normal stresses (0.5 to 2 MPa confining with a plastic Teflon ring). However, using Teflon rings has issues of gouge extrusion and chemical contamination, in particular, at high normal stresses (>3MPa) and water-saturated condition, and the obtained mechanical data and associated experimental products seem to be questionable. Here we develop a metal pressure vessel for LHVR to deform gouges at seismic rates and, importantly, expand the normal stress capability (up to 15 MPa) and under water-saturated condition. Our results show the resistance from the pressure vessel itself (metal-to-metal contact) is extremely low (friction coefficient ≈0.02), and the result of kaolinite is similar to the previously published data. In particular, both gouge-extrusion and water-leaking was not observed deformed at a normal stress of 15 MPa and equivalent velocity 1 m/s. The designed pressure vessel could fill the gap of experimental conditions among the current used pressure vessels and complete the understanding of fault ruptures.

Keywords: pressure vessel, water-saturated condition, fault gouge, rotary shear experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域の浅部超低周波地震活動の空間変化

Spatial variations of shallow very low-frequency earthquake activity along the Nankai Trough based on CMT inversion using the 3D heterogeneous model

*武村 俊介[1]、松澤 孝紀[1]、野田 朱美[1]、利根川 貴志[2]、浅野 陽一[1]、木村 武志[1]、汐見 勝彦[1]
*Shunsuke Takemura[1], Takanori Matsuzawa[1], Akemi Noda[1], Takashi Tonegawa[2], Youichi Asano[1], Takeshi Kimura[1], Katsuhiko Shiomi[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 海洋研究開発機構
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

沈み込みプレート境界浅部で発生するスロー地震は、プレート境界の摩擦状態などの構造的特徴を知る鍵となる（例えば、Saffer and Wallace, 2015 Nature Geo.）。本研究では、室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけての領域で発生した浅部超低周波地震に着目し、浅部超低周波地震の活動の空間変化から発生域の構造的特徴を明らかにすることを目的とする。

Asano et al. (2008 EPS)の手法で得られた浅部超低周波地震の検知時刻周辺を解析時間窓として、周期20-50秒の帯域のF-net速度波形に対してTakemura et al. (2018 GRL)のCMT解析を行い、浅部超低周波地震の発震時刻、震央位置、地震モーメントおよび震源時間関数のパルス幅を推定した。CMT解析のためのGreen関数は、Takemura et al. (2019 PAGEOPH)の3次元不均質構造モデルを仮定した地震動シミュレーションにより評価した。

2003年6月から2018年5月の期間に検知された浅部超低周波地震に対してCMT解析を行ったところ、室戸岬沖、紀伊水道沖および紀伊半島南東沖のトラフ軸付近に低角逆断層の解が多く推定された。得られたCMTカタログから、それぞれの領域における積算モーメントを評価し、その空間変化を調べた。室戸岬沖、紀伊水道沖および紀伊半島南東沖の領域で積算モーメントが高く、紀伊半島南方沖では小さいことがわかった。浅部超低周波地震の活動域の構造的特徴を明らかにするため、得られた積算モーメントの空間変化と、すべり欠損速度（Noda et al. 2018 JGR）およびS波速度構造（Tonegawa et al. 2017 Nature Comm.）を比較した。浅部超低周波地震の積算モーメントが高い領域は、すべり欠損速度が大きい領域の周囲に位置し、プレート境界直上に顕著な低速度領域が存在することがわかった。低速度領域から流体の存在が示唆され、浅部超低周波地震の発生は流体とすべり欠損速度の両方が鍵をにぎると考えられる。

謝辞
F-netの広帯域速度波形記録を使用しました．スロー地震学のスロー地震データベースよりカタログをダウンロードしました（Kano et al., 2018 SRL）．地震動計算には地球シミュレータを利用しました．

キーワード：南海トラフ、浅部超低周波地震、CMT解析、間隙水圧、すべり欠損速度
Keywords: Nankai Trough, Shallow very low-frequency earthquake, CMT inversion, Pore fluid pressure, Slip deficit rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of Magnitude and Characteristics of Seismicity of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1]
*Miki Aso[1,3], Naofumi Aso[2], Satoshi Ide[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東京工業大学理学院、3. 応用アール・エム・エス株式会社
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Tokyo Institute of Technology, School of Science, 3. OYO RMS Corporation

Over a million tectonic low frequency earthquakes (LFEs) have been found in Parkfield along the San Andreas Fault, as 88 families by Shelly and Hardebeck [2010]. Thanks to enormous event detection, interesting characteristics focusing on their event amplitudes have been reported such as the spatial variation along the fault, the exponential frequency distribution for each family, and the relationship with recurrence time [Shelly and Hardebeck, 2010; Shelly, 2010]. However, the relative size of families has not been quantified accurately, because we have to consider various factors such as radiation pattern depending on focal mechanisms, attenuation during wave propagation, and site amplification effects. For quantitative comparison of scale among differently located events, here we estimate the absolute magnitude of each event considered those effects.

We estimate the seismic moment Mo [Nm] and moment magnitude Mw of all LFE events in the catalog of Shelly [2017]. We first stack seismograms of over one million events in the catalog to improve the signal-to-noise (S/N) ratio. Then, we evaluate the absolute amplitude of the original seismograms using the stacked waveforms. Specifically, we evaluate seismic moment Mo by assuming focal mechanisms of each family, attenuation quality factor, site effect estimated by Aso et al. [2019, submitted to JpGU meeting, “Variations of Focal Mechanisms of Low Frequency Earthquake in Parkfield”], and the source time function estimated by Thomas et al. [2016]. Note that we consider the frequency-limited seismic moment Mo, though it is not exactly the same as the original definition of seismic moment measured at a lower frequency than the minimum frequency contained in one phenomenon.

As previously reported by reported by Shelly and Hardebeck [2010], LFEs in the southern part has larger magnitude. We also find that shallower events are smaller than deeper events.

Similarly, most of the frequency distribution for each family shows an exponential distribution which is also reported for LFEs in Cascadia [Sweet et al., 2014] and New Zealand [Chamberlain et al., 2014].

By comparing size and recurrence interval, the events during LFE burst (seconds interval) tend to be larger than the first event of burst, which occurs after hours-to-days quiescence. A similar tendency is found in tremor burst occurring with a longer time scale (~1-week-long) than that of LFEs (~1-minute-long) [Yabe and Ide, 2014]. These might suggest some temporal change in fault rheology and/or some characteristic spatiotemporal behavior such as Brownian slow earthquake processes [Ide, 2008].

キーワード：サンアンドレアス断層、パークフィールド、地震活動、波形スタック、低周波地震、振幅評価
Keywords: San Andreas Fault, Parkfield, seismicity, waveform stacking, low frequency earthquake, amplitude evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tectonic tremor catalog in the Tohoku-Hokkaido-Oki region using S-net

*井出 哲[1]、西川 友章[2]、松澤 孝紀[3]、太田 和晃[2]、内田 直希[4]、西村 卓也[2]
*Satoshi Ide[1], Tomoaki Nishikawa[2], Takanori Matsuzawa[3], Kazuaki Ohta[2], Naoki Uchida[4], Takuya NISHIMURA[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所、3. 防災科学技術研究所、4. 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター
1. Department of Earth an Planetary Science, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Graduate School of Science and International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

Recently, various slow earthquakes have discovered in the subduction zone off Tohoku and Hokkaido regions along the Japan Trench. In this presentation, we report the detection of tectonic tremors using the Seafloor Observation Network for Earthquakes and Tsunamis along the Japan Trench (S-net), operated by The National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED).

We used continuous seismograms from August 2016 to August 2018 recorded by short-period sensors at 150 S-net stations. The original data were converted to envelope waveforms and analyzed using the envelope correlation method coded by Ide (2010), for each 300 s time windows with 150 s overlap. Since the results included many ordinary earthquakes with short durations, we regarded the events with durations longer than 20 s as tremors. This number is twice longer than that used for deep tremors in western Japan, reflecting the long-lasting waves in ocean bottom observation.

We found that the detection completeness is not high due to the high seismic activity in the Japan Trench, especially after the occurrence of large earthquakes, with numerous aftershocks falsely detected. We therefore divided the study area into 18 overlapping sub-regions that cover the locations of tremor activity to solve this problem. We detected tremors in each sub-region and merged the results into one catalogue by removing one of any two events within 10 s and 1 degree of each other, depending on their root-mean-square errors. Some tremor-like signals were found near the triple junction off the Boso Peninsula at approximately 34.8°N. However, visual inspection revealed these events to be ordinary earthquakes, which we excluded from our tremor catalogue. The resultant tremor catalogue will be available in Slow Earthquake Database (Kano et al., 2018).

キーワード：テクトニック微動、スロー地震、海底地震計、S-net、日本海溝
Keywords: tectonic tremor, slow earthquake, ocean bottom seismometer, S-net, Japan trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spontaneous Slow Slip and Runaway Slip in Laboratory

*高橋 美紀[1]
*Miki Takahashi[1]

1. 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST

Earthquake nucleation and propagation involves the acceleration of slip on a fault from a background, quasi-static, low-velocity state towards meter-per-second values. From shear experiments using brine-saturated simulated gouge composed of 80:20 wt.% mixtures of halite and muscovite (following e.g. Niemeijer & Spiers, 2007, JGR), Takahashi et al., [2017, G-cubed] recently reported a switch in the dominant deformation process, from distributed viscous flow (pressure solution creep) to localized brittle deformation, at a critical velocity V_c (~20 μm/sec). The direct effect which is normally observed upon perturbations in sliding rate disappears for $V > V_c$, suggesting that runaway fault-slip may be achieved when the sliding velocity exceeds V_c.
At relatively low shear stress, flow mechanisms, such as pressure solution creep and dislocation creep, will be fast enough to effectively suppress slip acceleration. However, with increasing the shear stress, there may be a velocity range in which flow mechanisms still works but not as effective. Hypothesizing that, under constant shear stress boundary conditions, this may lead to spontaneous acceleration followed by deceleration, analogous to a slow slip event. Moreover, imposing the constant shear stress with equal or larger value of the maximum strength of the simulated gouge, I also hypothesize that slip acceleration may proceed as $V > V_c$, inducing a dynamic weakening.
To address these hypotheses, I conducted torque-controlled rotary shear experiments, using brine-saturated, 80:20 wt % mixtures of halite (grain size < 75 μm) and muscovite (grain size < 33 μm) powders. Approximately 1.65 g of the gouge mixture was sandwiched between two teethed steel piston rings, forming an initially 1 mm thick layer. The piston rings had an inner diameter of 38 mm, and an outer diameter of 50 mm. I used a high-velocity rotary shear apparatus designed by T. Shimamoto [e.g., Togo and Shimamoto, 2012], and now installed at the Geological Survey of Japan (GSJ). The apparatus was modified to enable torque control with an accuracy of ±0.002 in the friction coefficient (μ), at a normal stress of 5 MPa. Rotation displacement is measured using a potentiometer installed close to the piston ring at the rotating side.
A preliminary result shows the velocity evolution after stepwise changes in the shear stress. At low shear stresses, corresponding to the pressure solution creep-controlled regime, transient increasing velocity towards a steady-state values suggests stable sliding. At $\mu \approx 0.6$, the simulated gouge shows spontaneous acceleration to $V \approx 1$ μm/sec, followed by deceleration. Lastly, under a constant shear stress condition equivalent to $\mu = 0.67$, spontaneous slip acceleration occurred followed by dynamic weakening at $V \approx V_c = 20$ μm/sec. More experiments and microstructural observations will help to elucidate the relationship between the critical velocity and the switch among dominant deformation mechanisms.

キーワード：shear stress control test、spontaneous acceleration/deceleration、dynamic weakening
Keywords: shear stress control test, spontaneous acceleration/deceleration, dynamic weakening

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高速断層すべり過程における石英質岩の水和化、非晶質化：人工水晶を用いた摩擦実験による検討

Hydration and amorphization of quartz rocks during high-velocity frictional sliding: An examination of fault gouge from friction experiments of synthetic quartz

* 尾上 裕子[1]、 飯田 大貴[2]、堤 昭人[1]、瀧川 晶[1]
*Yuko Onoe[1], Hirotaka Iida[2], Akito Tsutsumi[1], Aki Takigawa[1]

1. 京都大学理学研究科、2. 地熱エンジニアリング（株）
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Geothermal Engineering Co., Ltd.

高速のすべり速度域では、様々な種類の岩石、断層ガウジが摩擦強度の弱化を起こすことが明らかになっており、ほとんどの岩石の高速度下での摩擦強度弱化は摩擦溶融や断層物質の熱分解などを原因とすることがわかっている。一方で、石英質岩を用いた実験では、摩擦発熱がほとんどないすべり速度 1 mm/s付近の低速度域で摩擦強度弱化がはじまっており、これは摩擦熱を原因にもたない特異的な現象と考えられている(Di Toro et al., 2004)。この石英質岩の摩擦強度弱化の要因としては、Goldsby and Tullis [2002]において摩擦表面に水和化非晶質シリカのガウジが形成され、その潤滑効果によって摩擦弱化が引き起こされるというGel lubrication modelが提唱されている。しかし、摩擦強度弱化と断層表面のガウジの水和化、非晶質化の関係は未だ明らかではない。

本研究は、石英質岩にみられる摩擦強度弱化のメカニズムを解明することを目的とした。全ての実験は京都大学の回転式中高速摩擦試験機を使用し行った。実験試料には人工水晶を使用した。実験は1.5 MPaの一定垂直応力条件下で、5 μm/s、10 μm/s、105 μm/s、1 mm/s、10 mm/s及び105 mm/sのすべり速度で実施した。本研究では、湿度による水分子の供給という点に着目し湿度0 %(DRY条件)と室内湿度約45 %(Room Humidity条件)の２種類の湿度条件を設定した。DRY条件は試料部を乾燥空気で満たすことで実現した。摩擦実験後、すべり面上のガウジを採取して、FTIR分析を行った。

摩擦実験の結果、人工水晶試料の摩擦挙動はDRY条件とRoom Humidity条件で異なるものであった。いずれの湿度条件においても摩擦挙動弱化は観察されたが、DRY条件においては従来指摘されていたすべり速度1 mm/s 付近よりさらに低速、およそ10 μm/s 付近で弱化が始まっていた。FTIR分析の結果、全測定試料でガウジの水和化が確認された。また、DRY条件及びRoom Humidity条件のいずれにおいても、速度が速いほど結晶構造の損傷が進んでいることが確認できた。

DRY条件及びRoom Humidity条件のいずれにおいても、少なくとも摩擦強度弱化のおきた試料の摩擦表面のガウジは水和化していることを示しており、これはGoldsby and Tullis [2002]の弱化モデルを否定しない。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Constraining S Wave Velocity of the Source Region of Shallow Very Low-Frequency Earthquakes

*悪原 岳[1]、利根川 貴志[2]
*Takeshi Akuhara[1], Takashi Tonegawa[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 海洋開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Research and Development center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Shallow very low-frequency earthquakes (VLFEs), which are believed to occur in the vicinity of megathrusts, have been often associated with elevated pore fluid pressure. Lines of evidence for this idea include a small amount of stress drop, high tidal sensitivity, and reduced P wave velocity inferred from active source seismic surveys. Revealing the physical properties of the source region of shallow VLFEs will lead to a better understanding of their generation mechanisms. However, the challenge lies in the difficulty of acquiring S wave velocity in fine resolution.

Recent achievements by the authors may help overcome this issue. Akuhara et al. (2019) developed a robust technique to estimate Green's functions of receiver side structures from offshore seismograms, which are typically ill-conditioned due to water reverberations. Tonegawa et al. (2017) inverted Rayleigh wave admittance (i.e., a ratio of ground displacement to hydraulic pressure) for shallow S wave velocity structures beneath DONET seafloor observatories at the Nankai Trough subduction zone. Their velocity models show low-velocity zones that characterize the source regions of shallow VLFEs. However, a smoothing constraint imposed on the models renders their interpretation somewhat difficult.

This study presents preliminary results from transdimensional inversion of receiver-side Green's function estimated by the method of Akuhara et al. (2019), where we adopt a prior constraint by the velocity models of Tonegawa et al. (2017). Complementary to the Rayleigh admittance, the Green's function approach is sensitive to velocity contrasts and thus will offer an improved resolution.

キーワード：浅部超低周波地震、地震波速度構造、海底地震計、ベイズ統計
Keywords: shallow very low frequency earthquake, seismic velocity structure, ocean bottom seismometer, bayesian analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantitative relationship between aseismic slip propagation speed and frictional properties

*有吉 慶介[1]、アンプエロ ジャンポール[2,3]、バーグマン ローランド[4]、松澤 暢[5]、長谷川 昭[5]、日野 亮太[5]、堀 高峰[1]
*Keisuke Ariyoshi[1], Jean-Paul Ampuero[2,3], Roland Burgmann[4], Toru Matsuzawa[5], Akira Hasegawa[5], Ryota Hino[5], Takane Hori[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. コート・ダジュール大学、3. カリフォルニア工科大学、4. カリフォルニア大学バークレー校、5. 東北大学大学院理学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Université Côte d’Azur, 3. California Institute of Technology, 4. University of California, Berkeley, 5. Graduate School of Science, Tohoku University

Recent observations show evidence of propagation of postseismic slip, whose propagation speed may contain information about the mechanical properties of faults. Here, we develop a new analytical relationship between the propagation speed of aseismic slip transients and fault frictional properties, modeled by a rate- and state-dependent friction law. The relationship explains the propagation speed of afterslip in 3-D numerical simulations to first order. Based on this relationship, we identify systematic dependencies of afterslip propagation speed on effective normal stress σ and frictional properties (the coefficients a and a-b which quantify the instantaneous and the steady-state velocity-dependence of friction, respectively, and the characteristic slip distance d_c of fault state evolution). Lower values of the parameter $A=a\sigma$ cause faster propagation in areas where the passage of the postseismic slip front induces large shear stress changes $\Delta\tau$ compared to A, which are typically located near the mainshock rupture. In areas where $\Delta\tau/A$ is small, typically more distant from the mainshock, afterslip propagation speed is more sensitive to (a-b) σ. The propagation speed is proportional to initial slip velocity and inversely proportional to d_c. The relationship developed here should be useful to constrain the frictional properties of faults based on observed propagation speeds, independently of rock laboratory experiments, which can then be used in predictive numerical simulations of aseismic slip phenomena.

キーワード：速度状態依存摩擦構成則、有効法線応力、応力擾乱
Keywords: rate- and state-dependent friction, effective normal stress, stress perturbation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comprehensive detection of very low frequency earthquakes off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, northeastern Japan

*馬場 慧[1]、竹尾 明子[1]、小原 一成[1]、松澤 孝紀[2]、前田 拓人[3]
*Satoru Baba[1], Akiko Takeo[1], Kazushige Obara[1], Takanori Matsuzawa[2], Takuto Maeda[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 防災科学技術研究所、3. 弘前大学理工学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

Very low frequency earthquakes (VLFEs), classified as one type of slow earthquakes, occur near seismogenic zones. VLFEs off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku in northeastern Japan occur around subducting plate interfaces near trenches. Asano et al. (2008) found VLFEs in the off-Tokachi region, the southern part of the Pacific coast of Hokkaido along the Kuril Trench, by array signal processing using high-sensitivity accelerometers of Hi-net operated by National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED). In recent years, VLFEs off the Pacific coast of Tohoku were found by visually checking broadband seismograms of F-net operated by NIED and other events were detected by the matched-filter technique using waveforms of detected events as templates (Matsuzawa et al., 2015). However, the number of detected VLFEs may have been limited because of the small number of the VLFE templates in previous studies. Baba et al. (2018, SSJ) set four virtual epicenters off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku and detected VLFEs by the matched-filter technique using numerically simulated waveforms as templates. We extended virtual epicentral gridsto make more comprehensive detection of VLFEs.

We used continuous seismograms of F-net seismometers from January 2003 to July 2018 after applying a band-pass filter of 0.02–0.05 Hz. We set 123 virtual epicentral grids off the Pacific coasts of Hokkaido and Tohoku, and computed the synthetic waveform from the source at each virtual epicenter by the finite difference method with a three-dimensional velocity structure model, namely, Japan Integrated Velocity Structure Model (Koketsu et al., 2012). The fault mechanisms were assumed to be consistent with the geometry of the plate boundary and a plate motion model, NUVEL-1A. We then calculated station- and component-averaged cross-correlation coefficients (averaged CC) between synthetic waveforms and the data of F-net seismograms every 1 s, and selected the events which have averaged CC above nine times of the median absolute deviation of the distribution. This method is, however, sensitive to regular earthquakes and teleseismic events as well. We then excluded the signal of regular earthquakes by discarding events with the amplitudes of more than 160 nm/s at 1-2 Hz in vertical components at the nearest stations. Moreover, to remove teleseismic events, we used the USGS earthquake catalog and discarded events with high amplitudes and low averaged cross-correlation coefficients.

VLFE activities in the off-Tokachi and off-Aomori regions show synchronized episodic bursts in the interval of several months. VLFEs in the off-Tokachi region was rapidly increased by the afterslip of the 2003 Tokachi-Oki earthquake. Those in the off-Iwate and off-Ibaraki regions, located out of the coseismic slip area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (hereinafter, the Tohoku earthquake), were also rapidly increased by the afterslip of the Tohoku earthquake. VLFE activity in the off-Miyagi region is characterized by episodic bursts in the interval of several months to one year before the Tohoku earthquake, but it became low since then. VLFE activity in the off-Fukushima region show dramatic increase after an Mw 6.9 earthquake at off-Fukushima on July 19, 2008. In the off-Miyagi and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

off-Fukushima regions, located within or at the edge of the coseismic slip area of the Tohoku earthquake, VLFE activity has been low since the Tohoku earthquake probably because the earthquake released the stress almost completely. These results suggest that VLFEs are sensitive to the stress perturbation and can be a slip meter that reflect spatiotemporal change of the interplate slip, as has been indicated by previous studies. Consequently, one possible cause of these episodic VLFE bursts in the off-Tokachi, off-Aomori and off-Miyagi regions may be the intermittent release of small portion of stress accumulated by interplate locking between plates in the interval of several months to one year. The interval of episodic bursts is shorter than a periodicity of slow slips ranging from 1 to 6 years off the Pacific coasts of Tohoku indicated by Uchida et al. (2016).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSデータを用いた1997-2017年東海地方スロースリップイベントの推定

Spatio-temporal evolution of long- and short-term slow slip events in the Tokai region, central Japan estimated from a very dense GNSS network, during 1997-2017

*坂上 啓[1]、西村 卓也[2]、福田 淳一[3]、加藤 照之[4]
*Hiromu Sakaue[1], Takuya NISHIMURA[2], Jun'ichi Fukuda[3], Teruyuki Kato[4]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学地震研究所、4. 神奈川県温泉地学研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, 3. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 4. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

The long-term slow slip events (SSEs) have been reported on the subducting Philippine Sea Plate in the Tokai region, central Japan during 2001-2005 and 2013-2016. Many short-term slow slip events have been also observed there since 1996. We analyzed GNSS data from 1997 to 2017 to estimate spatiotemporal distribution of interplate slip associated with these SSEs in this study. The GIPSY-OASIS II software (version 6.1) was used to estimate daily coordinates of GNSS stations operated by GSI and JUNCO (the Japanese University Consortium for GPS Research). It is well known that GNSS time series have many systematic signals and noises that do not result from SSEs. They include, for example, seasonal variations, co- and post-seismic deformation of the 2004 southeast off Kii Peninsula earthquakes (M_w 7.3/7.4), the 2008 Ibaraki-ken-oki earthquake (M_w6.9), the 2008 Fukushima-ken-oki earthquake (M_w7.0) and the 2011 Tohoku-oki earthquake (M_w9.0), and crustal deformation of volcanic activity on the northern Izu Islands in 2000. After removing them, we applied a modified Network Inversion Filter (NIF) [Fukuda et al., 2008] to estimate daily slip and slip rate on the subduction plate interface.
Our results suggest that not only long-term SSEs (M_w~7.1 and M_w~6.7) in 2000-2005 and 2013-2016, but also short-term SSEs (M_w<6.1). The maximum estimated daily slip rates for short-term SSEs are an order of magnitude larger than those of the long-term SSE, and peak slip for short-term SSEs migrates along strike with LFTs synchronously. It suggests that LFTs are loaded directly by SSEs, and that slip rate regulates LFT genesis. We will present the change of back slip rate between inter short-term SSEs and characteristics of short-term SSEs (e.g. slip rates and recurrence interval) depending on the occurrence of long-term SSE.

キーワード：東海地方スロースリップ、東海地方、GNSS
Keywords: slow slip event, Tokai region, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Broadband excitation of acoustic emission in granular stick-slip : experiments and spectral analyses

*福水 秀和[1]、隅田 育郎[2]
*Hidekazu Fukumizu[1], Ikuro Sumita[2]

1. 金沢大学大学院　自然科学研究科　自然システム学専攻　地球環境学コース、2. 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系
1. Earth and Environmental Science Course, Division of Natural System, Graduate school of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. School of Geosciences and Civil Engineering, Kanazawa University

Slow slip and tremor are observed to occur simultaneously (e.g., Rogers and Dragert, Science, 2003). Such observation can be modelled using granular stick-slip experiments which show that the timing of the slips and acoustic emission (AE) are well correlated (e.g., Johnson et al., GRL, 2013, Jiang et al. GRL, 2017). AE waveforms are complex (e.g., Michlmayr & Or, Gran. Matt., 2014), and we do not fully understand the details of the temporal change of AE during the slip. Here we report the results of granular stick-slip experiments which focus on how their spectra depend on the shear rate, particle size and container size.

We shear glass beads contained in a stainless steel beaker using a rotating viscometer to which a vane spindle is attached (Higashi and Sumita, JGR, 2009), and measure the shear stress and AE at 200kHz. We use broadband accelerometers and microphones to measure AE. Four accelerometers are attached at the outer rim of the beaker, and each are separated by an angle of 90 degrees.

We integrate the acceleration to obtain AE velocity –time series data and analyze their characteristics in broad band. We find that although AE has a broad spectrum, the spectra show that there are two characteristic frequency (f) components ; a high-f (of the order of 100 Hz) and a low-f (of the order of 10Hz) components. The velocity waveforms recorded at antipodal positions, show that the high-f components are in phase, whereas the low-f components are of the opposite phase. This indicates that the mechanism which excite these components differ : the high-f component may correspond to AE excited by particle rearrangement, whereas the low-f component may correspond to the translational motion of the container. Indeed we find that the frequency of the low-f component depends on the container size.

We also conducted experiments using a rheometer in a parallel-plate setup and confirmed that these two different components exist. When the particle size becomes larger, the amplitude of the shear stress and the AE velocity increases. Furthermore we find that the mean frequency of the normalized power spectra rose to a higher frequency, thus correlating with the stress increase.

Our experiments indicate that AE is excited in broadband, and that their frequency components can be used to infer the interparticle stress. Such excitation appear to be analogous to tremors and very low frequency earthquakes that are also excited simultaneously.

キーワード：粉粒体、固着すべり、アコースティックエミッション、地震、微動
Keywords: granular matter, stick-slip, acoustic emission, earthquake, tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Episodic tremor and slip silently invades strongly locked megathrust in the Nankai Trough

*加納 将行[1]、加藤 愛太郎[2]、小原 一成[2]
*Masayuki Kano[1], Aitaro Kato[2], Kazushige Obara[2]

1. 東北大学理学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate school of science, Tohoku University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Recent seismic and geodetic observations in subduction zones have revealed that slow earthquakes have preceded some large earthquakes (e.g., Kato et al., 2012; Mavrommatis et al., 2014; Ruiz et al., 2014). Characterization of slow earthquakes and their relation to large earthquakes provides important clues to constrain a wide spectrum of slip rates on tectonic faults. In this study, we report new evidence of a slow slip transient at the downdip edge of the strongly locked seismogenic zone in the western Nankai Trough in southwest Japan based on GNSS time series. This slow slip transient was remotely excited during an episodic tremor and slip at the downdip extension of the locked zone. Through this remote triggering, the frequent occurrence of the deep episodic tremor and slip invades the strongly locked megathrust zone and may intermittently increase the probability of large earthquakes in the Nankai Trough.

Acknowledgments

We used GNSS data provided by the Geospatial Information Authority of Japan. This study was supported by the JSPS KAKENHI Grant Number JP15K17743 in Grant-in-Aid for Young Scientists (B), JP18K03796 in Grant-in-Aid for Scientific Research (C), JP16H06473 and JP16H06474 in Scientific Research on Innovative Areas “Science of Slow Earthquakes.”

キーワード：Slow slip events、Slow earthquakes、Western Shikoku、GNSS
Keywords: Slow slip events, Slow earthquakes, Western Shikoku, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial distribution of the electrical resistivity beneath western part of Shikoku Island where long-term SSE events have repeatedly occurred

*上嶋 誠[1]、畑 真紀[1]、市原 寛[2]、吉村 令慧[3]、相澤 広記[4]
*Makoto Uyeshima[1], Maki Hata[1], Hiroshi Ichihara[2], Ryokei Yoshimura[3], Koki Aizawa[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山センター、3. 京都大学防災研究所、4. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University

In the Bungo channel area at the western margin of the Nankai megathrust rupture zones, the long-term slow slip events (SSE) repeatedly occurred about every 6 or 7 years. Since the last large-scale SSE event occurred in 2010, we will have a next large event soon. In order to obtain the electrical resistivity structure in the vicinity of the SSE area and examine its temporal change, we have started the Network-MT survey in the western part of the Shikoku Island facing the Bungo channel since April, 2016. Just before beginning of the observation, a tiny-scale SSE event occurred in the Bungo-channel (Ozawa, 2017, Hirose et al., 2018). We selected 17 areas in the western part of the Shikoku Island and installed 3 or 4 electrodes in the respective areas. The electrical potential differences with typical electrode spacing of several km are measured by using metallic telephone line network. We also measure the geomagnetic field at two stations in the target region. With the aid of the BIRRP code (Chave and Thomson, 2004), we could estimate the frequency-domain Network-MT response functions of good quality between the voltage difference and the magnetic field. The Network-MT response functions were directly inverted to estimate the 3-D resistivity structure in this area with the aid of the DASOCC Network-MT 3-D inversion code (Siripunvaraporn, Uyeshima & Egbert, 2004).

Conductive portions are commonly detected in the mid-crust of the target region. Their roots are just on the upper surface of the subducting Philippine Sea slab. This may suggest dehydration there. Among the spatial distribution of resistivity, that of seismic P-wave attenuation (Kita and Matsubara, 2016), and that of SSE slips (e.g. Ozawa et al., 2013, Yoshioka et al., 2015, Hirose et al., 2018), some mutually related features are detected. Low Qp (high attenuation) areas tend to correspond to highly conductive areas. The low Qp and highly conductive area are detected just above the subducting slab and outside of the SSE area. Inside the SSE area, while Qp takes generally high values, a patchy conductive area is detected in overall resistive background structure.

This study is supported by JSPS KAKENHI Grand Number JP16H06475 in Scientific Research on Innovative Areas "Science of Slow Earthquakes". It is also partly supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan, under its Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program. We acknowledge staffs of the Nippon Telegraph and Telephone WEST Corporation for their cordial support in the survey. We also thank H. Abe, A. Takeuchi and Y. Suwa for their help in preparing and installing instruments.

キーワード：豊後水道スロー地震、３次元比抵抗構造、Network-MT観測
Keywords: slow slip event beneath the Bungo Channel, 3-D resistivity structure, Network-MT observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variations of scaling relationships for shallow tremor observed along the Nankai trough

*中野 優[1]、矢部 優[1]
*Masaru Nakano[1], Suguru Yabe[1]

1. 独立行政法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Scaling relationships of seismic phenomena is one of keys to understand the source processes. Size distributions of slow earthquakes as low-frequency earthquakes (LFEs), non-volcanic tremor (NVT), very-low-frequency earthquakes (VLFE), and slow-slip events (SSEs) have been studied in many locations. Some studies showed that the size distribution follow an exponential law (e.g. Watanabe et al., 2007; Hiramatsu et al., 2008; Chestler and Creager, 2017), while others showed that power law distributions better explain the observations (e.g. Kao et al., 2010; Bostock et al., 2015; Nakamura and Sunagawa, 2015).
Most of previous studies are for slow earthquakes that occur in regions deeper than the source region of megathrust earthquakes, and only a limited number of studies have been carried out for shallow slow earthquakes beneath accretionary prism as observed along the Nankai trough. Although observed characteristics of shallow and deep ones are very similar, physical conditions as temperature and pressure much differs in these region.
In our previous studies (Nakano et al., 2018SSJ, AGU), we obtained the result that shallow tremor follows a power law distribution with b values of about 1. In this study, we further analyzed tremor activities beneath the Muroto fore-arc basin. using data from DONET2. We estimated the seismic energy of tremor signals using the same method as our previous studies, during intensive activities starting in September 2015, April 2016, February 2017, and February 2018. The source region of each activity is different from each other, spanning between off Shiono-Misaki and off Cape Muroto.
The size distribution of each activity mostly follow power-law distributions, but the b value varies from 0.7 and 1.7. We note that the activity in 2016 is also well fitted by an exponential law, probably due to narrow range of observed event size distribution. Similar result has been obtained in the 2018 activity in Kumano. The size distribution deviate from a power law for largest events as observed in Kumano activities. This deviation at larger events would be due to limited system size, expected from the theoretical stochastic model of tremor by Ide and Yabe (2018). The upper limit of event size, and accordingly the system size, varies from activity to activity.
We also investigated the relation between the seismic energy and duration of tremor events. The relation also follows a power law, with slopes of 2.0 to 2.6 in Kumano, and 1.5 to 3.3 in Muroto. These values are again consistent with the expectation value of 2 from the model of Ide and Yabe (2018).
These investigations represent that the scaling relationships of shallow tremor are mostly consistent with the 2D PCA model by Ide and Yabe (2018). Further studies would be necessary to reproduce the observed variations of the scaling parameters.
Acknowledgments: We used DONET data and JMA and USGS earthquake catalogs in the analysis. This research was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 16H06477 in Scientific Research on Innovative Areas “Science of Slow Earthquakes”

キーワード：DONET、南海トラフ、地震のサイズ分布
Keywords: DONET, Nankai trough, earthquake size distributions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Low-frequency earthquakes triggered by teleseismic surface waves by Ryukyu subduction zone.

金城 亜祐美[1]、*中村 衛[1]
Ayumi Kinjo[1], *Mamoru Nakamura[1]

1. 琉球大学理学部
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

We investigated low-frequency earthquakes (LFEs) in the Ryukyu Trench region that were triggered by surface waves from teleseismic earthquakes. Although these LFEs in the southwestern Ryukyu arc have previously been explored by Chao et al. (2016), their hypocenter distribution is not known in detail.

We selected 50 earthquakes from January 2004 to December 2016, which had magnitudes greater than 7.5 and epicentral distances between 9–150˚. We used the waveforms of 6 broadband seismometers in the Ryukyu arc from F-net (NIED) to analyze the surface waves. We also used the waveforms of 20 short-period seismometers in the Ryukyu arc from the Japan Meteorological Agency to detect trace LFEs in Ryukyu Island and determine their hypocenters.

The LFEs in the Yaeyama and Okinawa regions were observed. In the former region, during the passage of the surface waves, spindle-shaped LFE waveforms were first observed at Hateruma (south of Yaeyama Islands), and later at other stations in the Yaeyama region. Similarly, for the latter region, during the passage of the surface waves, spindle-shaped LFE waveforms were first observed at ZMM or Tamagusuku (south of Okinawa Island), and later at other stations in the Okinawa region. These observations suggest that the sources of the triggered LFEs were near or south of Hateruma and Tamagusuku.

We subsequently determined the hypocenters of the triggered LFEs. We computed the LFE travel-time difference between two stations using cross-correlations of the waveforms (Obara, 2002). The travel-time difference of waveforms of the LFEs corresponded to travel-time difference of the S-phase because S-waves were dominant in the LFEs, and P-waves were weak. The hypocenters were determined using the grid search method (Chao et al., 2013). In the Yaeyama region, the LFE hypocenters were mainly distributed near Hateruma Island. In the Okinawa region, they were distributed south of Okinawa Island. These positions are similar to the positions of the LFE hypocenters that accompany very low frequency earthquakes (LFE-VLFEs). This suggests that faulting in a cluster of LFE-VLFEs would be active with dynamic stress change.

In the Okinawa and Yaeyama regions, LFEs are triggered when the peak ground velocity of the surface wave is greater than 0.1 cm/s. This threshold value is similar to that for LFEs in Taiwan (Chao et al., 2013), suggesting that the weak friction coefficient at the plate interface of the Ryukyu Trench is similar to that in Taiwan.

キーワード：低周波地震、表面波、琉球海溝
Keywords: low frequency earthquake, surface wave, Ryukyu Trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

四国地方における深部低周波微動に同期する地表変位の検出
Detection of small surface displacement accompanying deep low-frequency tremor in Shikoku region, southwest Japan

*岡田 悠太郎[1]、田部井 隆雄[2]
*Yutaro Okada[1], Takao Tabei[2]

1. 高知大学理学部、2. 高知大学理工学部
1. Faculty of Science, Kochi University, 2. Faculty of Science and Technology, Kochi University

In many subduction zones in the world, several types of slow earthquakes occur with different depths on the plate interface and some of them are accompanied by surface displacement. In this study, we focus on small surface displacements coincident with non-volcanic deep low-frequency tremor in Shikoku region in the Nankai subduction zone, southwest Japan.

We use daily coordinates time series from 107 GEONET stations located in Shikoku and tremor catalog compiled by NIED (Maeda and Obara, 2009; Obara et al., 2010) in the period from Jan. 1 2004 to Dec. 31 2008. Since GNSS coordinates changes due to the Bungo Channel long-term slow slip events are well reproduced by S-shaped logistic function, we use the same function to extract small displacement coincident with tremor activity. At first, we convert horizonal components into N50˚W direction after removing annual and semiannual variations and common-mode errors. Next, we fit the logistic function to a data segment with variable time window of 5, 7, and 9 days and estimate an amplitude of the function. The fitting is checked by a correlation coefficient between the observation and calculation. We apply this fitting for entire data period at all stations sliding data segment. Finally, we extract displacement when the amplitude of the fitted logistic function exceeds a certain criterion (1.8 mm in this study) and the correlation coefficient is large enough. If the extracted displacement is coincident with tremor activity within 30 m from the GNSS station, we adopt it as the tremor-related displacement. As a result, 225 events are adopted.

Spatial pattern of the tremor-related displacement seems to be related with the location and mechanism of the tremor event though closer inspection is needed. However, we extract much more small displacements by fitting a logistic function, of which the source is unknown. The logistic function is effective to reproduce transient displacement of the surface but we need to reconsider noise reduction of GNSS time series, time constant of logistic function, time window of the fitting, and so on.

キーワード：GNSS、西南日本、深部低周波微動
Keywords: GNSS, southwest Japan, Deep low frequency tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Long-term temporal change in crustal resistivity beneath western Shikoku

*山下 太[1]、本蔵 義守[1]
*Futoshi Yamashita[1], Yoshimori Honkura[1]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

In southwest Japan, various slow earthquakes such as deep low-frequency tremor and short/long-term slow slip events occur at the subducting plate interface (e.g. Obara and Kato, 2016, Scinence). In western Shikoku, Magneto-telluric (MT) survey was carried out along the dip direction of subducting Philippine Sea plate. The survey revealed an existence of low-resistivity structure in the lower crust in this region (Yamashita and Obara, 2009, AGU). In order to investigate a relationship between this characteristic structure and the activity of slow earthquakes, NIED has been carrying out continuous MT observations in western Shikoku since 2008. Here we show the observational records over 10 years and then discuss a relationship between observed temporal change in crustal resistivity and activity of the long-term slow slip event (L-SSE). Two observational sites KBN and IKT are available as of 2019. Qualities of data recorded at these sites are relatively fine. However, in order to improve the quality for discussing subtle change in MT parameters, we apply a data processing method same as Honkura *et al.* (2013, Nature comm.); we use only data whose coherency between electric and magnetic field is higher than a threshold. The lowest frequency of processed data is 0.00028 Hz. The processed MT parameters, apparent resistivity and phase, do not show any long-term temporal changes at KBN site even after temporal stops of observation over some months. On the other hand, apparent resistivity at IKT site, which is around 10 km southwest away from KBN site, shows temporal reduction at a frequency lower than 0.0022 Hz between 2010 and the middle of 2012. It is known that L-SSE occurred beneath the Bungo Channel in 2010 (e.g. Yoshioka *et al.*, 2015, GJI), which could induce resistivity change in the lower crust and then it might be detected by our MT observation.

キーワード：地殻比抵抗、長期的スロースリップ、MT法
Keywords: Crustal resistivity, Long-term slow slip event, Magneto-telluric method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Slow decay of postseismic deformation compared with aftershocks following the 2011 Tohoku-oki Earthquake

*三井 雄太[1]、森上 竣介[2]
*Yuta Mitsui[1], Shunsuke Morikami[2]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 元・静岡大学大学院総合科学技術研究科
1. Department of Geosciences, Shizuoka University, 2. Formerly at Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

In the literature, decays of postseismic deformation rates of large earthquakes were almost comparable to aftershock decays for subduction earthquakes (e.g. Hsu et al. (2006), Lange et al. (2014)). They are characterized by the modified Omori law with p~1, which means "afterslip-triggerred aftershocks". In this study, we focus on the 2011 Tohoku-oki megathrust earthquake using GNSS and seismicity data. On the basis of high-rate analysis of RINEX data and the F3 solution provided by the Geographical Survey Institute (GSI), we clarify the characteristics of postseismic deformation and aftershocks up to five orders of magnitude of time scale. We find that the p value for the postseismic deformation (p_m) is ~0.7, by contrast, that for the aftershocks (p_n) is ~1. Because a rate-and-state-friction model (Helmstetter and Shaw (2009)) predicted $p_m>=p_n$, another or an additional physical mechanism is necessary to explain the data of $p_m<p_n$. One important mechanism is viscoelastic relaxation of asthenosphere, thus we try fitting the postseismic deformation data by combination of afterslip and viscoelastic relaxation (a model of Suito (2017)). The fitting is not poor but fails to reproduce the Omori-like decay. More complex combination models may improve the fitting, but would not make simple Omori-like power-law decays. We need more sophisticated physical model to represent the decay characteristics of postseismic deformation.

キーワード：余震、余効変動、余効すべり、粘弾性緩和、2011年東北沖地震
Keywords: aftershocks, postseismic deformation, afterslip, viscoelastic relaxation, the 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スロー地震発生深度で形成された沈み込み剪断帯における蛇紋岩の脱水
Serpentinite dehydration in subduction shear zones formed at source depths of slow earthquakes

*森 康[1]、重野 未来[1]、氏家 恒太郎[2]、野呂 和也[2]、西山 忠男[3]
*Yasushi Mori[1], Miki Shigeno[1], Kohtaro Ujiie[2], Kazuya Noro[2], Tadao Nishiyama[3]

1. 北九州市立自然史・歴史博物館、2. 筑波大学、3. 熊本大学
1. Kitakyushu Museum of Natural History and Human History, 2. University of Tsukuba, 3. Kumamoto University

Long-term slow slip events (L-SSEs) and episodic tremor and slip (ETS) occur along the subduction plate boundary at depths of 30–45 km (Obara, 2002; Shelly et al., 2006). These deep slow earthquakes are probably induced by high pore-fluid pressure. Based on geological study, we propose that the high pore-fluid pressure can be produced by metasomatic dehydration of serpentinite in subduction shear zones at source depths of deep slow earthquakes.

The Nishisonogi metamorphic rocks in Kyushu, Japan, are part of a Late Cretaceous subduction complex metamorphosed at $P \approx 1$ GPa and $T \approx 470$ ˚C. The P-T conditions are close to those of source depths of deep slow earthquakes. Serpentinite mélanges intercalated with the metamorphic rocks contain blocks of metabasite, metapelite and albitite. The mélange matrix consists of chlorite-actinolite schist (CAS), talc schist and schistose serpentinite. Intense shear deformation is concentrated in the CAS, and the serpentinite mélanges have the characteristics of anastomosing shear zones.

Bulk chemical composition of the rocks suggests that the CAS is the metasomatized mixture of serpentinite and metabasite. In addition, chemical mass balance indicates considerable dehydration during the CAS formation, along with a slight increase of solid volume. These findings suggest that the CAS formation involves the build-up of pore-fluid pressure. The high pore-fluid pressure results in the concentration of shear deformation into the weakened CAS.

Dehydration of serpentinite probably plays a key role in deep slow earthquakes (Poulet et al., 2014; Okazaki and Katayama, 2015). Thermal dehydration of serpentinite occurs at ~600 ˚C along the subduction plate boundary (Auzende et al., 2006), which is much higher temperature than that of source depths of deep slow earthquakes. In contrast, metasomatic dehydration of serpentinite described here could occur at source depths of deep slow earthquakes.

Auzende, A-L., et al., 2006, EJM, 18, 21–33. Obara, K., 2002, Science, 296, 1679–1681. Okazaki, K., Katayama, I, 2015, GRL, 42, 1099–1104. Poulet, T., et al., 2014, JGR, 119, 4606–4625. Shelly, D.R., et al., 2006, Nature, 442, 188–191.

キーワード：蛇紋岩メランジュ、剪断帯、脱水、間隙流体圧、西彼杵変成岩類、深部スロー地震
Keywords: serpentinite mélange, shear zone, dehydration, pore fluid pressure, Nishisonogi metamorphic rocks, deep slow earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中部琉球海溝における超低周波地震群発地震活動に続いて起こる群発地震活動

Earthquake swarms following very low-frequency earthquakes in the central Ryukyu Trench

*中村 衛[1]
*Mamoru Nakamura[1]

1. 琉球大学理学部
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

中部琉球海溝の奄美大島から沖縄本島にかけての海溝軸付近では数年に一度群発地震が発生している。2018年９月に発生した群発地震活動の時には、その直前に付近で低周波地震活動が発生していた。そこで、この地域で発生する超低周波地震の活動と群発地震活動との間にどのような関係があるのか調べた。普通の地震活動は気象庁地震カタログ使用した。超低周波地震はNakamura and Sunagawa (2015)およびそれを2018年１２月まで拡張したカタログを使用した。

比較した結果、この海域では海溝軸付近で群発地震活動が始まる約１カ月前に周辺で超低周波地震の群発地震活動が起こっていた。これまでに発生した海溝軸付近での主な群発地震活動は2005年8月（最大地震はM4.7）、2009年4月（最大地震はM5.1）、2016年5月（最大地震はM5.6）、2018年9月（最大地震はM6.2）に起こっている。

2005年8月のときには、群発地震活動の３カ月前に超低周波地震活動が沖縄本島付近から奄美大島付近にかけて断続的に発生していった。2009年4月のときには、奄美大島で超低周波地震が発生し始めた2週間後に群発地震活動が始まった。超低周波地震はその後沖縄本島付近にかけて断続的に発生していった。2016年5月のときには、超低周波地震が奄美大島付近で始まり沖縄本島付近へかけて断続的に発生していった。その約20日後に海溝軸付近で群発地震活動が始まった。2018年9月の時には、超低周波地震が沖永良部島付近で始まり沖縄本島付近へかけて断続的に発生していった。その約25日後に海溝軸よりやや陸側で群発地震活動が始まった。これら群発地震は正断層型であり、沈み込んだプレート内で発生したスラブ内地震である。プレート面で小さなスロースリップイベントが発生したとしてＤＣＦＳを計算したところ、海溝軸付近まで滑りが達しないと、スラブ内で正断層型地震の発生を加速させるような応力にはならないことがわかった。

スロースリップイベントが奄美大島付近から沖縄本島付近まで超低周波地震を伴いながら伝播し、その後、時間遅れをもった応力変化によって、または海溝軸付近まで滑りが伝播して、海溝付近でスラブ内の正断層型群発地震活動が誘発されたと考えられる。

キーワード：超低周波地震、琉球海溝、群発地震
Keywords: Very low frequency earthquake, Ryukyu Trench, Earthquake swarm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic imaging in the central Nankai trough, off Shionomisaki to Kii channel

*中村 恭之[1]、小平 秀一[1]、野 徹雄[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、白石 和也[1]
*Yasuyuki Nakamura[1], Shuichi Kodaira[1], Tetsuo No[1], Yuka Kaiho[1], Gou Fujie[1], Seiichi Miura[1], Kazuya Shiraishi[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine Earth Science and Technology

Shallow very low frequency events (sVLFE) have been reported in the Nankai Trough subduction zone recently. In the central part of the Nankai trough, sVLFE were observed off Kii channel and Shinomisaki, but not reported in the area between them, off western Kii peninsula. We conducted a seismic survey with R/V *Kaimei* in November and December 2018 in Nankai subduction zone off Kii channel to Shonomisaki to investigate the structural features and its possible relationship to the sVLFE. R/V *Kaimei* fired 10600 inch^3 air gun array at every 50 m and a streamer cable (4.3 km at shortest, 5.7 km at longest) recorded the seismic signals. We acquired 23 seismic profiles with the length of ~ 75 km in dip direction at 4 km line separation and four profiles of ~ 90 km in strike direction at the shallowest part of the subduction zone. In addition, seven dip profiles with the length of 35 km were acquired off Kii channel to cover the lowermost part of the landward slope densely. The streamer cable was towed at a depth of 25 m to relatively enhance the lower frequency signals for better imaging of the deeper structure. Preliminary processed seismic profiles exhibited the structural variation in the survey area. Deformation of the hanging wall sediments and decollement were well imaged especially ~ 20 –30 km from the trough axis. Top of subducting Philippine Sea plate can be observed through ~ 40 –50 km from the trough axis in some of the obtained profiles. A pair of apparently low angle deep strong reflections were imaged at ~ 7 –8 s two-way time around 40 - 50 km from the trough axis off the western Kii peninsula, which was located slightly east and landward of the area with sVLFE. The shallowest part of the subduction zone in the area where the recent sVLFE activity was not reported, a slope basin with younger sediments deposited over the body of the accretionary prism is imaged, and the deformation was not observed in the slope basin. This suggests the thrust faults within the accretionary prism have not been active recently in this area. We will further process acquired data to obtain clearer seismic images and discuss the structural features and its connection to the observed seismological events in the Nankai Trough.

キーワード：南海トラフ、地震探査
Keywords: Nankai Trough, seismic imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Attempt to Detect Intra-plate SSEs Based on F3 Solution of GEONET

*田中 優作[1]
*Yusaku Tanaka[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute

Slow earthquakes have been detected all over the world and providing new insights into earthquakes. However, most of slow slip events (SSEs) were detected only on plate boundaries and intra-plate SSE was detected only once in Hokkaido. Thus, I attempt to detect intra-plate SSEs all over Japan using F3 solution of GEONET by GSI. I analyze the F3 data with six steps, i.e., (1) removing outliers by setting a term of mean + two times standard deviation for 1/4+1/4 year before-and-after each datum except for the datum itself and considering it is an outlier when it is out of the term, (2) removing disconnections estimated from the offsets and linear trends of 60+60 days before-and-after each datum with the least square method, (3) searching statistically significant temporal changes of the trends by using AIC, (4) cheking visually the time series in which the temporal changes are detected, (5) estimating the displacements from the trend chagnes, and (6) verifying the deformations by numerical calculation by setting rectangular faults.

As of 18th Feb 2019, my study has proceeded to the step (4). In the JpGU meeting, I will report the results of this analysis.

キーワード：地殻変動、スロースリップ、GEONET
Keywords: crustal deformation, slow slip event, geonet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus: Reproduction of slow/megathrust earthquakes in laboratory

*廣瀬 丈洋[1]、谷川 亘[1]、濱田 洋平[1]、岡崎 啓史[1]
*Takehiro Hirose[1], Wataru Tanikawa[1], Yohei Hamada[1], Keishi Okazaki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Earthquakes involve a wide range of slip rates, from slow/aseismic to fast/seismic slip along faults. Thus, frictional properties of faults over wide slip rates (nm/s to m/s), in particular under hydrothermal conditions similar to those expected in seismogenic zones are essential for a unified understanding of all earthquake events. A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus has been installed at Kochi/JAMSTEC, in order to study the fault constitutive properties at slow to fast slip rates and the physicochemical mechanisms underlying mechanical responses. The apparatus is currently capable of applying slip rates from 100 nm/s to 2 m/s, normal stress up to 55 MPa, fluid pressure up to 120 MPa and temperature up to 450oC with infinite displacement. We have been improving the apparatus to work as we intended. In pilot tests, we used metamorphic rocks (pelitic and green schists) as starting materials that are potentially distributed at and below seismogenic zones along hot and young subduction zones. We will present our preliminary results with the basic design of the apparatus.

キーワード：friction、hydrothermal、slow to fast slip
Keywords: friction, hydrothermal, slow to fast slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Very low-frequency earthquakes in western Shikoku remotely triggered by the 2016 Mw5.9 off-Kii Peninsula earthquake

*宮澤 理稔[1]
*Masatoshi Miyazawa[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Slow tectonic events are known to be sensitive to external stress perturbations due to passing seismic waves and earth tides. High-amplitude surface waves from large earthquakes have transiently triggered low-frequency earthquakes (LFEs) and slow slip events (SSEs) in subduction zones. However, dynamic triggering of very low-frequency (VLF) earthquakes during the arrival of seismic waves from a large, distant earthquake has not been observed. Because both the VLF earthquake and the surface wave have similar characteristic periods, remote triggering is not easily detected by using existing methods. We developed a particle filter/smoother for time series analysis combined with Markov chain Monte-Carlo methods, to detect seismic signals and estimate the maximum likelihood source parameters of VLF events that might have been remotely triggered. We apply this method to seismic data from the Mw5.9 earthquake, which occurred on 1 April 2016 (UTC), off Kii Peninsula. We found that six VLF events with magnitudes about 4, likely occurred in the seismogenic regions of ambient LFEs, and were likely triggered by the arrivals of high-amplitude surface waves. The triggering stress changes are from 0.4 to 1.5 kPa, which are similar to the values for LFEs triggering reported previously. Since there were no triggered LFEs in western Shikoku following the 2016 earthquake, these VLF earthquakes are more sensitive to stress changes caused by surface waves from large earthquakes.

キーワード：Very low-frequency earthquake、Remote triggering
Keywords: Very low-frequency earthquake, Remote triggering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Underground structure around source region of slow earthquakes in western Shikoku obtained by receiver function analysis

疋田 朗[1]、加藤 愛太郎[1]、*小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、悪原 岳[1]
Akira Hikita[1], Aitaro Kato[1], *Kazushige Obara[1], Akiko Takeo[1], Takeshi Akuhara[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Various types of slow earthquakes have been observed at subduction zones surrounding the Pacific Ocean. It has been suggested that elevated pore fluid pressure plays an essential role in the generation of slow earthquakes because low velocity or high Vp/Vs zones have been also reported along the plate boundaries where they occur. In Tokai region of the Nankai subduction zone, Kato et al. (2010) revealed that long-term slow slip event (SSE) occurs at the boundary between the continental lower crust and the subducting Philippine Sea plate and episodic tremor and slip (ETS) occurs between the mantle wedge and the subducting plate. Kato et al (2010) also revealed that oceanic crust indicates higher Vp/Vs in the long-term SSE region than in the ETS region. In contrast, Toya et al. (2017) reported that the oceanic crust indicates higher Vp/Vs in the ETS region than in the long-term SSE region in western Shikoku of the same subduction zone. In this study, we revealed configurations of continental Moho discontinuity and subducting oceanic crust and investigated relationship between slow earthquakes and the surrounding seismic velocity structure by receiver function analysis using a dense seismic array in western Shikoku.

As a result, continuous continental Moho and oceanic crust are clearly imaged along both north-south and east-west oriented seismic lines. The plate boundary in the south part, where the distinct continental Moho is not imaged, has steeper slope than the north part along the north-south line. ETS occurs between the mantle wedge and the subducting plate, and long-term SSE occurs along a contact between the continental crust and the oceanic crust.
We show that the oceanic crust indicates much higher Vp/Vs than the hanging wall by using also the reverberation phases. This high Vp/Vs means the elevated fluid pore pressure within oceanic crust due to dehydration. Vp/Vs in the oceanic crust is higher in the deep part of the long-term SSE region than in the ETS region like as the case of Tokai. It is assumed that fluid would accumulate within the oceanic crust owing to low permeability of the continental crust in the long-term SSE region. In contrast, serpentinization of the mantle wedge just above the ETS region could reduce fluid pressure in the oceanic crust. Furthermore, Vp/Vs in the oceanic crust becomes lower in the deeper part beyond the ETS depths, suggesting that eclogization is completed at the depths.

キーワード：レシーバ関数、ETS（深部低周波微動と短期的スロースリップイベントの同期現象）、長期的スロースリップイベント、低速度層
Keywords: Receiver function, episodic tremor and slip, long-term slow slip event, low seismic velocity layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震計アレイデータの逆投影による紀伊半島下の深部低周波微動の震源決定

Hypocenter determination of deep low frequency tremors beneath the Kii Peninsula by backprojection of seismic array data

*寒河江 皓大[1]、中原 恒[1]、西村 太志[1]、今西 和俊[2]
*Kodai Sagae[1], Hisashi Nakahara[1], Takeshi Nishimura[1], Kazutoshi Imanishi[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 産業技術総合研究所
1. Graduate School of Science,Tohoku University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

地震計アレイ解析では，位相がそろっていれば微弱な信号でも検出することが可能である．北米のカスケード地方では，大規模稠密地震計アレイを用いた解析により，深部低周波微動の高精度震源決定が行われている (e.g. Ghosh et al.,2012)．日本では四国西部の地表地震計アレイを用いて，高角度分解能のMUltiple Signal Classification (MUSIC) 法 (Schmidt,1986) に基づく解析を行った先行研究がある (e.g. Ueno et al.,2010)．しかし，ノイズを分離してイベントを検出するための定量的な指標は考えられていない．寒河江・他 (2018 SSJ) では，産業技術総合研究所 (産総研) によって紀伊半島に配置された地表地震計アレイを用いて，アレイ観測点間の波形のコヒーレンスに基づく閾値を設定し，これまで捉えることができていなかった微動を検出することに成功した．検出した時刻のデータにMUSIC法を適用し，入射波動場のスローネスと到来方位角を高い分解能で推定したところ，それらの時間変化は微動のマイグレーションを示唆した．しかし，震源決定は行っていなかった．そこで本研究では，推定したスローネスと到来方位角を用いた逆投影により微動の震源決定を行う．

紀伊半島に配置された産総研の地表地震計アレイは，口径約1.5 km で，ほぼ十字型に50~100 m 間隔で配置された39点の3成分速度型地震計から構成される．地震計の固有周波数は2 Hz であり，サンプリング周波数は200 Hzである．本研究では，地震計の数が安定している2013年7月～2014年7月の1年間のデータを用いて解析を行う．

深部低周波微動の卓越周波数である2~10 Hz のうち，低周波数側の3Hz に着目し，以下の手順で解析を行った．(1) 地震計アレイの全観測点ペアに対して，微動が活発な時期とそうでない時期のコヒーレンスの平均値 (平均コヒーレンス) を計算する．(2) この平均コヒーレンスをもとにイベント検出閾値を設定し，微動の検出を行う．(3) 微動を検出した時刻のデータにMUSIC法を適用し，スローネスと到来方向を推定する．(4) JMA2001 (上野・他,2002) のS波速度構造を用いて，スローネスと到来方向をプレート境界面上 (Hirose et al.,2008) に逆投影することで微動の震源決定を行う．

1年間の中で，微動活動が活発な5つの期間を検出することができた．本研究で決定した微動の震央分布を，エンベロープ相関法で決定された産総研の微動カタログの震源と比較した結果，微動源の時間変化は産総研のカタログと概ね一致していた．さらに，本研究では産総研のカタログよりも約2.5倍も多くのイベントを検出することができた．また，時間分解能が向上したことにより，微動源の時間変化を詳細に確認できるようになった．

本研究の震源決定の結果をもとに微動のマイグレーションを調べた．数日間スケールの微動活動は，プレート走向方向に卓越し，その速度は6.0~9.3 km/day であった．一方，数時間スケールの微動活動では，プレート傾斜方向のマイグレーションを多く確認できた．微動の開始時付近では，約1.0 km/hr の速度で徐々に浅部へ移動するup-dip 方向 (プレート浅部方向) のマイグレーションが見られた．これは主に地震計アレイの北東側で確認された．

本研究では，地表地震計アレイを用いたイベント検出閾値を慎重に評価したことにより，従来の手法では検出できなかった多くの微動の震源決定を行うことができた．さらに震源決定の時間分解能が従来の1分から本研究では10秒まで向上し，一連の微動活動の時間変化を捉えやすくなった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

本研究では，Hirose et al.(2008) のプレート境界モデルを使用させていただきました．産総研のカタログを Slow Earthquake Database (Kano et al.,2018) からダウンロードいたしました．記して感謝申し上げます．

キーワード：深部低周波微動、地震計アレイ解析、逆投影、MUSIC法、紀伊半島、震源決定
Keywords: Deep low frequency tremor, Seismic array analysis, Backprojection, MUSIC method, Kii Peninsula, Hypocenter determination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Triggered tremors and stress perturbations due to surface waves

*池田 亮平[1]、須田 直樹[1]
*Ryohei Ikeda[1], Naoki Suda[1]

1. 広島大学大学院 理学研究科 地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University

Surface waves radiated from distant large earthquakes sometimes trigger a series of deep non-volcanic tremors with intervals of 20-30 seconds, which are the same as dominant periods of surface waves [e.g. Miyazawa & Brodsky 2008]. Understanding the triggering mechanism is important because it provides us clues to the slip process occurring along the transition zone of subducting plate interface. Dynamic stress perturbations due to surface waves that triggered tremors were estimated on the order of 1 to 10 kPa [e.g. Chao & Obara 2016]. To study the relationship between triggered tremors and stress perturbations due to surface waves, we computed theoretical dynamic stresses due to surface waves from large earthquakes by using observed and theoretical surface waves.

We focused on the triggered tremors in the western Shikoku region of the Nankai subduction zone. Most of them occurred in two clusters where tectonic tremors actively occur. We computed theoretical dynamic stress perturbations due to surface waves from 106 earthquakes between 2004 and 2016 with moment magnitudes of 7.0 or grater. The receiver points at which the stress components were computed are at the plate boundary below the N.TSAF and N.KWBH stations, which are the nearest stations of the triggered tremors in F-net and Hi-net, respectively. PREM [Dziewonski & Anderson 1981] and Global CMT catalog [Dziewonski et al. 1981; Ekstrom et al. 2012] were used for the Earth model and the seismic sources for computing theoretical surface waves. Source time functions were approximated with triangular functions whose half durations are equal to the centroid time lags.

The stress change at the plate boundary by the surface wave was estimated based on the method of Spudich et al. (1995). This method consists of two stages: (1) Estimate the stress at the surface from the observed ground velocity and (2) Estimate the stress at the plate boundary from the stress at the surface estimated in (1). In these estimations, we used theoretical proportional relations between the ground velocity and the surface stress and those between the surface and the deep stresses in the frequency domain, which were obtained from the theoretical surface waves. We used the N.TSAF and N.KWBH records as the observed ground velocity. The records from the latter were corrected using the method of Maeda et al. (2011).

The stress components in the source coordinates were transformed to the stress normal to the plate interface and the stress along the possible slip direction of tremor source. The normal and slip directions were obtained from the model plate interface [Baba et al. 2002; Nakajima & Hasegawa 2007; Hirose et al. 2008] and plate convergence vectors [Miyazaki & Heki 2001]. We computed waveforms of the Coulomb failure function (ΔCFF) using a frictional coefficient of 0.2 at periods between 20 and 50 seconds.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Results from the N.TSAF records show that the maximum ΔCFF for the events that triggered tremors are greater than 0.5 kPa. The magnitudes of triggering earthquakes are greater than 7.5. ΔCFFs were generally overestimated when we used the corrected N.KWBH records because the correction did not well work, in particular, for the earthquakes with magnitudes less than 7.5. The important point is that not all of the events that provided the stress perturbations greater than 0.5 kPa triggered tremors. This shows that the stress perturbation due to surface waves cannot be the unique triggering condition: other conditions, for example, stress perturbations due to possible background slow slip events and/or high pore fluid pressure are required.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical modeling of long- and shallow slow slip events including shallow region in Hyuganada and western Nankai, Japan

*松澤 孝紀[1]、芝崎 文一郎[2]
*Takanori Matsuzawa[1], Bunichiro Shibazaki[2]

1. 国立研究開発法人　防災科学技術研究所、2. 国立研究開発法人　建築研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Building Research Institute

Recent studies reported deep long-term slow slip events (SSEs) in the Hyuganada and western Nankai region (e.g., Kobayashi, 2014; Takagi et al., 2016; Ozawa. 2017). Shallow SSEs are also recently reported with low-frequency tremor and very low-frequency earthquakes (e.g., Araki et al., 2017; Nakano et al., 2018). In our previous study, we have numerically reproduced recurring deep long- and short-term SSEs in the Shikoku region (Matsuzawa et al., 2013), considering the actual distribution of slow earthquakes and configuration of the subducting Philippine Sea plate. We aim to reproduce deep long- and short-term SSEs and shallow SSEs in a single numerical model applying a similar approach in Matsuzawa et al. (2013).

We adopt a rate- and state-dependent friction law (RS-law) with cutoff velocities. We assume that (a-b) value in the RS-law is negative within the deep short-term SSE region, and positive outside that region. The deep short-term SSE region is modeled based on the actual distribution of deep low frequency tremor. Deep long-term SSE region is assumed based on the geodetic observation (Hirose et al., 2011). To focus on the Hyuganada and western Nankai region, we assume stable sliding region with positive (a-b) in the south of the Kyushu-Palau ridge. We also assume low cutoff velocity at the depth shallower than 9 km to reproduce shallow SSEs. Low effective normal stress is assumed at the depth of SSEs. Temporal evolution of slip velocity is numerically simulated, introducing elastic response and realistic configuration of the plate interface.

In terms of deep long-term SSEs in Hyuganada, a simple extension of the long-term SSE region in the Bungo Channel cannot reproduce the segments of observed SSEs. Narrowed long-term SSE region in the dip direction between Bungo and southern Hyuganada can reproduce three observed segments of SSEs, i.e., Bungo, northern Hyuganada, and southern Hyuganada. In addition, recurring shallow SSEs along trench in Hyuganada and off Ashizuri are reproduced in our result. Megathrust earthquakes are divided into two regions; off Shikoku and Hyuganada in our result. The segments of these large earthquakes may be attributed to the long-term SSE region in the Bungo Channel. Our model comprehensively reproduces various SSEs and megathrust earthquakes, including newly found long-term SSEs.

キーワード：スロー地震、スロースリップイベント、日向灘
Keywords: Slow Earthquake, Slow Slip Event, Hyuganada

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ東部の浅部VLFE震源分布が示唆する、沈み込む海嶺が及ぼす空間的ひずみ蓄積解放様式への影響

Further evidence for the influence of a subducting-ridge on the spatial strain accumulation and release pattern in the shallow eastern Nankai Trough, based on VLFE distribution

*藤 亜希子[1]、Chen Wan-Jou [2]、Dreger Doug[3]、Chi Wu-Cheng[2]、井出 哲[1]
*Akiko Toh[1], Chen Wan-Jou [2], Doug Dreger[3], Wu-Cheng Chi[2], Satoshi Ide[1]

1. 東京大学、2. 台湾中央研究院地球科学研究所、3. カルフォルニア大学バークレー校
1. University of Tokyo, 2. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, 3. UC Berkeley

We investigated the distribution and focal mechanisms of very low frequency earthquakes (VLFEs) located in the shallow part of the eastern Nankai trough. While they are mainly explained as low angle thrust faulting along the plate boundary (Sugioka et al., 2012; Nakano et al, 2016), along the strike variation in their distribution has also been observed, likely caused by a subducting-ridge (Toh et al., 2018). Such variations could be closely related to the strain release pattern, or the tsunamigenic potential, of this region, thus warrant a further comprehensive study.

We used 3 component records of broadband ocean bottom seismometers equipped in Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis 1 (DONET1). Records of VLFE activities that occurred immediately beneath the network in 2015, 2016 and 2017 for 1-2 weeks each year, are used. Through visual inspections, we detected 335 VLFEs whose signals are observed at least 6 stations on vertical component filtered between 16-32s.

Instead of estimating the source parameters for one after another for all the events, we searched for densely located event groups inferred by similarities of the maximum amplitude variations measured per event, and, so far, worked only on the grouped events. The purpose of this event selection process is to get an overview of the distribution using the simple quantity (i.e. max. amplitude variation) that can be evaluated for every VLFE, and to avoid a bias that may be caused by eliminating events that are merely difficult to process (i.e. do not fit synthetic waveforms) mostly due to complicated long source time functions that characterize VLFEs. The grouping is conducted by a hieratical density-based clustering method HDBSCAN (Campello et al., 2003), and 197 events were grouped into 26 groups that consists of 2 to 35 events.

We determined the centroid origin time, location and 5-component of moment tensor of VLFEs that maximize the normalized variance reduction (VR) between the observed and synthetic velocity waveforms. The waveforms are bandpass filtered either between 16-32s or 20-50s, depending on signal duration and S/N per event. The time and location are grid-searched at intervals of 0.01 degree in horizontal, 1 km in depth between 5 and 10km bsl., and 1 s in time. At each grid, the moment tensor is estimated using the code TDMT_INV (Dreger, 2003) that conducts full-waveform linearized inversion in time domain. Green’s functions are calculated using the code by Herrmann (2013) based on wavenumber integration. We used a 1D structural model based on a 2D model obtained by an active source survey (Nakanishi et al., 2008). Although the 1D structure is assumed, the large variations in station elevation (1.9-4.3 km bsl) are considered in Green’s function calculations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We obtained 50 events with good VR (>65%). Among the 26 groups, 6 groups ended up with no events of high VR, mostly due to being located outside of the network. Almost all the VLFEs are reasonably explained by low angle thrust faulting. From the obtained distribution, the strong influence of the subduction-ridge located on the northwestern side of DONET1 is inferred. On the southwestern side where there is no ridge-subduction, VLFEs are distributed beneath outer-ridge toward the trench axis. The estimated depths for the ones located beneath the outer-ridge are deep (7–10km with median at 8km), which are consistent with the depth of the plate boundary of this area. In contrast, on the northeastern side, VLFEs are mostly distributed landward of outer-ridge and their estimated depth are shallow (5–8km with the median at 7km) as previously suggested (To et al., 2015). The shallow depths can be explained by the uplifted plate boundary in this area due to the subducting-ridge. Furthermore, they are located to landward of the peak of the subducting-ridge, which can be reasonably explained by the change in shear stresses and pore pressures caused by the subducting-ridge.

キーワード：南海トラフ、超低周波地震、付加体、HDBSCAN、広帯域海底地震計
Keywords: Nankai trough, Very low frequency earthquake (VLFE), Accretionary prism, HDBSCAN, Broadband ocean bottom seismometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evidence for semi-brittle flow in mantle-wedge serpentinites under high pore fluid pressure and their implications for deep low frequency earthquakes

片岡 賢悟[1]、永田 有里奈[1]、*平内 健一[1]、大柳 良介[2]、岡本 敦[3]、道林 克禎[4]
Kengo Kataoka[1], Yurina Nagata[1], *Ken-ichi Hirauchi[1], Ryosuke Oyanagi[2], Atsushi Okamoto[3], Katsuyoshi Michibayashi[4]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東北大学大学院環境科学研究科、4. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Graduate School of Environmental studies, Tohoku University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

In southwest Japan, deep low frequency earthquakes occur at the base of the shallow serpentinized mantle wedge. In order to understand deformation styles of the mantle wedge serpentinite, we conducted structural and petrological analysis of a paleo-mantle wedge body that has experienced serpentinization at pressure–temperature conditions corresponding to source areas of low-frequency earthquakes, in the Sanbagawa belt, central Shikoku. The serpentinite body has a block-in-matrix structure that result from pervasive fragmentation. At outcrop and thin section scales, the distribution of blocks follows a power law distribution with exponent $2.32 < D < 2.37$ (2-D). The block has experienced complete serpentinization, characterized by randomly-oriented antigorite aggregates. The matrix also consists of antigorite, which was formed due to dissolution–precipitation process of the block in the presence of H_2O. Antigorite aggregates in the matrix along localized shear planes is characterized by a strong crystallographic preferred orientation with a dominant [010](001) slip system, suggesting dislocation glide on (001) planes. We suggest that deep slow earthquakes occur by semi-plastic deformation of the serpentinized mantle wedge, under low effective normal stresses.

キーワード：スロー地震、低周波地震、マントルウェッジ、蛇紋岩
Keywords: slow earthquakes, low frequency earthquake, mantle wedge, serpentinite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

疎性モデリングで得られた房総半島沖スロースリップイベントのすべり分布

Spatial distribution of slow slip events off the Boso peninsula from 1996 to 2018 under sparsity constraints

*中田 令子[1]、日野 英逸[2]、桑谷 立[3,4]、秋山 峻寛[5]、吉岡 祥一[6]、岡田 真人[7]、堀 高峰[1]
*Ryoko Nakata[1], Hideitsu Hino[2], Tatsu Kuwatani[3,4], Takahiro Akiyama[5], Shoichi Yoshioka[6], Masato Okada[7], Takane Hori[1]

1. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2. 統計数理研究所、3. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4. 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さきがけ)、5. 神戸大学大学院理学研究科、6. 神戸大学都市安全研究センター、7. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. The Institute of Statistical Mathematics, 3. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. PRESTO, Japan Science and Technology Agency, 5. Graduate School of Science, Kobe University, 6. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, 7. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

1996年から2018年に発生した房総半島沖スロースリップイベント（slow slip event, SSE）のすべり分布をより詳細に調べるため、スパースモデリングの一種であるgeneralized fused lasso（一般化結合正則化）[Tibshirani et al., 2005]を用いて、地殻変動データのインバージョン解析を行った。

1996年5月、2002年10月、2007年8月、2011年3月、2011年10～11月、2013年12月～2014年1月、2018年6～8月に発生した6イベントについて解析を行った。使用したGEONETの観測データは、各観測点の共通誤差成分を除去し、参照点に対する変動を求め、トレンドを除去した時系列データに対して、非定常地殻変動があった期間において移動平均をとり、移動平均をとった期間の最初と最後の移動平均値の差を非定常地殻変動の変位量とした。観測点は1996年が26、2002年が17、2007年が27、2011年が26、2013～2014年が34、2018年が38点である。

フィリピン海プレートと上盤との境界面形状は、全国一次地下構造モデル（暫定版） [Koketsu et al., 2008; 地震調査研究推進本部, 2012]を用いた。

Nakata et al. [2017]では、Leave-one-out cross validationによる予測誤差が最小となるハイパーパラメタを用いて得られた解を最適解としていた。しかし、計算に時間がかかるため、多くのイベントを解析するには適さない。そこで今回は、Nakata et al. [2017]と同様の評価関数に対して、近似手法の一種であるLasso の Leave-one-out cross validation 誤差の半解析解を用いて、近似的にハイパーパラメタを探索する手法 [Obuchi & Kabashima, 2016]を適用した。

暫定的な結果では、2002・2011・2018年のイベントはすべり量が大きく、1996・2007・2013年のイベントはやや規模が小さめに推定された。2011年と2018年のすべり域は、2002年よりもやや南方に分布しているように見える。なお、すべり域の違いは、観測点分布に起因するものではないことを、数値実験で確認している。

さらに、房総沖SSEとM8クラスの関東地震の地震発生サイクルシミュレーションも行っている。SSEのすべり域と地震間の固着域との関係について、シミュレーション結果を基に議論する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Marine electromagnetic observations around a slow earthquake region in the western Nankai trough

*市原 寛[1]、後藤 忠徳[2]、松野 哲男[3]、多田 訓子[4]、佐藤 真也[2]
*Hiroshi Ichihara[1], Tada-nori Goto[2], Tetsuo Matsuno[3], Noriko Tada[4], Shinya Sato[2]

1. 名古屋大学地震火山研究センター、2. 京都大学大学院工学研究科、3. 神戸大学海洋底探査センター、4. 海洋研究開発機構
1. Earthquake and Volcano Research Center, Nagoya University, 2. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 4. JAMSTEC

Slow earthquakes have been believed to relate to fraction of pore fluid around plate boundary. Thus, imaging of electrical resistivity (conductivity) distribution is essential to understand slow earthquakes. However, many of SSE areas are distributed beneath the ocean, we need marine electromagnetic (EM) observations. In this presentation, we report preliminary results of marine EM observations in the western part of Nankai Trough (off Miyazaki prefecture and off western Kochi prefecture, Japan) where SSEs, VLF events and regular earthquakes (e.g. 1968 off-Hyuga earthquake, M7.5) are known. We deployed eight ocean bottom electro-magnetometers (OBEMs) and recovered seven of them between 2017 and 2018. In addition to EM fields, two OBEMs measure absolute pressure to detect short period crustal deformations caused by SSE. We estimated high quality magnetotelluric responses based on Chave and Thomson (2004). However, the responses show strong three-dimensionality of resistivity distribution and strong coast effect (e.g. Key and Constable, 2011). They indicate that we need to apply three-dimensional imaging techniques for seafloor magnetotelluric data.

キーワード：スロー地震、MT法、海底電位磁力計、南海トラフ、宮崎沖
Keywords: Slow earthquake, magnetotelluric, OBEM, Nankai trough, off Miyazaki

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

構造媒質中で凝集が生じる系で見られる注入先端のダイナミクス
Dynamics of precipitating injection fronts inside of structured medium

*住野 豊[1]、田中 駿佑[1]、國廣 美幸[1]
*Yutaka Sumino[1], Shunsuke Tanaka[1], Miyuki Kunihiro[1]

1. 東京理科大学
1. Tokyo University of Science

Recent study on a slow earthquake elucidates that the migration of water within a mantle wedge may play relevant roles[1]. The flow inside of confined geometry, such as within a soil, is often described by the Darcy’s law, where flow velocity is described by the gradient of fluid pressure. Interestingly, however, the water within a mantle wedge contains large amount of solid contents, and hence, a precipitation can be formed within the water[2]. For this reason, the dynamics of fluid flow under the effect of precipitation reaction should be explored.

Based on the above motivation, we explored the 2-dimensional confined chemical garden[3] as an analogue experiment for the fluid flow within a mantle wedge[4]. The system consists of two fluids with a quasi-two dimensional thin cell, so called a Hele-Shaw cell. The cell was filled with a fluid, and the other fluid is injected from the center of the cell. The flow in a Hele-Shaw cell can be described by the Darcy’s law. Furthermore, the mixing of these fluids leads to the precipitation. Thus, the flow observed in 2-dimensional confined chemical garden system is analogous to the one of water in a mantle wedge with precipitation formation.

Our previous study[4] showed that a filamentous pattern appears when the injection speed is high enough, whereas the symmetrical circular front was formed for lower injection speed. This results indicates that the propagation radius of injection front can be drastically different depending on the injection speed. In addition, the number of moving filaments saturate whose value is proportional to the injection speed. Such tendency can be understood with our boundary model adopting the effect Laplace pressure and the conservation of precipitation at the boundary. The model further predicts existence of optimal curvature for the moving front with which the required pressure for the motion is minimum. The curvature, and the speed of the optimal boundary motion is independent of the injection speed. These experimental and theoretical study thus worked well in the 2-dimensional Hele-Shaw cell. However, actual condition in a mantle wedge should have quenched structure, which is absent in a Hele-Shaw cell.

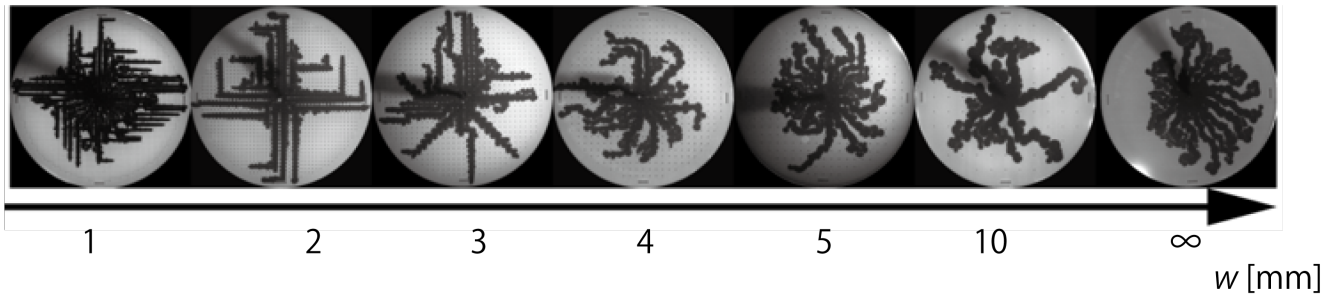
In order to fill the gap between actual condition in a mantle wedge and our analogue experiments, we modified our Hele-Shaw cell to have periodic pillar structure. As a control parameter, we changed the pillar to pillar distance, w, as shown in attached figure. The filament pattern showed meandering motion without pillar structures ($w = \infty$). We found that the filament pattern showed straight motion especially when w agreed with the typical filament width. Our modified mathematical model adopting nonlinear response of permeability with precipitation density numerically reproduced such experimental results. This results indicates that the propagation distance of injected fluid can be modified by the locally quenched disorder within a mantle wedge.

In this paper, we show detailed setup for experiments, as well as mathematical model.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] A. Tanaka et al. Earth, Planets and Space 70, 25 (2018).
[2] K. Ujiie, et al., *Geophys. Res. Lett.* **45**, 5371–5379 (2018).
[3] F. Haudin et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **111**, 17363–17367 (2014).
[4] S. Wagatsuma, et, al., *Phys. Rev. E* **95**,052220 (2017).

キーワード：注入、流体、凝集
Keywords: injection, fluid, precipitation



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Permeability changes of simulated low permeable fault rocks induced by intermediate velocity friction test

*谷川 亘[1]
*Wataru Tanikawa[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Instutute for Core Sample Research

Earthquake events often associate with fluctuations of flow rate, pore pressure and pore fluid chemistry at a subsurface of earthquake rupture zones. The co-seismic hydrological changes are explained by changes in fluid permeability of fault zones during earthquakes, and the permeability change plays an important role for dynamic fault processes as well. Therefore, we newly designed a system to estimate water permeability changes during and after low to high velocity shear deformation using a rotary shear apparatus and simulated fault rocks.

A pair of hollow cylindrical samples made by low permeable Belfast dolerite and Aji granite were used as test specimens. To calculate permeability, a radial flow from the inner wall to the outer wall of the specimen was induced by applying a differential pore pressure (0.01 to 0.2 MPa) between inner and outer walls. We performed friction tests at normal stress of 2 MPa, rotation speed from 0.0003 to 0.6 m/s, and slip displacement of 1 m.

The results showed that permeability increased during sliding at every slip velocity condition, and higher velocity friction caused more abrupt increase in permeability. After the end of sliding, permeability gradually decreased with time and then became nearly constant value. Reduction rate of permeability 5 min after slip increased with slip rate. Fiction coefficient was decreased with sliding velocity. Frictional heating is a key to explain slip velocity dependence of permeability (flow rate). Temperature rise caused by frictional heating will reduce fluid viscosity, therefore, apparent permeability reduction after sliding can be explained by an increase in fluid viscosity by cooling. Pore pressure build-up by frictional heating can increase aperture, therefore, this process can explain permeability enhancement during sliding and velocity dependences on permeability increase and friction coefficient.

キーワード：透水係数、摩擦係数、摩擦発熱
Keywords: permeability, friction coefficient, frictional heating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modified relation between the coupling and tremor rates around the Shikoku region

*落 唯史[1]
*Tadafumi Ochi[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

In Ochi and Takeda (2018, EPS), I examined the relation between the interplate coupling velocity and the number of deep low-frequency tremors in the same place around the Shikoku region, southwest Japan. I found that there were some spot-like points where the coupling and the tremor count were well correlated, and that the regression line required the coupling rate to be the plate convergence rate in this region under conditions of zero tremor count rate. One of the problems to be resolved is the interpretation of the first matter 'spot-like points' mentioned above. According to the pairs of time series of the coupling rate and tremor count rate, some pairs show a time delay, and the others show a small fluctuation in the tremor count rate that seems to be independent of the coupling rate. It is interesting that whether the an ill-correlation just comes from an oversimple model of the linear regression I used in the previous study, or really reflects some physical background. In order to answer this question, I construct the model which allows the fluctuation in the tremor count rate that is independent from the coupling rate and observe the fitness of the model. At this time, some trial models that allow the shorter period fluctuation in the tremor count rate than in the coupling rate and temporal change in the period achieve clear correlations. In the presentation, I will show the results of the various trials.

キーワード：プレート間固着、深部低周波微動
Keywords: Interplate coupling, Low-frequency tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency earthquakes in the northern part of the Ryukyu subduction zone

*浅野 陽一[1]、後藤 和彦[2]、八木原 寛[3]、平野 舟一郎[3]
*Youichi Asano[1], Kazuhiko Goto[2], Hiroshi Yakiwara[3], Shuichiro Hirano[3]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 地震予知総合研究振興会、3. 鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Association for the development of earthquake prediction, 3. Nansei-toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University

We have investigated detailed spatiotemporal distribution of regular and very low-frequency (VLF) earthquakes including an Mw 6.3 interplate event near Tanegashima along the Ryukyu trench on Jun. 08, 2019. This earthquake was followed four Mw4-5 class regular and many VLF earthquakes by the end of Jan., 2019. At first we estimated centroid moment tensors of these regular and several VLF earthquakes, respectively, from broadband seismograms recorded at the NIED F-net and temporally observation stations. In the next step, the known VLF earthquakes were selected to be template events for searching unknown VLF earthquakes from continuous seismograms. If there are several candidates of VLF earth quake, we select the most coherent event with a maximum cross-correlation coefficient averaged over all stations in every 180 seconds. Finally we estimated locations of the selected events from phase shift of the wavelets between the template and these selected events. Obtained result shows that activity of VLF earthquakes after the Mw 6.3 earthquake was started in the adjacent area east of this Mw 6.3 earthquake; however, the following Mw4-5 regular earthquakes occurred south of this area in the period of Jan. 25-30, 2019. In this period, the front of the VLF activity migrated toward east from these Mw4-5 events. Such a spatiotemporal distribution of regular and VLF earthquakes suggests that the after slip of the Mw 6.3 and/or an SSE caused these regular and VLF earthquakes.

Acknowledgment

This study is partly supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP16H06473.

キーワード：超低周波地震、南西諸島
Keywords: very low-frequency earthquake, Ryukyu subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Possible tectonic tremor activities near the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region in 2011

*高橋 秀暢[1]、日野 亮太[1]、太田 雄策[1]、内田 直希[1]、鈴木 秀市[1]、篠原 雅尚[2]、松澤 孝紀[3]
*Hidenobu Takahashi[1], Ryota Hino[1], Yusaku Ohta[1], Naoki Uchida[1], Syuichi Suzuki[1], Masanao Shinohara[2], Takanori Matsuzawa[3]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京大学地震学研究所、3. 防災科学技術研究所
1. Graduate school of Science Tohoku University , 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Recently various kind of slow earthquakes have been discovered along the Japan Trench subduction zone. Prior to the occurrence of the 2011 Tohoku-oki earthquake, occurrence of slow slip events associated with migration of small earthquake epicenters and tectonic tremors was reported near the hypocenter of the Tohoku-Oki earthquake (e.g. Kato et al., 2012; Ito et al., 2015; Katakami et al., 2018). As a different type of a slow-earthquake family, Very Low Frequency Earthquakes (VLFEs) have been detected in more broad areas (Matsuzawa et al., 2015). Takahashi et al. (in prep.) detected the seismic signals from the VLFEs by short-period ocean bottom seismograms (OBS) deployed in the vicinity of the VLFE epicenters in the Sanriku-Oki region, just after the Tohoku-Oki earthquake. They further identified a number of VLFE-like events, not recognized by the onshore data. Here, we report on possible tectonic tremor activities in the same area based on the OBS data after the 2011 Tohoku-oki earthquake.
We detected four sequences of continuous rises of amplitudes on the OBS records. Each of the sequence has a duration of ~ half a day. The sequences were composed of numerous wave trains with good correlations in their growths and decays in observed amplitudes among the stations, but no distinct P- or S-wave onsets were identified for individual wave trains. Interestingly, the spatial variation of the wave trains amplitudes is similar to those of the previously identified VLFEs. These observations suggest that the sequences were composed of small seismic events closely located each other and to the known VLFEs. It is also notable that some of the VLFE-like events discovered by the OBS data were contained in the sequences. We regard the discovered sequence as a kind of tectonic tremor activity and will inspect their characteristics, such as frequency content and its variability, to clarify their nature and discuss their relevance to slow slip events along the shallow subduction interface, which might promote the activities.

キーワード：非火山性微動、三陸沖
Keywords: tectonic tremor, Sanriku-oki

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous structure around a region of slow earthquake activity off Ibaraki prefecture along the Japan Trench

*望月 公廣[1]、山田 知朗[1]、篠原 雅尚[1]、日野 亮太[2]、東 龍介[2]、伊藤 喜宏[3]、村井 芳夫[4]、植平 賢司[5]、佐藤 利典[6]
*Kimihiro Mochizuki[1], Tomoaki Yamada[1], Masanao Shinohara[1], Ryota Hino[2], Ryosuke Azuma[2], Yoshihiro Ito[3], Yoshio Murai[4], Kenji Uehira[5], Toshinori Sato[6]

1. 東大地震研、2. 東北大大学院理学研究科、3. 京大防災研、4. 北大理学研究院、5. 防災科学技術研究所、6. 千葉大大学院理学研究院
1. ERI, Univ. of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Tohoku Univ., 3. DPRI, Kyoto Univ., 4. Faculty of Science, Hokkaido Univ., 5. NIED, 6. Graduate School of Science, Chiba Univ.

Large earthquakes of magnitude (M) ~7 have repeatedly occurred in the Ibaraki-oki region, about 100 km offshore of the Ibaraki prefecture along the Japan Trench, at a constant interval of ~20 years. Mochizuki et al. (2008) conducted a marine seismic survey and revealed that there exists a subducted seamount in the region. They also conducted an offshore seismic observation using ocean bottom seismometers (OBSs) to show that the seismicity in the region can be seen off of the subducted seamount, but not along the plate interface over it. They found that the location of the subducted seamount did not agree with the focal region of the repeating M7 earthquakes. From these results, they argued that the plate interface over the subducted seamount does not constitute an asperity of the repeating M7 earthquakes. Wang and Bilek (2011) introduced an idea that the seamount subduction causes formation of a fracture network within the overriding plate, and such a fracture network would prevent accumulation of large strain energy along the plate interface over the subducted seamount to generate large earthquakes. In addition to the repeating M7 earthquakes, recent studies (e.g. Matsuzawa et al., 2015; Nishikawa and Ide, 2018) have reported activity of slow earthquakes in the region. Relationship between activity of various types of earthquakes and structural features around the plate interface is one of the key topics to better understand controlling factors over earthquake types to be generated.

Recent studies in the Hikurangi subduction margin off the North Island of New Zealand show spatial relationship between variety of fault slips and topographic features of the plate interface. Wallace et al. (2016) successfully observed a large slow slip event just beneath an offshore array of ocean bottom pressure gauges, and precisely determined its slip distribution. They revealed that its slip propagation appeared to have circumvented subducted seamounts that have been imaged by magnetic anomalies as well as seismic reflection sections. Todd et al. (2018), for the first time, detected offshore tremor activity in the Hikurangi margin. The activity appears to have started just after the cessation of the slow slip, and its spatial distribution is only limited within regions of subducted seamounts. These results show that distributions of slow slip and tremor activity do not appear coincident, and thus the physical properties of the plate interface may be different. Further seismic surveys are supposed to provide vital information on structural variations that control physical characteristics of the plate interface.

In February, 2011, we acquired wide-angle reflection and refraction seismic data using 21 OBSs along a 150 km transect in the Ibaraki-oki region during the KH11-2 R/V Hakuho-maru cruise. We also included data from an OBS array that had already been deployed for a long-term seismic observation above the subduction front of the subducted seamount. Thus, we could construct a dense OBS profile above the subducted seamount with a receiver interval of ~3 km to achieve a high spatial resolution, whereas the largest interval is 10 km near both ends of the profile. First arrivals from the airgun sources can be traced

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

up to ~95 km on most of the OBSs. The OBS record sections show significant heterogeneity that may include very rough structural features of the subducting oceanic crust along strike. Such heterogeneity may control seismic activity in the region.

キーワード：茨城沖、人工震源地震波構造調査、不均質構造
Keywords: Ibaraki-oki, Active source seismic survey, Heterogeneous structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Shallow low-frequency tremor triggered by nearby moderate earthquakes off Sanriku

*田中 佐千子[1]、松澤 孝紀[1]、浅野 陽一[1]
*Sachiko Tanaka[1], Takanori Matsuzawa[1], Youichi Asano[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

In the region off Sanriku, we have observed shallow low-frequency tremor, which occurs between the 12 km and 20 km depth contours of the plate interface, applying an envelope correlation method (Obara, 2002) to the records from the Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis along the Japan Trench (S-net) (Tanaka et al., 2018). Several episodes of tremor, each of which lasted for half a day to six days, were detected in 2017, with intervals of one to three months. In the present study, we found tremor triggered by nearby moderate earthquakes. On July 24, 2017, an Mw 5.6 earthquake, showing reverse faulting consistent with the slip on the plate interface, occurred at the downdip end of the tremor zone off Sanriku, which was the largest event within 100 km of that tremor zone in the year. Immediately after the Mw 5.6 earthquake, coherent tremor signals were identified at surrounding stations. These signals continued for 20 hours, and the locations of their sources spanned 40 km along strike and 50 km along dip. Similar triggered tremor was observed following an Mw 5.1 earthquake on July 22, two days before the Mw 5.6 earthquake. This tremor activity was smaller and shorter than that triggered by the Mw 5.6 earthquake; tremor was localized to an area of 20 km by 15 km, and lasted for twelve hours. After a quiescence of nearly one day, the Mw 5.6 earthquake occurred at an adjacent area and triggered tremor was detected again. Triggering of tremor by moderate interplate earthquakes in or very close to the tremor zone we observed may imply small-scale (~ a few kilometers) heterogeneities in frictional properties on the plate interface in the area.

キーワード：浅部低周波微動、誘発微動、日本海溝
Keywords: shallow low-frequency tremor, triggered tremor, Japan Trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSデータに基づく15年間の豊後水道スロースリップの推定（1996-2011年）

Slow slip events in the Bungo Channel over 15 years as inferred from GNSS data (1996-2011)

横井 貴稔[1]、*宮崎 真一[1]、坂上 啓[1]、福田 淳一[2]
Takatoshi Yokoi[1], *SHINICHI MIYAZAKI[1], Hiromu Sakaue[1], Jun'ichi Fukuda[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

1996年1月1日から2011年2月28日までのGEONETで得られたGNSS連続観測データを用い、15年間を通しての豊後水道におけるスロースリップの推移を推定した。

GEONET観測点から豊後水道周辺の80点を選び、GIPSY-OASIS II による解析結果（西村, 私信）のうち1996年1月1日から2011年2月28日までの約15年間の時系列データを使用した。まずスロースリップが発生していない期間のデータのみを使用して、永年成分（直線トレンド）、季節変動成分（年周・半年周）、地震、SSE、アンテナ交換などによるジャンプを推定、除去した。プレート境界面は、Baba et al. (2002) および Hirose et al. (2008) による等深線データを用い、豊後水道を中心に東西約200km、南北約180kmの領域をモデル領域として設定した。また、モデル領域は719個の小三角形パッチに分割した。インバージョンにはモンテカルロ混合カルマンフィルタに基づく逐次型手法 (Fukuda et al., 2008) を適用し、15年間にわたるすべり速度および累積すべりの時間変化を推定した。

まず、1997年、2003年、2010年に発生期間が長い長期的スロースリップ（以下L-SSE）が推定された。主な特徴は Ozawa et al. (2012, 2017)、Yoshioka et al. (2015) などと概ね整合的であるが、L-SSEの直前直後に発生期間が短い短期的スロースリップ（以下S-SSE）が発生していることも明らかになった。この結果は、SSEどうしが応力擾乱を介して相互作用している可能性を示唆している。先行研究では S-SSEを含めて一つのL-SSE とみなしたため、モーメントの値に差が生じたと考えられる。次に、15年間にわたって毎年3回程度のS-SSEが発生していることも求まった。これらは深さ30-40kmで微動と同期して発生することも確認できた。

発表では、2010年に発生したL-SSEと2005年に発生したS-SSEを中心に、得られたすべりやすべり速度の時間的な推移を報告する。

キーワード：豊後水道スロースリップ、地殻変動、モンテカルロ混合カルマンフィルター
Keywords: Slow slip in the Bungo Channel, crustal deformation, Monte Carlo Mixture Kalman Filter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

加速度計記録を用いたS-netのセンサー姿勢・方位推定と地殻変動検出可能性の検討

Investigations of sensor orientation and a possibility of detecting crustal deformation based on accelerometer records of S-net

*高木 涼太[1]、内田 直希[1]、中山 貴史[1]、東 龍介[1]、石上　朗[1]、岡田 知己[1]、太田 雄策[1]、日野 亮太[1]
*Ryota Takagi[1], Naoki Uchida[1], Takashi NAKAYAMA[1], Ryosuke Azuma[1], Akira Ishigami[1], Tomomi Okada[1], Yusaku Ohta[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

防災科学技術研究所による日本海溝海底地震津波観測網（S-net）の整備により、東北日本前弧海域下の地球内部構造やプレート境界地震およびプレート境界で発生するスロー地震の理解が飛躍的に進展することが期待される。本研究では、S-net加速度計観測記録に基づき、様々な解析を行う上で必要となるセンサーの姿勢と方位の推定を行うとともに、加速度計によるスロースリップなどによる地殻変動の検出可能性を検討した。

本研究では、センサーの姿勢（ケーブル長軸回りの回転、ケーブル長軸方向の傾斜）と方位（ケーブル長軸の方位）を別々に推定した。姿勢は、加速度計のDC成分が重力加速度を記録していることを利用した。強震動による回転角の変化を除けば、2016年8月から2018年12月までの期間内における傾斜角・回転角の変化は0.01-0.1度程度であった。なお、1度以上の回転があったのは、2016年8月20日三陸沖（M6.4）と2016年11月20日福島県沖地震（M7.4）のみである。方位は、遠地地震（M7.0-8.2、7-14個）の周期30-100秒のレイリー波振動軌跡を使って推定した。センサー方位推定の信頼区間は、±5-10度程度であった。得られた姿勢・方位を用いて波形を回転させた結果、三成分において長周期波形の位相が揃うこと、ラブ波とレイリー波が分離することが確認できた。

加速度計のDC成分からセンサーの姿勢を推定できるため、加速度計記録から地殻変動が検出される可能性が示唆される。そのため、センサーの傾斜角・回転角を1時間毎に推定し、傾斜角・回転角の時系列を作成した。その結果、地震などよるオフセットを含まない期間における傾斜角・回転角のばらつきは、多くの観測点で2マイクロラジアン程度であった。ただし、水深1500 m以浅の埋設観測点ではばらつきが小さく、0.2マイクロラジアン程度であった。ばらつきが小さい観測点では、潮汐応答と思われる1マイクロラジアン程度の変化が観測されるものもあった。例えば、房総スロースリップイベントによる陸域での最大傾斜変動量は1マイクロラジアン程度である。時定数などさらに検討が必要ではあるが、ばらつきの小さい埋設観測点では、同サイズのイベントに伴う傾斜を観測できる可能性があるかもしれない。また、スタッキングによりS/N比を向上させるなどにより、地殻変動を検出できる可能性も残っている。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所のS-netの連続地震波形データを用いた。観測点の設置および維持にかかわって来られた皆様に感謝いたします。

キーワード：S-net、センサー方位、地殻変動、スロースリップ、傾斜観測
Keywords: S-net, Sensor orientation, Crustal deformation, Slow slip, Tilt observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatiotemporal variation of released seismic energy from shallow low-frequency tremor in Hyuga-nada, revealed by ocean bottom seismological observation

*山下 裕亮[1]、渡邉 早姫[2]、山田 知朗[3]、篠原 雅尚[3]、松島 健[2]
*Yusuke Yamashita[1], Saki Watanabe[2], Tomoaki Yamada[3], Masanao Shinohara[3], Takeshi Matsushima[2]

1. 京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所、2. 九州大学地震火山観測研究センター、3. 東京大学地震研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

In this study, we estimate the released seismic energy by shallow low-frequency tremors (shallow tremors) and clarify spatiotemporal variation of shallow tremor activity in Hyuga-nada, east off Kyushu. We used the data obtained from the temporal ocean bottom seismological observation for 3 months in 2013 [Yamashita *et al*., 2015] and long-term ocean bottom seismological observation from 2014 to 2017. The source location and released seismic energy of each shallow tremor was simultaneously estimated by Hybrid Envelope Cross-correlation Method [Maeda and Obara, 2009]. Observation data were obtained by the long-term continuous ocean bottom seismic observation in Hyuga-nada from 2013 to 2017. Site amplification factors were estimated by the coda normalization method [e.g., Sato and Fehler, 1998].

Spatial distribution of released seismic energy rate (energy rate) shows a heterogeneity although the average value of that is generally 10^4 J/s. The regions where the energy rate is relatively small are roughly coincident with the subducting or passed areas of the Kyushu-Palau Ridge. This result suggests that the structure and/or shape of the subducting plate such as seamounts or ridges may have an effect on the frictional property of the shallow plate interface. The 2013 activity was similar characteristics of shallow tremor location in space and time as the previous study, including two migrations episode. In addition, the characteristics of the released seismic energy were revealed as follows: (1) the energy rate was large at the both initiation point and the front of the migration, (2) the total released energy amount of the first migration was larger than that of the second migration, (3) both migrations were stopped at the region of small amount of released energy. Migration episode occurred while the 2015 activity and similar characteristics were documented.

Migration speed of shallow tremor is a few times faster, and energy rate of that is one or two orders of magnitude greater than the deep tremor. Applying the model of Ando *et al*. [2010, 2012] and Yabe and Ide [2014] to the result in this study, the average fault strength of shallow tremor is stronger than that of deep tremor, which leads up to a faster fault slip both brittle and ductile area. As a result, migration speed may become to be faster than deep tremor.

Acknowledgements: This study is supported by the research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunami around the Nankai trough region, the MEXT of Japan, and JSPS KAKENHI Grant Number JP16H06471, JP16H06472. We thank Dr. Takuto Maeda for valuable discussions and comments. The observation data in 2013 obtained by T/S Nagasaki-maru. We used the JMA unified earthquake catalog and the seismic data obtained by Kagoshima University.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：浅部低周波微動、浅部スロー地震、海底地震観測
Keywords: Shallow low frequency tremor, Shallow slow earthquake, Ocean bottom seismological observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Unified description of fast and slow earthquakes using velocity strengthening patches

*小澤 創[1]、波多野 恭弘[1]
*So Ozawa[1], Takahiro Hatano[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

In a prevalent view, seismicity in subduction zones is governed by the distribution of the frictional properties of the plate interface. Regions with velocity-weakening (VW) friction generate earthquakes, whereas velocity-strengthening (VS) regions creep aseismically. Although most models consider isolated VW regions (patches) from the idea of asperities (e.g. Dublanchet et al., 2013), isolated VS patches also would exist given the frictional properties on faults are inferred to be complex and hierarchical. Therefore, the role of VS patches is to be studied.

Here we perform 3-D numerical simulation of the seismic cycle of faults governed by the rate and state friction law with the aging law. We distribute randomly circular VS patches on a VW background. We mainly focus on the effect of the ratio of VS and VW areas.

In our preliminary simulation, we identified two important effects. First, the VS patches act as the “stability barriers” during dynamic rupture propagation, which makes the rupture process more complicated than a single propagating crack. Rupture decelerates by encountering a stability barrier, followed by reacceleration due to overcoming the barrier. Such a process gives rise to multiple rupture fronts in the slipping area.

Second, dynamic rupture is inhibited by increasing the number of VS patches, and the fault slips aseismically with strong fluctuation in slip velocity. This is because there are no enough VW regions to accelerate the slip to dynamic rupture. Although a similar mechanism for slow earthquakes is proposed by Skarbek et al. (2012) and Yabe & Ide (2017), our 3-D modeling enables detailed studies on the spatiotemporal evolution of slip. In the presentation, we further discuss our results in the context of the dynamic scaling of rupture growth and the phenomenological law of slow earthquakes.

キーワード：スロー地震、速度状態依存摩擦
Keywords: Slow earthquake, Rate and state friction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The b-value of the earthquake swarm activities accompanied by the Boso slow slip events

*野田 雄貴[1]、廣瀬 仁[2,1]
*Yuki Noda[1], Hitoshi Hirose[2,1]

1. 神戸大学理学部惑星学科、2. 神戸大学都市安全研究センター
1. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University , 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University

Slow slip events (SSEs) which are accompanying earthquake swarms repeatedly occur at intervals of about 2 to 7 years off Boso Peninsula (e.g., Sagiya, 2004; Hirose et al., 2012, 2014; Fukuda, 2018). These SSEs and swarms are thought to occur on the upper boundary of the subducting Philippine Sea plate.

As a statistical property of earthquakes, Gutenberg-Righter’s law is well-known, that is, the relationship between the magnitude and the logarithm of occurrence frequency of earthquakes is expressed well with a straight line a-bM (Gutenberg and Richter, 1944). Although the b-value (slope of the line) often takes values around 1, there are many reports about the temporal changes of the b-value. For example, a decade-scale b-value decrease prior to the 2011 Tohoku Earthquake is reported (Nanjo et al., 2012). Although the relationship between the temporal change of b-value and aseismic slip is suggested, but the lack of near field geodetic observations prevents the direct evidence for the relationship. Here we examine the b-value of the earthquake swarms accompanied by the Boso SSEs, of which the aseismic slip is revealed by geodetic observations.

In this study, we estimate the b-value of the earthquake swarms in 2002, 2007, 2011 and 2014. We use the JMA unified earthquake catalog. As a preliminary analysis, we investigated the earthquakes with focal depths of 5 km to 40 km occurring at 35.05˚ to 35.56˚N in latitude and 140.15˚ to 140.73˚E in longitude. Eventually, “event period” estimated in the previous studies of the crustal deformation by geodetic observation does not necessarily agree with the period of the swarms occurring at the same time. Therefore, in this research, “event period” was redefined from seismic activity and used. In other words, we extracted swarms including a SSE period from crustal deformation studies and the time when the seismicity rate (the number of earthquakes per unit time) is significantly higher than the other time is defined as “event period”. In addition, the period other than the event period is defined as “inter-swarm period”.

We find that the b-values in the event periods tend to be lower than that during inter-swarm period. In more detail, different trends that seem to correspond to the difference in slip zone and location of earthquake activity of each SSE (Hirose et al. 2014) are seen in the b-values for the event periods. A seismic activity near the southern coast of the Boso Peninsula was hardly observed in the 2007 event period, whereas an active seismic activity was seen there in the 2011 event period. In order to clarify the dependence of the b-value on the difference in the location of the earthquakes, we divided the survey area into two areas, that is, the northern area (area A) and the southern area (area B). The seismic activity is observed in all event periods in the area A, whereas an active seismic activity is observed only in the event periods of 2002 and 2011 in the area B. Then a b- value is estimated in each period in the same way. As a result, for the earthquakes occurred in the northern region (area A), there is a tendency that the b-value in each of the event periods is lower by about 0.2-0.4 than that during inter-swarm. On the other hand, such a tendency is not observed in the southern area (area B). Such differences in the northern and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

southern regions may suggest that the effects of stress changes caused by SSEs vary from region to region.

キーワード：グーテンベルグ・リヒター則
Keywords: Gutenberg-Richter's law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

琉球海溝周辺におけるフィリピン海プレートの沈み込みに伴う３次元熱対流数値シミュレーション
Three-dimensional thermal modeling associated with subduction of the Philippine Sea plate at the Ryukyu Trench, and its relation to the occurrence of interplate seismic events

*末永 伸明[1]、吉岡 祥一[2,1]、季 顕鋒[3]
*Nobuaki Suenaga[1], Shoichi Yoshioka[2,1], Yinfeng Ji[3]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 神戸大学都市安全研究センター、3. 中国科学院
1. Graduate School of Science, Kobe University, Japan, 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Japan, 3. Chinese Academy of Science, Beijin, China

琉球海溝の沈み込み帯では、短期的スロースリップイベント(Nakamura, 2017)や深部低周波地震(Ando et al., 2012)、低周波地震よりさらに卓越周波数が低く付加体に沿ったプレート境界面上で起こると考えられる浅部超低周波地震(Nakamura et al., 2015)などのスロー地震が観測されている。その分布の特徴のひとつとして、沖縄本島周辺と八重山諸島周辺で、発生している短期的スロースリップイベント及び深部低周波地震の発生するプレート境界面上の深さが異なっていることが挙げられる。

そこで、本研究では、琉球海溝からのフィリピン海プレートの沈み込みに伴う温度場及び流れ場、スラブ由来の脱水について３次元熱対流数値シミュレーションを行った。沖縄本島から八重山諸島周辺をモデル領域として、プレート回転モデル (Mathews et al., 2016)を参考にして沈み込むフィリピン海プレートの沈み込み史も考慮し、15Maから現在までの流れ場及び温度場を時間発展問題として解いた。観測された地殻熱流量データに合致するような現実的なモデルを構築し、スロー地震の発生との関連性について議論した。

得られた現在(0Ma)におけるシミュレーションの結果、モデル領域内で沖縄本島から八重山諸島へと南に行くにつれてプレート相対運動速度が徐々に速くなることにより、プレート境界面の海溝軸方向の温度分布に大きな違いが生じ、八重山諸島周辺では沖縄本島周辺と比べて等深度でのプレート境界面温度が低くなることがわかった。どちらの領域でも短期的スロースリップイベント及び深部低周波地震の発生域での温度は約500℃-700℃と推定された。また、海洋地殻中のMORB(Omori et al., 2008)及びスラブマントル中の超苦鉄質岩(Hacker et al., 2003)の相図と数値シミュレーションで得られた温度場のデータを用いて、この領域でのスラブ内の含水量変化を計算した。その結果、緑簾石エクロジャイト相-角閃石エクロジャイト相の相転移(含水量変化:約1.4wt%)が沖縄本島付近で、角閃石エクロジャイト相-エクロジャイト相の相転移(含水量変化:約0.7wt%)が八重山諸島付近でみられた。このことは、スラブ由来の脱水とプレート境界面上のスロー地震の発生との関連を示唆している。

キーワード：３次元熱対流モデリング
Keywords: three dimensional thermal modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)、座長:小原 一成(東京大学地震研究所)、加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)

Accumulating observational studies on various types of slow deformation events, such as tectonic tremors, very low frequency events, and slow slip events, portrays some universal characteristics in generally complex behavior, including interaction among events and influence by various outer loadings. Some of these phenomena seem to have causal relation with the occurrence of very large earthquakes. A unified understanding of these slow and fast earthquake processes requires an approach integrating geophysics, seismology, geodesy, geology, and non-equilibrium statistical physics. We welcome presentations based on, but not limited to, geophysical observation, data analysis, analytical theory, numerical simulation, field study, and laboratory experiments.

13:45 ~ 14:00

[SCG48-06] Interplay between long-term SSE and ETS facilitated by different underground environment

*小原 一成[1] (1.東京大学地震研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG48-07] **Determination of sVLFE epicenters around the subducted Kyushu-Palau Ridge from coda interferometry**

*利根川 貴志[1]、山下 裕亮[2]、伊藤 亜妃[1]、篠原 雅尚[3]、末次 大輔[1]、高橋 努[1]、石原 靖[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.京都大学防災研究所、3.東京大学地震研究所、4.香川大学)

14:15 ~ 14:30

[SCG48-08] Detection of slow earthquakes in the microseism frequency band (0.05–1.0 Hz) by large-scale waveform stacking

*増田 滉己[1]、井出 哲[1]、太田 和晃[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG48-09] Source characteristics of low-frequency earthquakes in Nankai subduction zone inferred from analysis of large event dataset

*Natalia Poiata[1]、Mariano Supino[1,2]、Gaetano Festa[2]、Jean-Pierre Vilotte[1]、Kazushige Obara[3] (1.Institut de Physique du Globe de Paris、2.Università degli Studi di Napoli “ Federico II ”, Napoli, Italy、3.Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan)

14:45 ~ 15:00

[SCG48-10] **High-frequency radiation prior to semi-volcanic low-frequency earthquake in Eastern Shimane, SW Japan, illuminated by “0.1 manten” Hyper Dense Seismic Observation**

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3] (1.東京大学地震研究所、2.九州大学、3.京都大学防災研究所)

15:00 ~ 15:15

[SCG48-11] Variation of Focal Mechanisms of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京工業大学理学院、3.応用アール・エム・エス株式会社)

Interplay between long-term SSE and ETS facilitated by different underground environment

*小原 一成[1]
*Kazushige Obara[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Slow earthquakes consist of fault slip phenomena with various characteristic times. Geodetically detected slow earthquakes are mainly classified into two types; short-term and long-term slow slip events (SSEs) with duration from days to weeks and from months to years, respectively. In southwest Japan, at the deeper part from the seismogenic zone along the subducting plate interface, long-term and short-term SSEs are adjacently distributed and they indicate interaction. Because the short-term SSE usually occurs as an Episodic Tremor and Slip (ETS) associated with low-frequency tremor and very-low-frequency earthquake, the interaction is usually observed clearly in ETS tremor seismicity.
In Bungo channel, the long-term SSE is well known to occur at interval of 6-7 years. After the deployment of dense high-sensitivity seismograph network, major long-term SSEs in 2003 and 2010 were accompanied by activation of tremor seismicity. The activated tremor region is limited within a narrow width of 10 km from the updip edge of ETS zone and the tremor activity of the rest downdip part is constant irrespective to the occurrence of the long-term SSE.
In this region, two small long-term SSEs were detected by GNSS in 2014 and 2016; however, the interaction to ETS tremor were different from cases in 2003 and 2010. In 2014, activated tremor was smaller than that in 2010 according to the difference in the magnitude of SSE. On the other hand, there was no tremor activity associated with 2016 SSE. This is because the slip region of SSE was located southward apart from the tremor zone. By the way, a long-term SSE from the end of 2018 continues associated with activation of tremor lasting for several months. This SSE might be expected as a major SSE since 2010.
The main difference between long-term and short-term SSEs is slip rate. The difference in the slip rate may affect to the tremor rate. During the long-term SSE in 2003 and 2010, the temporal change in cumulative number of tremor increased smoothly similar to the GNSS displacement. However, the gradual increase of tremor number was actually composed of superposition of small bursts corresponding to the faster speed slip compared to the long-term SSE. This suggests that the ETS region has a characteristic slip and frictional property different from the long-term SSE region.
A recent receiver function study conducted along a linear seismic array installed at the west of Shikoku besides from Bungo channel has revealed a low velocity oceanic crust and a continental Moho discontinuity just above ETS activity. This indicates that the ETS occur at the boundary between the subducting oceanic plate and the overlying mantle wedge, whereas that long-term SSE occurs at the boundary between oceanic plate and the continental lower crust. The difference of slow earthquake behavior controlled by the structure in the hanging wall is very similar to the Tokai region (Kato et al., 2010). Therefore, the different environment at the plate interface facilitates these SSEs with different characteristic times.

キーワード：スロー地震、深部低周波微動、スロースリップイベント、沈み込み帯
Keywords: slow earthquake, low frequency tremor, slow slip event, subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Determination of sVLFE epicenters around the subducted Kyushu-Palau Ridge from coda interferometry

*利根川 貴志[1]、山下 裕亮[2]、伊藤 亜妃[1]、篠原 雅尚[3]、末次 大輔[1]、高橋 努[1]、石原 靖[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[4]
*Takashi Tonegawa[1], Yusuke Yamashita[2], Aki Ito[1], Masanao Shinohara[3], Daisuke Suetsugu[1], Tsutomu Takahashi[1], Yasushi Ishihara[1], Shuichi Kodaira[1], Yoshiyuki Kaneda[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学地震研究所、4. 香川大学
1. JAMSTEC, 2. DPRI, Kyoto University, 3. ERI, The University of Tokyo, 4. Kagawa University

Shallow very low frequency earthquakes (sVLFEs) occur at the shallow portion of the plate boundary. The Rayleigh waves at a frequency of 0.03–0.2 Hz radiated from their sources are observed in land and seafloor seismic records. Although sVLFE locations have been estimated from land records, there is a possibility to determine them more precisely if seafloor records near the epicenters are available. In the Hyuga-nada region and off Nansei Islands, ocean bottom seismometer (OBS) arrays were deployed 4 times during 4 years, each of which contained 5–13 OBSs and could observe at least one episode of sVLFE activity. In this study, we estimated the group velocity of the Rayleigh wave in the OBS arrays from coda interferometry, and applied it to the envelope correlation method (ECM) using seafloor seismic records for determining sVLFE epicenters.

As a result, the locations of sVLFE during 2014 and 2016 were determined at the northern edge of the Kyushu-Palau Ridge (KPR) (Yamamoto et al. 2013), while those on 2017 and 2018 were estimated to be the southern edge of the KPR. In particular, the sVLFEs on 2015 firstly occurred at the northern edge of the KPR, but occurred near the trough afterwards. Also, comparing the area of slow slip event (SSE) in the Hyuga-nada region (Ozawa 2017), sVLFE region at the northern part of KPR directly connects to the SSE region, indicating that slow earthquakes potentially occur from deep to shallow plate interface around the KPR.

Acknowledgement
This study was supported by “Research Project for Compound Disaster Mitigation on the Great Earthquakes and Tsunamis around the Nankai Trough Region” of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan. We thank Shinzaburo Ozawa and Yojiro Yamamoto for providing us SSE and KPR data.

キーワード：浅部超低周波地震、日向灘、九州パラオ海嶺
Keywords: shallow very low frequency earthquake, Hyuga-nada region, Kyushu-Palau Ridge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detection of slow earthquakes in the microseism frequency band (0.05–1.0 Hz) by large-scale waveform stacking

*増田 滉己[1]、井出 哲[1]、太田 和晃[2]
*Koki Masuda[1], Satoshi Ide[1], Kazuaki Ohta[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所
1. Department of Earth an Planetary Science, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Slow earthquakes have been intensively studied because of the proximity of their source area to that of megathrust earthquakes and their high sensitivity to regional stress change. They have been classified according to their characteristic time scale into tremors and low frequency earthquake (LFE; >1 Hz), very low frequency earthquake (VLFE; 20-100 sec), and slow slip event (SSE; > 1 day). Microseism noise is dominant in the frequency band between LFE and VLFE, which we call the microseism frequency band, and it is difficult to detect signals of slow earthquakes in this band. As a rare exception, signals in this band accompanied with LFEs and VLFEs were detected on the shallow subduction interface by near-field ocean bottom broadband seismometers with fortuitously low microseism noise (Kaneko et al., 2018). The characteristics of signals in this band are totally unknown for deep slow earthquakes.

In this study, we first report the observation of slow earthquake signals in the microseism frequency band in the western Shikoku region of the Nankai subduction zone, Japan, by stacking a lot of seismograms relative to the timing of high-frequency signals. First, we made synthetic template waveforms and conducted a matched filter analysis using these template waveforms (Ohta & Ide, 2017). Utilizing GPU, we detected about 700,000 events in continuous records at 9 Hi-net stations, operated by National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, from 2005 to 2015. Their temporal distribution suggests that LFEs are episodic phenomena and their spatial distribution indicates the sources are concentrated in several patches, as reported by previous researches (e.g., Ohta & Ide, 2017). Then we stacked seismograms at the timing of these detected events, after band-pass filtering in different frequency bands (4-8 Hz, 2-4 Hz, 1-2 Hz, 0.5-1 Hz, 0.25-0.5 Hz, and 0.125-0.25 Hz). In-phase waveforms are confirmed in all frequency bands, despite low sensitivity of Hi-net seismometers in lower frequencies than 1 Hz. This result suggests that slow earthquakes radiate broadband signals without characteristic frequencies from 0.125 to 8 Hz.

キーワード：スロー地震、低周波地震、脈動、マッチドフィルター、南海沈み込み帯
Keywords: slow earthquakes, LFE, microseism, matched filter, Nankai subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Source characteristics of low-frequency earthquakes in Nankai subduction zone inferred from analysis of large event dataset

*Natalia Poiata[1], Mariano Supino[1,2], Gaetano Festa[2], Jean-Pierre Vilotte[1], Kazushige Obara[3]

1. Institut de Physique du Globe de Paris, 2. Università degli Studi di Napoli “Federico II”, Napoli, Italy, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan

Application of advanced detection and location methods to the analysis of low-frequency earthquakes (LFE) allows building large event catalogues rich in information that can provide a better understanding of their source characteristics. Up to now, LFE characterization in terms of size, stress drop and rupture propagation still remains uncertain, the main difficulty owing to the low signal-to noise ratio of corresponding records.

We present a catalog of LFE in western part of Nankai subduction zone derived by applying a full waveform-based detection and location scheme of Poiata et. al. (2016) to the continuous records form Hi-net seismic stations covering a 3-year period from 2013-2016. The applied method is based on the frequency-selective coherence of signals’ statistical features recorded across the stations of seismic network, not requiring a prior assumption about the event source (i.e., template event). The derived catalog (~ 40000 events) allows to look into the details of LFE space-time activity (i.e., clustering and migration patterns) during the energetic tectonic tremor sequences as well as inter-sequence periods as well as characterize source properties of these events.

We derive source parameters of LFEs extracted from this 3-year catalog by applying the probabilistic approach of Supino et al. (2019) based on the conjunction of states of information between data and model and estimating the joint probability density function of the parameters. The events S-wave displacement amplitude spectrum is described by a circular source model, characterized by a plateau at low frequencies and a coherent decay at high frequencies; the frequency of transition between these two regimes is the corner frequency. Processing of this large LFE data set is performed using accurate quality criteria, allowing to automatically reject noisy data and unconstrained solutions.

The resulted moment magnitudes, estimated from low-frequency plateau, range between Mw 0.9 and 2.2, while corner frequencies vary between 0.8 and 12 Hz, being lower than expected for ordinary earthquakes, as already observed for LFEs. We found that LFE sources exhibit a power-law scaling between corner frequency and seismic moment, with an exponent of -3.5, very similar to the scaling observed for classical earthquakes.

Keywords: low-frequency earthquakes, source characteriziation, continuous data analysis, event detection and location

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-frequency radiation prior to semi-volcanic low-frequency earthquake in Eastern Shimane, SW Japan, illuminated by “0.1 manten” Hyper Dense Seismic Observation

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]
*Aitaro Kato[1], Shin'ichi Sakai[1], Satoshi Matsumoto[2], Yoshihisa Iio[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 九州大学、3. 京都大学防災研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. Kyushu University, 3. Kyoto University

Semi-volcanic deep low-frequency earthquake (LFE) that occurs distant from active volcanoes has been investigated by previous several studies [Ohmi and Obara, 2002; Aso et al., 2013]. In eastern Shimane of SW Japan, there is a spot hosting frequent semi-volcanic LFE activity for over 20 years. Above this source area, we installed a thousand of seismic stations from March 2017 to March 2018, which covers an entire aftershock zone of the 2000 Western-Tottori earthquake (Mw 6.7). The spatial interval of each seismic station ranges from 1 to 2 km.

We found out clear arrivals of high-frequency waveforms prior to arrivals of low-frequency signals by a hundred of the dense seismic stations. The differential arrival times between the high- and low-frequency waveforms are approximately 1.5 s. The high-frequency radiation has the strongest amplitude at 28 Hz and 16 Hz and is characterized by stronger P-wave amplitude than faint S-wave. In contrast, the low-frequency component is predominant from 1 to 6 Hz and shows variation of the ratio of P-wave to S-wave with epicentral distance. This observation clarifies that different excitation mechanisms are needed to explain bimodal radiations at the high- and low-frequency bands.

We relocated the high- and low-radiation sources by both visually picked arrival times and Source Scanning Algorithm. Then, each radiation source is located within a cloud of LEFs determined by the JMA. The depth of the high- and low-frequency sources are imaged around the depth of 30 km, namely around Moho discontinuity. But, the high-frequency radiation is slightly deeper than that of the low-frequency with a few km horizontal offset. The origin time of the high-frequency radiation is by 1.5 ~ 2 seconds earlier than that of the low-frequency. This slight spatial gap indicates that the two sources appear to be not collocated, while the spatial separation between the two sources is not so large in terms of the hypocenter accuracy. The present study first shows that the high- and low-frequency radiation sources are close to each other around Moho discontinuity.

Combined with these observations, we interpret that the early high-frequency radiation is derived from brittle breakage of low-permeability seal may arise from hydrothermal cementation. Infiltration of high-pressurized fluids into the bottom of lower crust may trigger slow shear slip or resonance of crustal fluids along a pre-existing fracture.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variation of Focal Mechanisms of Low Frequency Earthquakes in Parkfield

*麻生 未季[1,3]、麻生 尚文[2]、井出 哲[1]
*Miki Aso[1,3], Naofumi Aso[2], Satoshi Ide[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東京工業大学理学院、3. 応用アール・エム・エス株式会社
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Tokyo Institute of Technology, School of Science , 3. OYO RMS Corporation

Tectonic low frequency earthquakes (LFEs) occur at plate boundaries around the world, and considered as local slow deformation. LFEs in subduction zones are found to have low-angle thrust fault mechanisms in southwest Japan [Ide et al., 2007], Mexico [Frank et al., 2013], and Cascadia [Royer and Bostock, 2014]. LFEs along Alpine fault, a transform fault in New Zealand, are known to have right-lateral strike slip mechanism [Baratin et al., 2018]. However, the focal mechanisms of LFEs at Parkfield along the San Andreas Fault zone have not been revealed yet, regardless of the frequent activities. The San Andreas Fault is one of the most matured active faults in the world, especially at Parkfield, and large damaging earthquakes also repeatedly occurred in history. Therefore, many seismologists and geologists have been challenging to reveal the cause of earthquakes and LFEs.
In this study, we estimate the focal mechanisms of 88 LFE families in the catalog of Shelly [2017]. We first stack seismograms of over one million events in the catalog to improve the signal-to-noise (S/N) ratio. P-wave polarities of the stacked waveforms suggest the existence of variations in focal mechanisms of the LFE families.
Then, we evaluate the absolute amplitudes of original seismograms using the stacked waveforms. The SH wave amplitudes are inverted to the focal mechanisms for each LFE family. Specifically, the contributions from source radiation, path attenuation, and site amplification are represented by independent terms based on the assumption of simple ray theory, and estimated by solving a two-step inversion problem. The source terms are utilized to determine focal mechanisms. While most of the focal mechanisms are strike-slip consistent with the San Andreas Fault motion, those for families near the central Parkfield and the family off the surface trace contain large dip-slip (Figure 1 and 2). These variations are consistent with tidal sensitivities of LFEs in Parkfield [Thomas et al., 2012]. Our study reveals regional dip-slip focal mechanisms at first glance to be strike-slip along matured San Andreas Fault.

キーワード：サンアンドレアス断層、パークフィールド、震源メカニズムインバージョン、波形スタック、低周波地震、振幅評価
Keywords: San Andreas Fault, Parkfield, focal mechanism inversion, waveform stacking, low frequency earthquake, amplitude evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

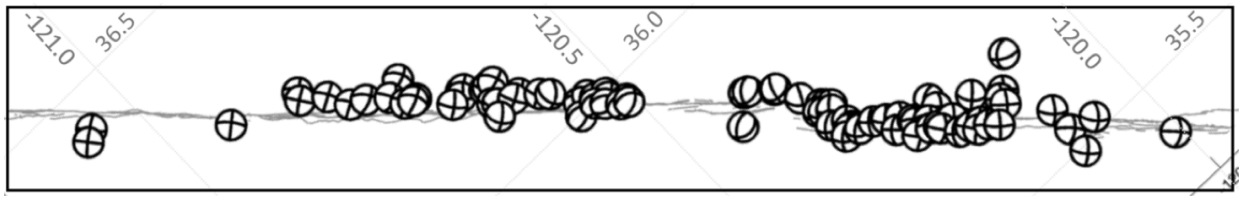


Figure 1. The focal mechanisms of LFE families

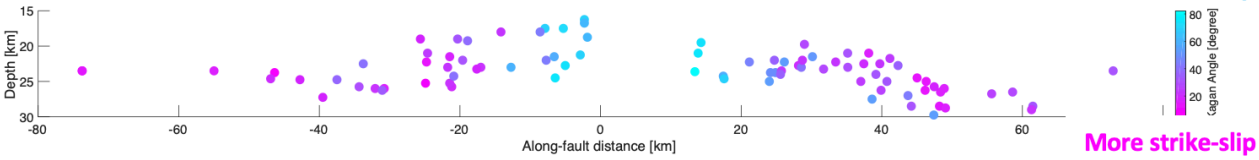


Figure 2. The difference from strike-slip focal mechanism of ordinary earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | コンベンションホールA 2F

[S-CG48] Science of slow earthquakes: Toward unified understandings of whole earthquake process

コンビーナ:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、廣瀬 仁(神戸大学都市安全研究センター)、氏家 恒太郎(筑波大学生命環境系)、波多野 恭弘(東京大学地震研究所)、座長:井出 哲(東京大学大学院理学系研究科)、太田 和晃

Accumulating observational studies on various types of slow deformation events, such as tectonic tremors, very low frequency events, and slow slip events, portrays some universal characteristics in generally complex behavior, including interaction among events and influence by various outer loadings. Some of these phenomena seem to have causal relation with the occurrence of very large earthquakes. A unified understanding of these slow and fast earthquake processes requires an approach integrating geophysics, seismology, geodesy, geology, and non-equilibrium statistical physics. We welcome presentations based on, but not limited to, geophysical observation, data analysis, analytical theory, numerical simulation, field study, and laboratory experiments.

15:30 ~ 16:00

[SCG48-12] Mapping seismic data to slow slip using machine learning

★Invited Papers

*Bertrand Rouet-Leduc[1]、Claudia Hulbert[2]、Ian McBrearty[1]、Paul Johnson[1] (1.Los Alamos National Laboratory, USA、2.Ecole Normale Superieure, France)

16:00 ~ 16:15

[SCG48-13] Revealing the slow earthquake activity in the Japan Trench and its relation to the 2011 Tohoku-Oki earthquake

*西川 友章[1]、松澤 孝紀[2]、太田 和晃[1]、内田 直希[3]、西村 卓也[1]、井出 哲[4] (1.京都大学防災研究所、2.防災科学技術研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[SCG48-14] Tremor and slow slip associated with afterslip of the 2011 Tohoku earthquake

*太田 和晃[1]、伊藤 喜宏[1]、日野 亮太[2]、大柳 修慧[1]、松澤 孝紀[3]、篠原 雅尚[4]、塩原 肇[4] (1.京都大学防災研究所、2.東北大学大学院理学研究科、3.防災科学技術研究所、4.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[SCG48-15] High definition imaging of the Japan Trench by OBS Array of Arrays: Does shallow tectonic tremor occur in the plate interface?

*大柳 修慧[1]、太田 和晃[2]、伊藤 喜宏[2]、日野 亮太[3]、太田 雄策[3]、東 龍介[3]、篠原 雅尚[4]、望月 公廣[4]、佐藤 利典[5]、村井 芳夫[6] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東北大学、4.東京大学地震研究所、5.千葉大学、6.北海道大学)

16:45 ~ 17:00

[SCG48-16] 東北地方太平洋沖地震後の繰り返し地震活動：海陸地震観測網による検討

*内田 直希[1]、高木 涼太[1]、平原 聡[1]、中山 貴史[1]、松澤 暢[1]、田中 佐千子[2]、浅野 陽一[2] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.防災科学技術研究所)

Mapping seismic data to slow slip using machine learning

*Bertrand Rouet-Leduc[1], Claudia Hulbert[2], Ian McBrearty[1], Paul Johnson[1]

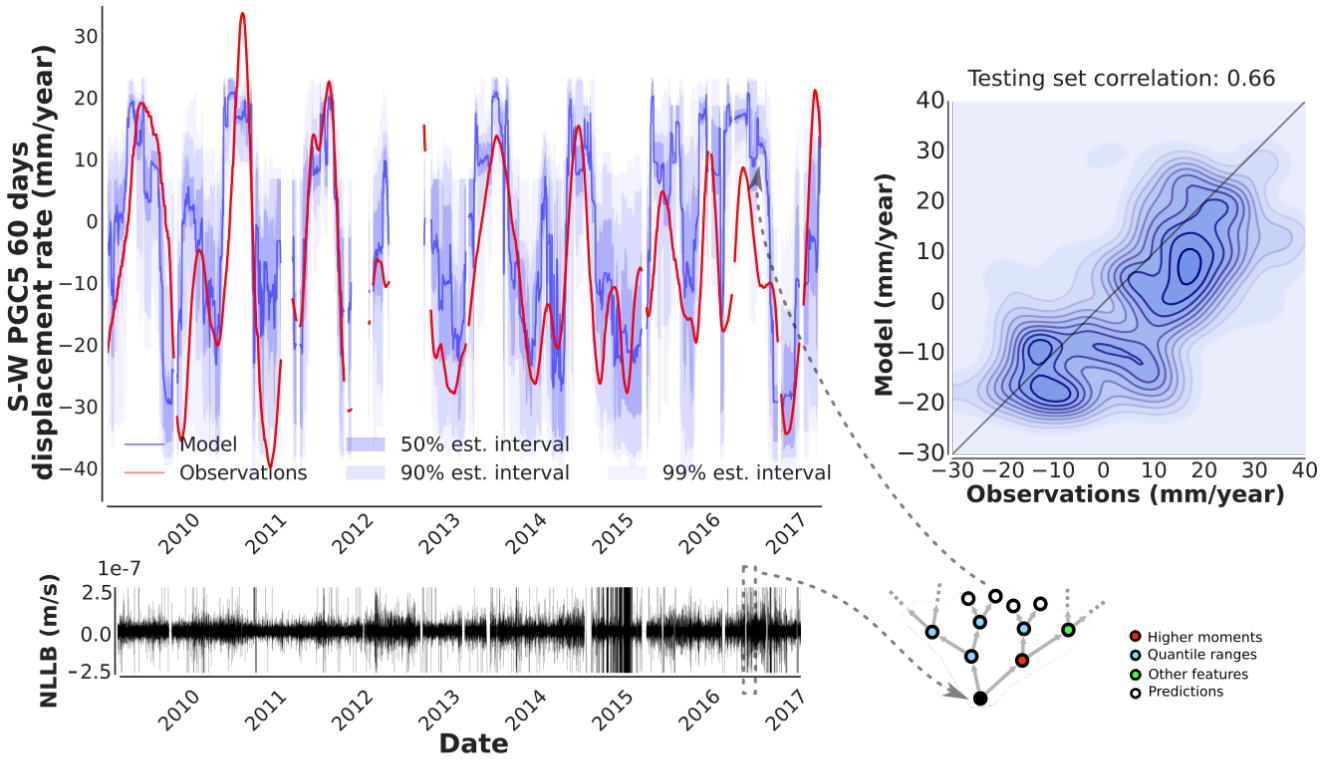
1. Los Alamos National Laboratory, USA, 2. Ecole Normale Superieure, France

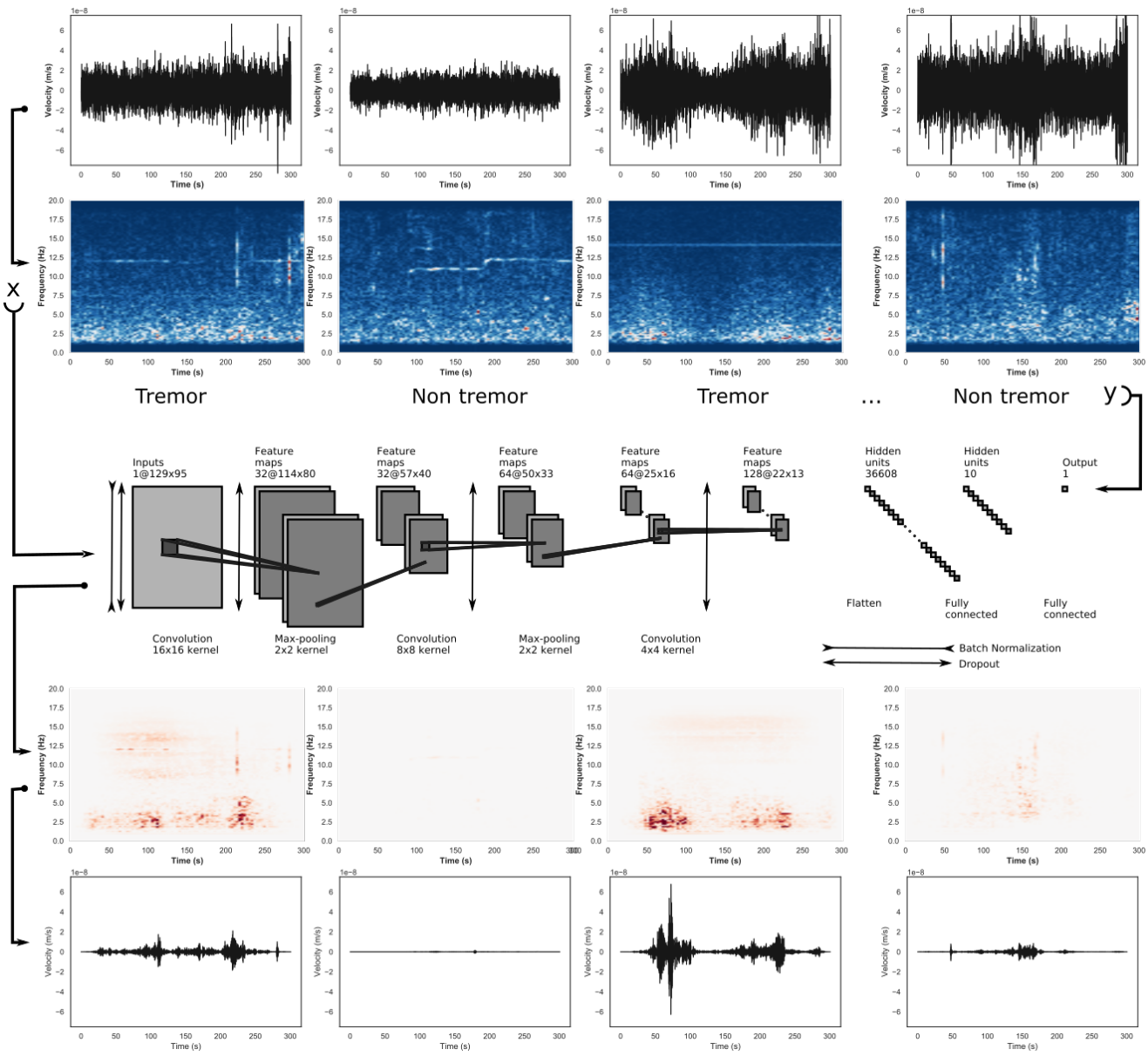
We show that the Cascadia subduction zone is apparently continuously broadcasting a low-amplitude, tremor-like signal that precisely informs of the fault displacement rate throughout the slow slip cycle. Using a method based on machine learning previously developed in the laboratory, we analysed large amounts of raw seismic data from Vancouver Island to separate this signal from the background seismic noise. We posit that this provides indirect real-time access to fault physics on the down-dip portion of the megathrust, and thus may prove useful in determining if and how a slow slip may couple to or evolve into a major earthquake.

In a parallel approach, we show that tremor can be accurately detected on a single seismic station by a deep convolutional neural network. Seismic tremor is posited to provide information on the physical state of the slowly slipping portion of the megathrust, and a single station tremor detector gives a direct access to the tremor signal and its physical characteristics. A deep learning model trained to detect tremor in Cascadia recognizes catalogued tremor in other subduction zones, arguing for the universality of tremor and slow slip characteristics. The detection rate of a deep learning model trained to recognize tremor in Cascadia and applied on waveforms from Northern Chile shows strong correlation with surface displacement rate, arguing for episodic tremor and slip detection where slow earthquakes and associated tremor had not been seen so far, presumably taking place too deep to have been detected using conventional multi-station methods.

Keywords: Tremor, Slow earthquake, Machine learning, Deep learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Revealing the slow earthquake activity in the Japan Trench and its relation to the 2011 Tohoku-Oki earthquake

*西川 友章[1]、松澤 孝紀[2]、太田 和晃[1]、内田 直希[3]、西村 卓也[1]、井出 哲[4]
*Tomoaki Nishikawa[1], Takanori Matsuzawa[2], Kazuaki Ohta[1], Naoki Uchida[3], Takuya NISHIMURA[1], Satoshi Ide[4]

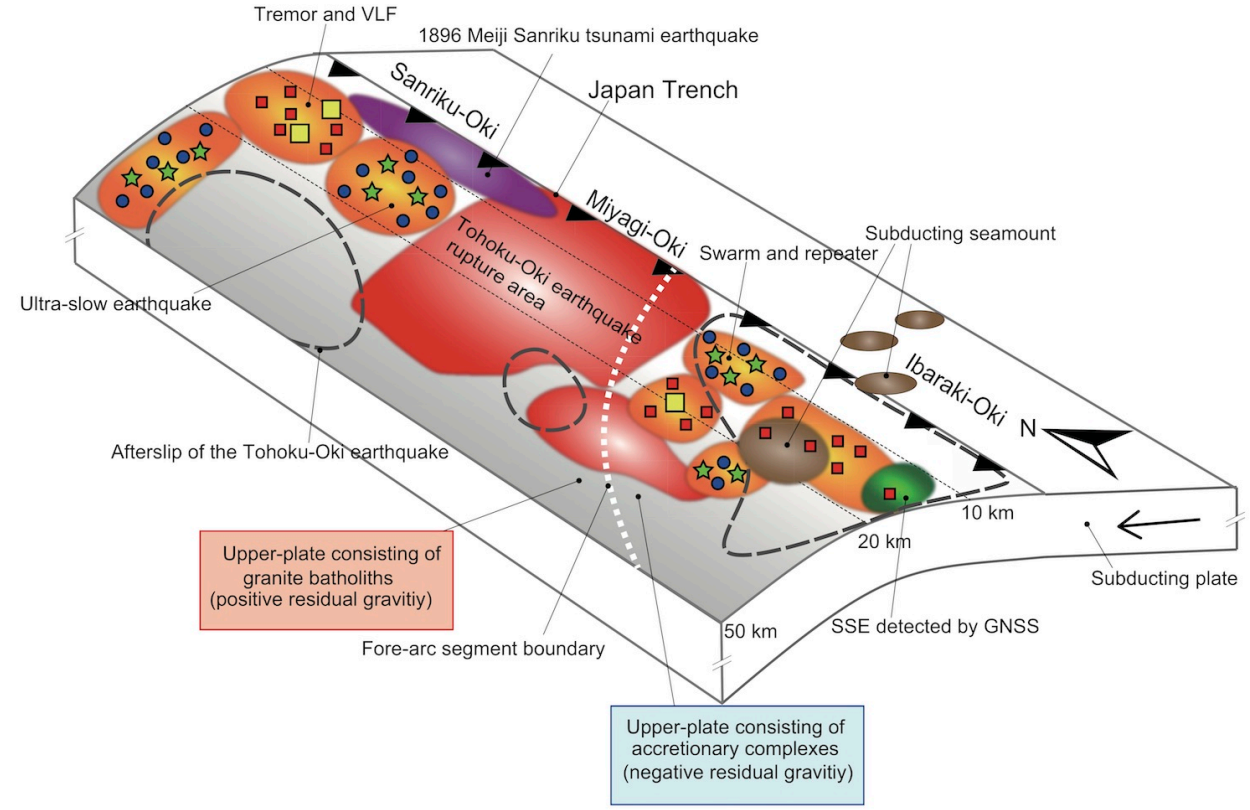
1. 京都大学防災研究所、2. 防災科学技術研究所、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 東京大学大学院理学系研究科
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Graduate School of Science, The University of Tokyo

Subduction zone megathrust earthquakes result from the interplay between fast dynamic rupture and slow deformation processes, which are directly observed as various slow earthquakes, including tectonic tremors, very low-frequency earthquake (VLFs) and slow slip events (SSEs), and indirectly suggested by a temporal change in the frequency of repeating earthquakes and the occurrence of episodic earthquake swarms. Some megathrust earthquakes have been preceded by slow earthquakes and terminated near the areas where slow earthquakes were frequently observed. While capturing the entire spectrum of slow earthquake activity is crucial for estimating the occurrence time and rupture extent of future megathrust earthquakes in a given subduction zone, such an observation is generally difficult, and slow earthquake activity is poorly understood in most subduction zones, including the Japan Trench, which hosted the 2011 M_w9.0 Tohoku-Oki earthquake. Here we reveal the slow earthquake activity in the Japan Trench in detail using tectonic tremors, which we detected in the seismograms of a new ocean-bottom seismograph network, VLFs, SSEs, repeating earthquakes, and earthquake swarms. We show that the slow earthquake distribution is complementary to the rupture area of the Tohoku-Oki earthquake and correlates with the structural heterogeneity along the Japan Trench. Concentrated slow earthquake activities were observed in the afterslip area of the Tohoku-Oki earthquake, which is located to the south of the fore-arc geological segment boundary. Our results suggest that the megathrust in the Japan Trench is divided into three segments that are characterised by different frictional properties, and that the rupture of the Tohoku-Oki earthquake, which nucleated in the central segment, was terminated by the two adjacent segments.

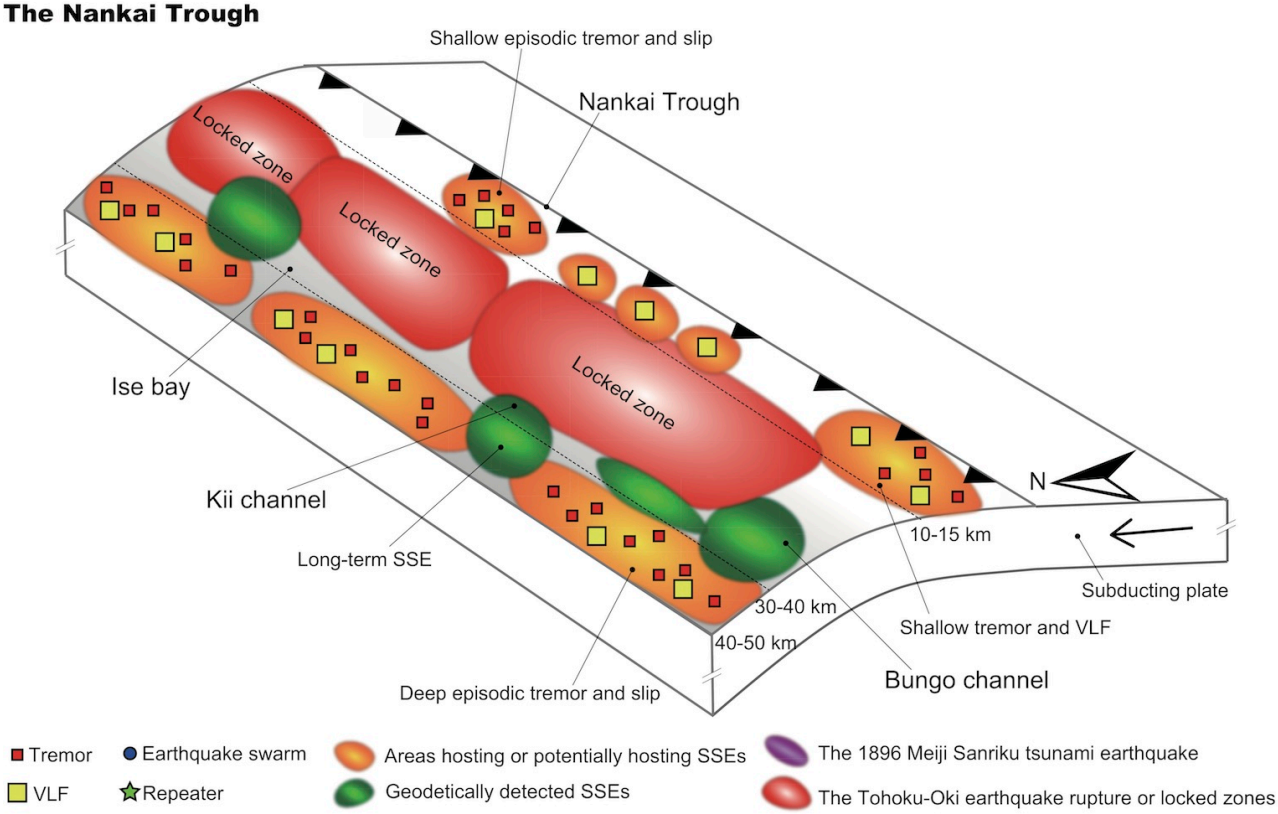
キーワード：スロー地震、巨大地震、沈み込み帯、東北地方太平洋沖地震
Keywords: Slow earthquake, Megathrust earthquake, Subduction zone, The 2011 Tohoku-Oki earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Japan Trench



The Nankai Trough



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tremor and slow slip associated with afterslip of the 2011 Tohoku earthquake

Tremor and slow slip associated with afterslip of the 2011 Tohoku earthquake

*太田 和晃[1]、伊藤 喜宏[1]、日野 亮太[2]、大柳 修慧[1]、松澤 孝紀[3]、篠原 雅尚[4]、塩原 肇[4]
*Kazuaki Ohta[1], Yoshihiro Ito[1], Ryota Hino[2], Shukei Ohyanagi[1], Takanori Matsuzawa[3], Masanao Shinohara[4], Hajime Shiobara[4]

1. 京都大学防災研究所、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 防災科学技術研究所、4. 東京大学地震研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Characterizing shallow interplate slip is essential for modeling the potential generation of megathrust earthquakes and tsunamis. Large postseismic crustal deformation caused by the 2011 Tohoku-Oki earthquake suggests the occurrence of shallow afterslip, but it is unclear what kind of slip is dominant at the shallow plate interface. Here we report episodic tremor activity south of the primary rupture area based on ocean bottom seismometer observations.

We deployed 24 OBSs at 6 sites close to the trench axis in the Fukushima-Oki region. Three of these sites were small arrays, each consisting of 1 broad-band OBS and 6 short-period (1 Hz) OBSs. The 3 other sites each had 1 short-period OBS. Continuous observations were made from October 2016 to September 2017. For OBS records, we applied the envelope correlation method to detect and locate tremor activity. We also estimate the focal mechanisms of the detected tremor events using S-wave polarization particle motion.

We identified ~ 2000 tremor events in five burst episodes. The duration of each burst ranges from 6 to 18 days, with recurrence intervals of ~60 days. The tremor region largely coincides with the region of very low frequency earthquakes and lies between geodetically observed coseismic and afterslip region of the Tohoku earthquake. Tremor shows clear migration behavior with the speed of ~ 5 km/day and shear mechanisms consistent with plate subduction direction.

The characteristics of the tremor –episodicity, migration and shear mechanisms –strongly suggest that it is accompanied by slow slip events (SSEs). We further approximated the slip amount of SSEs based on the ground displacement of the tremor seismograms. The estimated slip of 1.5 cm/year corresponding to a seismic moment of ~7.4×10^{17} Nm is slightly smaller than but comparable to that of typical short-term SSEs, however, much smaller than that of afterslip. Thus, both SSEs and afterslip exist in the shallow part of the Japan trench. We propose that the tremor and SSE region illuminate the boundary between coseismic slip and stable aseismic slip that could limit the rupture extent of future megathrust earthquakes. Besides, the observed tremor and slow slip activities may also suggest that the interplate stress state has been recovered to the level of that before the Tohoku earthquake.

キーワード：tremor、slow slip、afterslip、Japan trench、Tohoku earthquake
Keywords: tremor, slow slip, afterslip, Japan trench, Tohoku earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High definition imaging of the Japan Trench by OBS Array of Arrays: Does shallow tectonic tremor occur in the plate interface?

*大柳 修慧[1]、太田 和晃[2]、伊藤 喜宏[2]、日野 亮太[3]、太田 雄策[3]、東 龍介[3]、篠原 雅尚[4]、望月 公廣[4]、佐藤 利典[5]、村井 芳夫[6]
*Shukei Ohyanagi[1], Kazuaki Ohta[2], Yoshihiro Ito[2], Ryota Hino[3], Yusaku Ohta[3], Ryosuke Azuma[3], Masanao Shinohara[4], Kimihiro Mochizuki[4], Toshinori Sato[5], Yoshio Murai[6]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 東北大学、4. 東京大学地震研究所、5. 千葉大学、6. 北海道大学
1. Kyoto University, Graduate School of Science, 2. Kyoto University, Disaster Prevention Research Institute, 3. Tohoku University, 4. Tokyo University, Earthquake Research Institute, 5. Chiba University, 6. Hokkaido University

The Japan Trench is the host to various scale and slip behavior of seismic activities, such as the M9 Tohoku-Oki megathrust earthquake, slow slip events, low frequency tremors and very-low frequency earthquakes (VLFEs). Since these events occur under the seafloor, observation capability of the onshore seismic network is limited due to far distance from their source regions. During 2016 and 2017, we have performed the dense OBS Array of Arrays observation in the offshore Fukushima prefecture near the trench axis to achieve high resolution imaging of the shallow portion of the Japan Trench.
Our network consists of three OBS arrays. Each array consists of one broad band OBS, and six 1Hz short period OBSs. These seven OBSs form a triangular array of 300m to 500m of interstation distance, which results in the array diameter of ~1km. High resolution imaging of complicated seismic phenomena (such as tectonic tremor) is enabled by installing the arrays in the vicinity of the target region.
Based on visual inspection of the observed data, we have identified two episodes of low frequency tremors, triggered dynamically by M7.8 event in offshore Solomon Islands on December 2016, and M7.7 event in offshore Kamchatka Peninsula on July 2017. In both cases, the tremors were accompanied by arrival of Rayleigh waves. The episode of December 2016 lasted 7 minutes, and ceased after passage of Rayleigh wave. On the other hand, the episode of July 2017 continues even after passage of Rayleigh wave, and lasted for more than 12 minutes.
To reveal the origin of these tremors, we apply a beamforming technique to estimate back azimuth and slowness of incoming wave observed by the arrays. Observed tremors are beamformed in horizontal components of OBSs after their absolute orientations are determined using particle-motion of T-phase. From the resulting beam, we have estimated epicenters of the tremors every 60 seconds using only azimuthal information at each array. In this presentation, we are going to discuss about depth of the tremor sources from observed slowness. The tremor activities probably indicate the potential for the occurrence of shallow slow slip events near the Japan Trench, in which VLFEs and after slip were activated after the 2011 Tohoku-Oki earthquake.

Acknowledgements: This study is supported by JSPS KAKENHI (26000002).

キーワード：低周波微動、海底地震計、アレイ解析、動的誘発、日本海溝、スロー地震
Keywords: Low frequency tremor, Ocean Bottom Seismometer, Array analysis, Dynamic triggering, Japan Trench, Slow earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震後の繰り返し地震活動：海陸地震観測網による検討
The activity of small repeating earthquakes after the 2011 Tohoku-oki earthquake: an examination based on the S-net and land networks

*内田 直希[1]、高木 涼太[1]、平原 聡[1]、中山 貴史[1]、松澤 暢[1]、田中 佐千子[2]、浅野 陽一[2]
*Naoki Uchida[1], Ryota Takagi[1], Satoshi Hirahara[1], Takashi NAKAYAMA[1], Toru Matsuzawa[1], Sachiko Tanaka[2], Youichi Asano[2]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 防災科学技術研究所
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

東北日本の海域下の繰り返し地震活動を防災科学技術研究所による日本海溝海底地震津波観測網（S-net）および陸域の定常観測点のデータを用いて調査した。気象庁の一元化震源に記載されている地震について，同一観測点で得られた速度波形の相似性を評価することにより繰り返し地震を抽出した。P波S波を含む40 秒間についてコヒーレンスを計算し，コーナー周波数の1/2から2倍の周波数で0.8以上のコヒーレンスを持つものを繰り返し地震として抽出した。解析は1993年から2018年の長期間のM2.5以上の地震，および2016年8月から2018年10月のS-netデータが利用できる短期間のM2.0以上の地震について行った．

長期の解析からは，2011年東北地方太平洋沖地震の地震時すべり域では繰り返し地震がほとんどない状態が2018年まで続いており，この領域にまだひずみがたまっていないことを示唆する．すべり域外のプレート境界浅部（深さ30km以浅）では，すべり域の北側では活動が消長を繰り返しながら減衰するのに対し，南側では単調に減衰していた．また，すべり域外のプレート境界深部（深さ30-60km）では，すべり域の深部延長で特に活動が活発で2018年も東北沖地震前と比べてかなり活発な状況が続いている．

短期の解析からは，同じ期間についてS-netおよび大学の陸域定常観測点のデータを用いて解析すると，S-net，陸域観測とも同等の数の繰り返し地震が抽出されることがわかった（S-net 520個, 陸域観測684個）．S-netにより繰り返し地震の抽出数が増えなかったのは陸域で震源決定されている地震は，もともと陸域で十分S/Nのよい波形が得られていたことが考えられる．なお，陸域の長期の解析では，2016年8月から2018年10月の短期解析を行った期間についてM2.5以上の大きい地震に限ってみても894個の繰り返し地震が抽出されており，短期の解析では，発生間隔が2.2年以上の繰り返し地震が抽出できないことによる，繰り返し地震の抽出数の減少も存在する．

謝辞：本研究では東北大学の定常観測点の他に，防災科学技術研究所のS-netおよび北海道大学の観測点の地震波形データを用いた．観測点の設置および維持にかかわって来られた皆様に感謝いたします．

キーワード：繰り返し地震、S-net、スロースリップ
Keywords: repeating earthquakes, S-net, slow slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長:篠原 雅尚(東京大学地震研究所観測開発基盤センター)、石山 達也(東京大学地震研究所)

日本列島は地質時代を通じて大陸と海洋の境界部に位置し、その地殻構造にはプレートの沈み込み運動、背弧海盆の形成、島弧-島弧の衝突など多様な造構運動が記録されている。近年の地殻構造探査技術の進展や自然地震観測は、詳細な地殻マントル構造を明らかにしつつある。このような地質時代を通じて形成された地殻-マントル構造は、断層の再活動やレオロジー特性を通じて、地震活動や地殻変動のような現在進行しているテクトニクスにも大きな影響を及ぼしている。構造を一つの軸として、様々な時間帯に及ぶ変形プロセスを総合的に議論することは、現在、日本列島で進行しているテクトニクスを理解する上で重要である。本セッションでは、地質学・地球物理学的な観測をはじめとして様々な手法によって得られた日本列島の地殻・マントル構造を基軸として、地殻構造とレオロジー、地質構造の形成プロセス、変動地形から測地学帯域に及ぶ幅広い時間帯域のテクトニクスについて, 数値実験も含め総合的に議論する。

9:00 ~ 9:15

[SCG57-01] 北海道北部における最近の地震活動

発表キャンセル

*高波 鐵夫[1,2] (1.カーネギー研究所、2.北海道総合地質学研究センター)

9:15 ~ 9:30

[SCG57-02] 地震探査から見る日本海北海道南西沖における地殻構造

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、佐藤 比呂志[2]、石山 達也[2] (1.海洋研究開発機構 、2.東京大学地震研究所)

9:30 ~ 9:45

[SCG57-03] 渡島半島横断深部反射法地震探査

*佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、加藤 直子[1]、清水 英彦[2]、佐藤 壮[3]、川崎 慎治[2]、野 徹雄[3]、小平 秀一[3]、三浦 誠一[3] (1.東京大学地震研究所、2.地球科学総合研究所、3.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SCG57-04] 千島海溝域の固着による北海道周辺域の地殻変動場と震源断層における応力蓄積

*橋間 昭徳[1]、佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、Andrew Freed[2] (1.東京大学地震研究所、2.パーデュー大学)

10:00 ~ 10:15

[SCG57-05] Structural Heterogeneity in and around the Source Region of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Central Hokkaido, Japan

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、松原 誠[5]、佐藤 比呂志[1]、蔵下 英司[1]、平田 直[1]、阿部 進[6]、野田 克也[7]、藤原 明[8]、菊池 伸輔[9]、鈴木 和子[10] (1.東京大学地震研究所、2.千葉大学大学院理学研究院、3.地震予知総合研究振興会、4.北海道総合地質学研究センター、5.防災科学技術研究所、6.石油資源株式会社、7.(株) ジオシス、8.(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、9.(株) 地球科学総合研究所、10.シュランベルジェ)

10:15 ~ 10:30

[SCG57-06] 北海道中軸部における比抵抗構造：超塩基性岩のテクトニクスへの制約

*市原 寛[1]、茂木 透[1]、山谷 祐介[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.産業総合研究所)

北海道北部における最近の地震活動
Recent Earthquake Activity in Northern Hokkaido, Japan

*高波 鐵夫[1,2]
*Tetsuo Takanami[1,2]

1. カーネギー研究所、2. 北海道総合地質学研究センター
1. Carnegie Institution for Science, 2. Hokkaido Research Center of Geology

本発表は北海道北部の最近の地震活動をプレートテクトニクス的観点から考察し、そこでの潜在的地震災害を理解するために行った調査報告である。平成24年(2012年)7月15日から7月18日かけて北海道北部の中川町周辺(音威子府付近)で震度４の揺れを感じさせたマグニチュードM4程度の中規模地震を含む群発地震が発生した（気象庁・地震火山月報・防災編、2012）. また震源域周辺では地震計では捉えることができないスロー地震もほぼ同時期に確認された（Ohzono et al., 2015, 池田将平., 2016)。これらの観測から推定された当地域の最大水平ストレス成分はほぼ東西方向にあり、Loveless and Meade (2010)がGlobal Positioning System (GPS)データから見積もった13.0±2.1 mm/y ~ 8.4±2.1 mm/yの E-W の東西圧縮場と調和的である。さらに北海道下には太平洋プレートが千島海溝軸に対して南西方向に斜め沈みつつあるが、その上盤の北海道はユーラシア・プレート、北米プレートと作用し合う、３重合プレート・テクトニクス場でもある。Den and Hotta(1973) は地震探査、重力、地磁気、地殻熱流量などの地球物理学的分布が北海道中軸を境に東西両側で異なることから、中生代から古第三紀にカムチャッカ、オホーツク海、サハリン、及び、北海道中軸以東からなるオホーツク・プレートを初めて提唱し、北海道中軸付近でオホーツク・プレートとユーラシア・プレートとの衝突をいち早く提案した。しかし気象庁地震カタログには1985年以降にこのプレート境界付近の北海道北部で発生したM6を超えた大きな被害地震はなく、現在のオホーツク・プレートの境界を規定する地震学的情報は極めて少なかった。そのような低い地震活動下において、1995年阪神・淡路大震災を契機に地震に関する調査研究の推進のための体制の整備等が図られ、日本の最北端に位置する道北でも地震や地殻変動の観測網が整備され、オホーツク・プレート西縁に位置する北海道北部での地震の検知能力が向上し、小さな地震も捕捉されるようになった。そこで、ここでは1996年１月１日～2018年10月30日の期間に北緯44.２度～北緯45.５度、東経141.5度～東経142.5度の領域内で起こったＭ２以上の地震を用いて、北海道北部地域の地震活動の特性を調べてみた。その結果、ほとんどの地震の震央は、日本海沿岸とほぼ平行に、南北約200km ×東西約40kmの細長いゾーン内（オホーツク・プレート西縁地震帯）に分布し、その東縁は北部の内陸中央にある宗谷丘陵中央部沼川から音威子府を経由し、朱鞠内湖あたりまで追跡できる。一方その東縁を境にオホーツク海側の地震活動は極めて低く、東西での地震活動分布の違いが明瞭であるが、現在のところ、その理由は明らかでない。また中川付近で観測された2012年のイベントは、2008年４月28日羽幌付近の群発地震を契機にゾーン内の地震発生レートが約２倍になった最高の活動期に発生した。これらの中川でのイベントを契機に天塩、幌延付近でもＭ４を超える地震が誘発され、地震活動が加速された。さらにゾーン内で起こった地震の規模別頻度分布から推定されたGR-則のb-値は0.87と見積もられた。若干小さいb-値ではあるが、標準的な地震活動特性を示した。またこの分布から推定された当地域の可能な最大地震規模は約Ｍ５程度である。一方地震本部の長期評価（2007）によれば、当地域にあるサロベツ断層帯を一斉に破壊させる地震の大きさはM7.6 である。今回の調査期間（2.7年間）でM5の地震が１つ起きたことから推して、M7.６の地震１個の発生確率は0.0055と推定され、その発生間隔は183年間と見積もられた。ただこの種の長期間隔で発生する大地震を予想するには今回の調査期間は極めて短かく、その信頼性を議論するには新たな調査が必要である。以上が地震観測が整備された1990年後半以降の地震資料に基づいて初めて明らかになった北海道北部における最近の地震活動の特性である。

キーワード：北海道北部の地震活動、オホーツク・プレート西縁地震帯、群発地震、スロー地震、グーテンベルグ・リヒター則、b-値

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Earthquake activity in northern Hokkaido, Earthquake zone in the western margin of Okhotsk sea plate, Earthquake swarm, Slow earthquake, Gutenberg-Richter law, b-value

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震探査から見る日本海北海道南西沖における地殻構造
Seismic constraints on the crustal structure off the southwestern coast of Hokkaido, Japan Sea

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、佐藤 比呂志[2]、石山 達也[2]
*Tetsuo No[1], Takeshi Sato[1], Shuichi Kodaira[1], Hiroshi Sato[2], Tatsuya Ishiyama[2]

1. 海洋研究開発機構 、2. 東京大学地震研究所
1. JAMSTEC, 2. ERI, University of Tokyo

日本近海での地殻構造研究は、1990年代後半からマルチチャンネル反射法地震（MCS）探査と数十台～100台以上の海底地震計（OBS）を用いた地震探査により、南海トラフや日本海溝など太平洋側を中心に実施され（e.g. 小平, 2009, 地震2）、2000年代後半からは日本海でも進められてきた（e.g. Sato et al., 2018, Tectonophysics）。その中で調査未了海域の１つであった北海道南西沖において2018年にMCS探査とOBS探査を「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環として行った。北海道南西沖は、現時点で明治以降日本海にて発生した浅発地震の中では最もマグニチュードの大きい地震である1993年北海道南西沖地震（M_J 7.8）が発生した海域である。本探査で実施した測線は、奥尻海盆・後志トラフから1993年北海道南西沖地震震源域を東西に横切る形で設定したので、この地震の震源断層と地殻構造の関係や日本海東縁の他の大地震の震源断層と対比する上で重要なデータとなる。さらに、北海道南西沖地震震源域の西方には日本海盆が位置している。日本海盆は、日本海の中では一番広い海盆で、これまで実施された調査から標準的な海洋地殻に相当する厚さと構造を有しているとみられる（e.g. No et al., 2014, EPSL; 佐藤壮・他, 2018, 地震学会）が、さらに本探査の海域は磁気異常の縞模様配列の存在が指摘されている場所（e.g. Kinoshita et al., 1995, 地学雑）にも重なっているため、日本海盆の形成との関係上も重要である。

調査は、JAMSTEC深海調査研究船「かいれい」を用いて、MCS探査を9測線行い、そのうち1測線でOBS57台を用いた地震探査を行った。なお、OBS探査を実施した測線は、同時期に渡島半島で東京大学地震研究所が実施した地震探査測線（佐藤比・他, 本学会）の西延長上に位置しており、海陸統合探査の解析が実施されている（佐藤壮・他，本学会）。

暫定的なデータ処理結果ではあるが、MCS探査の結果からは奥尻海盆・後志トラフから北海道南西沖地震震源域の領域では明瞭な短縮構造がイメージされている。北海道南西沖地震余震域と重なる奥尻海嶺に関して、調査した海域の北側では西傾斜の逆断層を伴った短縮構造の形成が明瞭に認められるが、奥尻島が位置している南側では東傾斜を伴った短縮構造の形成も確認できる。一方、日本海盆では、約2 kmの堆積層が溜まっており、非常に密に断層が発達しているイメージが得られているが、海底地形の変形は生じていない。また、堆積層の基盤から約7　ｋｍ下には非常に明瞭で連続性の良い反射面が確認でき、モホ面と推定される。地殻内には明瞭な反射面が認められ、基盤から2～4 km下には空間的に連続している反射面が確認できる。さらに、モホ面下の最上部マントルに相当する20km付近にも反射体の存在を示唆するイメージが得られている。さらに、日本海盆東縁部はモホ面と見られる反射面のイメージが不明瞭になり、その領域では短縮した構造と地殻内に東傾斜の反射面が認められる。

OBS探査の結果からは、日本海盆の領域では海洋地殻とみられる比較的均質なイメージとなっている。その一方、MCS探査の結果から日本海盆内の明瞭なモホ面と見られる反射面が不明瞭になり、短縮した構造が確認される領域から東側で地殻が厚くなり始め、北海道南西沖地震震源域付近からさらに急激に地殻が厚くなっていくことを示唆する結果となっている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：日本海、1993年北海道南西沖地震、日本海盆、奥尻海嶺、地震探査
Keywords: Japan Sea, 1993 Hokkaido Nansei-Oki Earthquake, Japan Basin, Okushiri Ridge, Seismic survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

渡島半島横断深部反射法地震探査
Deep seismic reflection profiling across the Oshima Peninsula, SW Hokkaido, Japan

*佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、加藤 直子[1]、清水 英彦[2]、佐藤 壮[3]、川崎 慎治[2]、野 徹雄[3]、小平 秀一[3]、三浦 誠一[3]
*Hiroshi Sato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Naoko Kato[1], Hidehiko Shimizu[2], Takeshi Sato[3], Shinji Kawasaki[2], Tetsuo No[3], Shuichi Kodaira[3], Seiichi Miura[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 地球科学総合研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. JGI Inc, 3. Japan Agency for Marine-Earth Acience and Technology

An onshore-offshore seismic data set was collected across the Oshima peninsula, SW Hokkaido to the Japan basin, off SW-Hokkaido to determine the geometry of seismogenic source faults and basic structure of backarc of NE Honshu arc (Sato, T. et al., 2019 JpGU; No et al., 2019, JpGU). Here, we present the result of deep seismic reflection profiling across the Oshima peninsula, high-reslolution seismic reflection survey across the western boundary fault of Hakodate plain and P-wave velocity structure obtained from onshore-offshore integrated seismic processing.

The deep seismic data set was collected across the Oshima peninsula in May, 2018. Vertical land seismometers (GSR) were deployed with a spacing 50 to 200 m along the 54-km-long seismic line using fixed 1119 channel. The seismic source was four to five vibroseis trucks with standard 150 m shot spacing. As high energy shot, 50 stationary sweep were carried out every 5 km along the seismic line. Sweep frequency was 6 to 60 Hz and sweep length was 16 to 20 sec. The obtained seismic data were processed according to a standard common-midpoint (CMP) stacking and a post stack time migration. We used refraction tomography to determine the P-wave velocity structure, that revealed down to 8 km in depth beneath the western part of the seismic line. Obtained P-wave velocity profile demonstrates the geometry of the top surface of pre-Tertiary rocks. The Kamiiso massif and Esashi range marked by high Vp (> 5 km/s) and 2 km of sediment cover are distributed in the Tate and Hakodate Basins. With a pattern of seismic reflection, main geologic structure is interpreted a series of westward dipping Miocene normal faults. The NS-trending Kamiiso massif is an uplifted zone bounded by a high-angle reverse fault, which formed as a normal fault. The high-resolution seismic reflection profiling was performed across the western boundary fault of the Hakodate plain. Seismic source was a viborseis truck and the seismic signal was recorded fixed 845 channel offline recorders (GSR). Shot and receiver intervals are 10 m. The 8-km-long seismic section portrays the geometry of active fault down to 2 km in depth. The fault dips 45 degrees westward in more than one km depth. Judging from the stratigraphy, it is interpreted as a reactivation of normal fault as reverse fault. On the contrary, the shallower part of active fault forms thin-skinned type of deformation associated with wedge-thrust, fault-related fold and flat-ramp structure. The obtained shallow structure is very concordant with the feature of tectonic geomorphology and frontal part of active thrust is presented as a blind thrust. The air-gun shots along the offshore of Oshima peninsula were recorded by fixed recorders on land and integrated P-wave velocity was obtained covering 310 km seismic line. The basic feature is very similar to the velocity model proposed by Sato, T. et al. (2019) JpGU. The velocity structure portrays the detailed structure produced by Miocene backarc extension and formation of the Sea of Japan crust. In spite of the later shortening deformation, basic structure has extensional tectonic features. There no evidence of the subduction of the Sea of Japan crust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

beneath the Hokkaido continental crust.

キーワード：深部反射法地震探査、震源断層、北海道南西部
Keywords: Deep seismic reflection profiling, Seismic source fault, SW Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千島海溝域の固着による北海道周辺域の地殻変動場と震源断層における応力蓄積

Crustal deformation and stress accumulation on source faults around Hokkaido, Japan, due to coupling at the Kuril trench

*橋間 昭徳[1]、佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、Andrew Freed[2]
*Akinori Hashima[1], Hiroshi Sato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Andrew M. Freed[2]

1. 東京大学地震研究所、2. パーデュー大学
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Purdue University

2018年Mw6.7北海道胆振地震が発生し、北海道厚真町における大規模土砂災害や全島での停電（ブラックアウト）などの被害をもたらした。このような内陸被害地震の発生評価のためには、震源断層形状とともに、断層面にかかる応力も推定する必要がある。断層面の形状は、地震調査研究推進本部のモデルがあるが、我々は断層モデルの改定や、特に海域での震源断層モデルの作成を進めている。一方、プレート内部の応力は、根源的にはプレート境界面におけるプレート間相互作用によって形成される。現在、千島海溝ではプレート間の固着が進み、海溝型巨大地震の発生が危惧されている。GPS観測により、根室半島沖には大きな固着域の存在が推定されている。また、北海道の南東岸が潮位に対してここ数十年で一貫して沈降し続けていることや、北海道南東部における近年の地震活動度の低下は、2011年東北沖地震に先立って観測された現象と類似している。上記の状況を踏まえ、本研究では、北海道周辺の地殻変動計算のため三次元有限要素モデル（FEM）を構築し、千島海溝の固着により北海道とその周辺の震源断層にかかる応力蓄積速度を求める。

本研究で使用する日本列島域の有限要素モデルでは、モデル領域として3700 km ×4600 kmの領域をとっており、日本海溝ー千島海溝周辺領域をも含んでいる。深さ方向には上部マントルに相当する700 kmまで考え、東北日本ー伊豆小笠原弧、西南日本ー琉球弧下に沈み込む太平洋、フィリピン海スラブの三次元的形状を既往研究による形状モデルにしたがって取り入れた。モデル領域は約100万個の四面体のメッシュに分割した。メッシュの大きさはすべり領域に近いところで5 kmとし、外部に行くにしたがって大きくなるように設定した。断層すべりは指定した断層面に変位の食い違い条件を与えることによりモデル化できる。太平洋プレート上面の深さ80 km以浅をすべり領域としてモデル化する。物性は、スラブおよび海洋プレートは70 kmの厚さの弾性体とし、下部は粘弾性アセノスフェアとする。陸側は弾性ー粘弾性の層構造とし、弾性層の厚さは30 kmと50 kmの2つの場合を仮定して計算した。プレート間固着による変動速度には同時進行するアセノスフェアの粘弾性緩和の効果も含まれているので粘弾性緩和後の応答を用いた。

北海道周辺の変動の基本的性質を知るために、千島海溝の根室沖と十勝沖の固着による応答をフォワード計算によって求めた。北海道の地殻変動は、2003年十勝沖地震や2011年東北沖地震の影響を除けば、南東沿岸部で北西方向に5 cm/yr程度の変動があり、それが北部と西部に向かって減衰するという特徴がある。このような基本的特徴は、陸側の弾性層が50 kmの場合に、根室沖に8 cm/yrの固着を与え、十勝沖には4 cm/yrの固着を与えることによって再現することができた。このような固着分布は、北海道全域に圧縮的な応力場を形成する。圧縮軸は北海道東部で北西ー南東方向、北海道西部で東西方向となる。北海道西部の応力場は2018年北海道胆振地震の発生と調和的であった。また本発表では、北海道周辺の震源モデルに本モデルにより得られた応力場を適用してクーロン応力を計算し、地震活動との関係を調べる。

キーワード：千島海溝、地殻変動、有限要素法、粘弾性、クーロン応力
Keywords: Kuril trench, Crustal deformation, Finite element method, Viscoelasticity, Coulomb stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural Heterogeneity in and around the Source Region of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Central Hokkaido, Japan

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、松原 誠[5]、佐藤 比呂志[1]、蔵下 英司[1]、平田 直[1]、阿部 進[6]、野田 克也[7]、藤原 明[8]、菊池 伸輔[9]、鈴木 和子[10]
*Takaya Iwasaki[1], Noriko Tsumura[2], Tanio Ito[3], Kazunori Arita[4], Makoto Matsubara[5], Hiroshi Sato[1], Eiji Kurashimo[1], Naoshi Hirata[1], Susumu Abe[6], Katsuya Noda[7], Akira Fujiwara[8], Shinsuke Kikuchi[9], Kazuko Suzuki[10]

1. 東京大学地震研究所、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 地震予知総合研究振興会、4. 北海道総合地質学研究センター、5. 防災科学技術研究所、6. 石油資源株式会社、7. (株) ジオシス、8. (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、9. (株) 地球科学総合研究所、10. シュランベルジェ
1. Eathquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Association for the Development of Earthquake Prediction, 4. Hokkaido Research Center of Geology, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 6. JAPEX, 7. GEOSYS Inc., 8. JOGMEC, 9. JGI Inc., 10. Schlumberger Ltd.

Central Hokkaido, Japan, has complicated tectonic history of subduction, accretion and collision processes from Late Jurassic to the present. Since Paleogene or Early Miocene, compressional stress regime has been dominated by the dextral oblique collision between the Eurasia and North America (Okhotsk) Plates and the subsequent westward movement of the Kuril Arc due to the oblique subduction of the Pacific Plate. The latter event was responsible for the formation of the Hidaka Collision Zone (HCZ) and the foreland fold-and-thrust belt with a very thick (>10 km) sedimentary package. The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake (M=6.7) took place at a very deep depth of 37 km under this foreland fold-and thrust belt. To understand the mechanism on the occurrence of such a deep earthquake from the surrounding structural heterogeneity, we reanalyzed controlled source seismic data from the 1998-2000 Hokkaido Transect Project by applying advanced processing techniques including CRS/MDRS stacking methods and integrated refraction/wide-angle reflection analyses.

The seismic reflection processing imaged for the first time the NE Japan Arc underthrust eastward beneath the thick sedimentary package. The refraction/wide-angle reflection data were re-interpreted by tomography and ray-tracing methods. The latter analysis with aid of the new structural information from the reflection processing indicate that the crust is very thin (15-23 km) and the Moho depth is 22-30 km. The Pn velocity is a normal value of around 8 km/s. These structural features are well consistent with those in the offshore area of NE Japan, which belongs to the same geological unit. Based on the structural information mentioned above, the aftershock distribution was carefully investigated. Aftershocks relocated by the 3D structure model (Matsubara, 2017) with appropriate station corrections are distributed in a depth range of 7-45 km showing a steep geometry facing to the east. We cannot find any evidence that the aftershock distribution is related with shallow west-verging active faults developed in the fold-and-thrust belt. We think that the high-angle fault of this earthquake was formed by a certain tectonic event before the collision, maybe in Late Oligocene to Middle Miocene. The relocated aftershocks are separated into the upper (7-20 km) and lower (22-45 km) groups. The seismicity gap between them corresponds to the lower crust of our velocity model, probably representing its ductile property. According to our results, more than 80 % of relocated events occurred within the uppermost mantle of our structure model. Possible explanation for this high seismic activity is the cold crust delaminated from the Kuril Arc side, whose existence was is confirmed by a series of seismic reflection profiling in the southern part of the HCZ (Arita et al., 1998; Tsumura et al., 1999; Ito, 2000, 2002) and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

seismic tomography by Matsubara et al. (2017). This delaminated crustal body prevents the thermal circulation and upward migration of dehydrated fluid to cool the forearc mantle and generate more favorable environment for the brittle failure.

キーワード：北海道、北海道胆振地震、地殻・上部マントル構造、制御震源地震探査、tomography、褶曲断層帯
Keywords: Hokkaido Island, Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Crust and upper mantle structure, Controlled-source seismic expeditions, Seismic tomography, Fold-and-thrust belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道中軸部における比抵抗構造：超塩基性岩のテクトニクスへの制約
Electrical resistivity distribution around the middle axis of Hokkaido Island: constraint for tectonics of ultra-mafic rocks

*市原 寛[1]、茂木 透[1]、山谷 祐介[2]
*Hiroshi Ichihara[1], Toru Mogi[1], Yusuke Yamaya[2]

1. 名古屋大学地震火山研究センター、2. 産業総合研究所
1. Earthquake and Volcano Research Center, Nagoya University, 2. AIST

Middle axis of Hokkaido Island is located on a tectonic boundaries between NE Japan arc and Kurile arc. In the south part of the boundary, collision due to migration of fore-arc aliver is known (Hidaka Collision zone). Huge serpentine rock bodies are exposed in the high P/T metamorphic belt (kamui-kotan belt) located on the NE Japan arc side near the boundary. In addition, a fresh peridotite rock body (Horoman periodotite) is also distributed in the south part around the boundary. However, tectonic process to bring the surface has not been understood although it is the key to understand the tectonics. In this study, we discuss the crustal structure beneath the arc-arc boundary especially for ultra-mafic rock area based on electrical resistivity distribution obtained in following three areas: (1) middle part of Hidaka collision zone where serpentine is exposed, (2) north part of Kamui-kotan belt where serpentine is exposed but the collision is not occurred, and (3) south part of Hidaka collision zone where the Horoman peridotite is distributed. In the area (1) and (2), very low resistivity (1-10 ohm-m) anomalies area found in the depth around 10-40 km beneath the surface serpentine body but they are not significant beneath out of the serpentine area. We interpreted them as high fraction of aqueous fluid area related to serpentine forming and bring them to the surface. In the area (3), we found thin sheet-like high resistivity body near the surface embedded to low resistivity body (Ichihara et al., G3). The surface high resistivity correspond to the peridotite because unaltered igneous rocks are basically resistive. The underlying conductive area possibly reflect cretaceous sedimentary rock based on integrated interpretation of geomagnetic anomaly, gravity anomaly and the resistivity distribution. If these interpretations in the area (3) are true, the Horoman peridotite covers over the sedimentary rock, implying the unknown tectonics processes occurred on the south part of Hidaka collision zone.

キーワード：日高衝突帯、蛇紋岩、かんらん岩、MT法、神居古潭帯、2018年胆振地方東部地震
Keywords: Hidaka collision zone, serpentine, peridotite, magnetotelluric, kamui-kotan belt, 2018 eastern Iburi earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長: 佐藤 比呂志(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)

日本列島は地質時代を通じて大陸と海洋の境界部に位置し、その地殻構造にはプレートの沈み込み運動、背弧海盆の形成、島弧-島弧の衝突など多様な造構運動が記録されている。近年の地殻構造探査技術の進展や自然地震観測は、詳細な地殻マントル構造を明らかにしつつある。このような地質時代を通じて形成された地殻-マントル構造は、断層の再活動やレオロジー特性を通じて、地震活動や地殻変動のような現在進行しているテクトニクスにも大きな影響を及ぼしている。構造を一つの軸として、様々な時間帯に及ぶ変形プロセスを総合的に議論することは、現在、日本列島で進行しているテクトニクスを理解する上で重要である。本セッションでは、地質学・地球物理学的な観測をはじめとして様々な手法によって得られた日本列島の地殻・マントル構造を基軸として、地殻構造とレオロジー、地質構造の形成プロセス、変動地形から測地学帯域に及ぶ幅広い時間帯域のテクトニクスについて, 数値実験も含め総合的に議論する。

10:45 ~ 11:00

[SCG57-07] 防災科研S-netデータを活用した日本列島下および太平洋下を含めた三次元地震波速度構造

*松原 誠[1]、佐藤 比呂志[2]、植平 賢司[1]、望月 将志[4]、金沢 敏彦[5]、高橋 成実[1]、鈴木 健介[3]、神谷 眞一郎[1] (1.防災科学技術研究所、2.東京大学地震研究所、3.海洋研究開発機構、4.文部科学省、5.地震予知総合研究振興会)

11:00 ~ 11:15

[SCG57-08] 白亜紀日本の前弧盆地の時空間的広がり

*磯崎 行雄[1]、長谷川 遼[1]、堤 之恭[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)

11:15 ~ 11:30

[SCG57-09] 破片化した過去の前弧砕屑岩類の地体構造上の帰属：関東に散在する浅海/河川成白亜系・古第三系砂岩の砕屑性ジルコンU-Pb年代測定

*長谷川 遼[1]、磯崎 行雄[1]、堤 之恭[2] (1.東京大学大学院総合文化研究科、2.国立科学博物館地学研究部)

11:30 ~ 11:45

[SCG57-10] Laboratory Measurements of Vp, Vs and Vp/Vs for polycrystalline labradorite up to 800°C and 1GPa

*本多 聡子[1]、石川 正弘[1] (1.横浜国立大学環境情報学府)

11:45 ~ 12:00

[SCG57-11] 高分解能反射法地震探査から明らかになった中央構造線活断層系(四国地域)の地下形状

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、越谷 信[2]、佐藤 比呂志[1]、松原 誠[3]、YANO Tomoko Elizabeth[3]、小池 太郎[4]、野田 克也[4] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部システム創成工学科社会基盤・環境コース、3.防災科学技術研究所、4.株式会社ジオシス)

12:00 ~ 12:15

[SCG57-12] **Cenozoic evolution of the Tsushima Strait and the Fukue Basin, southern Sea of Japan: an interplay of tectonics, palaeo-environment, and volcanism**

*Johan S. Claringbould[1]、Hiroshi Sato[1]、Tatsuya Ishiyama[1]、Anne Van Horne[1,2]、Shinji Kawasaki[3]、Susume Abe[4] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming、3.JGI, Inc.、4.JAPEX)

防災科研S-netデータを活用した日本列島下および太平洋下を含めた三次元地震波速度構造

Three-dimensional seismic velocity structure beneath and around Japanese Islands including beneath the Pacific Ocean using NIED S-net data

*松原 誠[1]、佐藤 比呂志[2]、植平 賢司[1]、望月 将志[4]、金沢 敏彦[5]、高橋 成実[1]、鈴木 健介[3]、神谷 眞一郎[1]
*Makoto MATSUBARA[1], Hiroshi Sato[2], Kenji Uehira[1], Masashi Mochizuki[4], Toshihiko Kanazawa[5], Narumi Takahashi[1], Kensuke Suzuki[3], Shinichiro Kamiya[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 海洋研究開発機構、4. 文部科学省、5. 地震予知総合研究振興会
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan , 5. Association for the Development of Earthquake Prediction

1. はじめに

日本海から太平洋にいたる日本列島下の三次元地震波速度構造を推定した。国立研究開発法人防災科学技術研究所は1995年の兵庫県南部地震の後に高感度地震観測網（Hi-net）を、2011年の東北地方太平洋沖地震の後には日本海溝海底地震津波観測網（S-net）を構築した。海洋研究開発機構（JAMSTEC）により構築された地震・津波観測監視システム（DONET）は2016年4月に防災科研に移管された。我々は、防災科研や気象庁・大学などで運用されている地震観測網のデータにトモグラフィー法を適用した。

2. データ・手法

解析領域は日本列島を覆う北緯20～48度、東経120～148度である。Matsubara et al. (2017)の解析データに、2016年4月から2018年6月までの防災科研S-netやDONETやHi-net等の約1500観測点により捉えられた32952個の地震からの直達P波・S波の到達時刻データを解析に用いた。合計112631個の地震からの6356481 個のP波、及び3534482個のS波到達時刻データを用いて解析した。

3. 結果・議論

防災科研S-netの貢献により、太平洋の下では深さ10～20kmの構造が改善された。重要な特徴のひとつは、東北沖から日高衝突帯の西部に至る、南北走向の中生代のリフト構造と考えられる領域である。最近の平成30年北海道胆振東部地震（M6.7）はP波速度の高速度域である下部地殻から上部マントルに関係したリフトの再活性化と関係している可能性がある。

日本海側では北海道から若狭湾にかけての深さ10～40kmの地震波速度構造が明らかになった。P波速度（Vp）高速度域が深さ10-35kmに存在する。西南日本では日本海の沿岸は中庸な速度構造である。この領域の岩石圏の速度構造は中期第三紀の日本海拡大の影響を強く受けている。近年の圧縮場による再活性化により津波を引き起こす地震断層が発達しつつある。岩石圏の構造は、断層構造の解明に向けた不可欠な情報である。

キーワード：地震波トモグラフィー、防災科研S-net、リフト
Keywords: seismic tomography, NIED S-net, rift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

白亜紀日本の前弧盆地の時空間的広がり
Spatio-temporal extent of Cretaceous fore-arc basin in Japan

*磯崎 行雄[1]、長谷川 遼[1]、堤 之恭[1]
*Yukio Isozaki[1], Ryo Hasegawa[1], Yukiyasu Tsutsumi[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系
1. Department of Earth Science and Astronomy, Multi-disciplinary Sciences - General Systems Studies, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

Recent analyses on detrital zircon ages in sandstones calrified various new aspects on characteristics and secular changes in provenance for the fore-arc domain of Cretaceous Japan. The shallow marine to fluvial Cretaceous strata are disrtibuted in multiple zones running almost parallel to the coeval arc-trench system in SW Japan, which is represented by the paired granitoid (Ryoke) and blueschist (Sanbagawa) belts. For example, the Upper Cretaceous Izumi Group in Shikoku and Kii peninsula has been regarded as a typical fore-arc sedimentary package deposited between the coeval grnaitoid and blueschist belts. Much emphasis was given to its origin in a pull-apart setting along an imaginary large strike-slip movement of the Median Textonic Line. Nonetheless, the lastest zircon analyses documented that its spatio-temporal dimentsion was much greater than previously believed, e.g., more than 1000 km along-arc, and nearly 100 km wide across-arc in sapce, and extended up into the Paleocene in age. The Izumi Group likely represnt a remnant of much large sedimentary basin, and its current restircted occurrence, ca. ca. 300 km along arc and ca. 20 km across-arc, was made by large-scale removal of fore-arc crust, probably relevant to the back-arc rifting to open the Japan Sea. The missing fore-arc crust can be properly reconstructed by checking ancient provenance through zircon dating in Kyushu and southern Tohoku district.

キーワード：前弧盆地、砕屑性ジルコン、U-Pb年代測定
Keywords: fore-arc basin, detrital zircon, U-Pb dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

破片化した過去の前弧砕屑岩類の地体構造上の帰属：関東に散在する浅海/河川成白亜系・古第三系砂岩の砕屑性ジルコンU-Pb年代測定
Geotectonic identities of dismembered ancient fore-arc clastics: U-Pb dating of detrital zircons in Cretaceous-Paleogene shallow marine/fluvial sandstones sporadically found in Kanto, central Japan

*長谷川 遼[1]、磯崎 行雄[1]、堤 之恭[2]
*Ryo Hasegawa[1], Yukio Isozaki[1], Yukiyasu Tsutsumi[2]

1. 東京大学大学院総合文化研究科、2. 国立科学博物館地学研究部
1. Department of Earth Science and Astronomy, The University of Tokyo, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

日本列島において、東西の地体構造の西南日本弧と南北配列の東北日本弧とは明瞭な不連続をなすが、これは中新世の背弧海盆拡大の結果だとされている。両弧の接合部は関東地方に想定されるが、厚い第四紀被覆層が基盤を覆う関東平野では詳細が不明である。それでも掘削データや地震波探査に基づき、 関東山地から千葉県銚子地域までは東西方向の帯状配列が追跡される。一方、関東北部については、 八溝山地に露出する美濃・丹波・足尾帯のジュラ紀付加体や領家花崗岩類を除くと、 先新生代基盤の情報が極めて少なく、先日本海の古地理復元における大きな障害となってきた。砂岩中の砕屑性ジルコンの年代測定は後背地解析に極めて有効であり、 既に関東地方でも先行研究がなされている。中畑ほか(2016)は、 関東山地の山中層群と銚子地域の白亜系が堆積相や化石年代のみならず砕屑性ジルコン年代においてもよく一致することを明示し、 その基盤のジュラ紀付加体からなる秩父帯が、 関東平野の下を通って少なくとも銚子地域にまで連続することを確認した。本研究では、 関東地方に散在する複数の白亜系・古第三系について、 砕屑性ジルコンの年代を測定し、各々の後背地の情報に基づき、 地体構造上の帰属の特定を試みた。関東山地西北縁の初谷層、 北関東の那珂湊層群と大洗層、 そして東北地方南部の双葉層群の砂岩について、 また比較のため関東山地北部の神農原礫岩および寄居層砂岩を加えて、 合計12試料について砕屑性ジルコンのU-Pb年代をLA-ICPMSを用いて測定した。その結果、以下の新知見が得られた。１) 関東山地北縁の初谷層および北関東の那珂湊層群はマースリヒティティアンの年代を持ち、 西南日本の代表的上部白亜系である和泉層群の同様の年代スペクトルを持つ。初谷層および那珂湊層群は和泉層群の東方延長とみなされ、白亜紀末のアジア東縁の前弧域に一連の長大な堆積場が、 初生的に広がっていたと推定される。２) 礫岩を伴う関東山地北縁の神農原礫岩、 寄居層、 および北関東の大洗層は、 いずれも古第三紀ダーニアンの地層で、 領家帯で堆積した地層と認定される。３) 阿武隈山地東部の双葉層群は領家帯西方延長をなす九州西部の姫浦層群砂岩の一致する年代スペクトルをもつ。双葉層群は姫浦層群などとともに、 和泉層群よりも一世代古い前弧で堆積した。双葉層群・姫浦層群とその基盤、 また和泉層群とその基盤から構成された白亜紀日本の前弧地殻は、 日本海の拡大に伴い、二次的な分断・変形を被った。とくに白亜紀以降の低角度MTLをつくったテクトニクスによって、 四国から関東までの約1000 kmの領域で領家帯と南側の白亜紀地殻が大規模に消滅した。４）西南日本弧と東北日本弧の境界は、 関東山地-銚子地域と八溝山地-那珂湊地域との間の利根川沿いに延びる潜在断裂帯と、 棚倉構造線という2条の断裂帯に相当する。

キーワード：前弧盆地、砕屑性ジルコン、ウラン-鉛年代、白亜紀、暁新世、関東
Keywords: fore-arc basin, detrital zircon, U-Pb age, Cretaceous, Paleocene, Kanto

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laboratory Measurements of Vp, Vs and Vp/Vs for polycrystalline labradorite up to 800˚C and 1GPa

*本多 聡子[1]、石川 正弘[1]
*Satoko Honda[1], Masahiro Ishikawa[1]

1. 横浜国立大学環境情報学府
1. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

In order to estimate the elastic properties of crustal rock-forming minerals at mid-to-lower crustal P-T conditions, we performed simultaneous measurements of compressional-wave (Vp) and shear-wave (Vs) velocities of the labradorite. In this presentation, we report temperature-pressure dependence of the elastic wave velocity for labradorite, intermediate member of plagioclase feldspars, at crustal P-T condition.

The fine-grained pollycrystalline labradorite was fabricated from the nano-sized powders of crushed natural labradorite crystal ($An_{61}Ab_{37}Or_2$, $An_{65}Ab_{34}Or_1$), and was used for the measurements. After milling and forming mineral powders, sintering was carried out at a temperature of 1180–1210˚C with controlled time. Ultrasonic measurements on these samples were conducted up to 1.0 GPa in a temperature range of 25-800˚C with a piston cylinder high pressure apparatus.

The Vp increase rapidly with pressure increase up to 0.40 GPa at room temperature, while it is moderately increasing between 0.40 and 1.00 GPa. At 1.00GPa up to 800 ˚C, the elastic wave velocities decrease with increasing temperature blow 600 ˚C, δVp/δT and δVs/δT of the labradorite sample (An65Ab34Or1) is -1.6×10^{-4} km/s/˚C, -1.0×10^{-4}km/s/˚C . In contrast, above 600 ˚C , the elastic wave velocities show an increasing trend in the range of 600–800 ˚C . At cooling stage, Vp and Vs show an decreasing trend with decreasing temperature above 400˚C.
Previous studies report that elastic wave velocities of polycrystalline anorthite show an increasing trend in the range of 240–640 ˚C (Matsukage et al 2015) and that a polycrystalline plagioclase ($An_{51\pm1}$) at 1.0 GPa show marked increase in Vp and Vs between 700 and 800 ˚C (Kono et al 2008). They suggest that these discontinuous velocity changes in temperature dependence of Vp and Vs would be associated with phase transformation in plagioclase. However, it is unclear whether our measurements results between 650 and 800˚C is phase transformation, because the phase transformation was not determined on our sample using X-ray diffraction analisys. In addition, the temperature conditions of the discontinuous in Vp and Vs at high temperature is not consistent with the phase boundary previously reported. Phase transformation, therefore, would have been only temporary during the experiment.

キーワード：弾性波速度、曹灰長石多結晶体、焼結
Keywords: elastic wave velocity, polycrystalline labradorite, sintering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高分解能反射法地震探査から明らかになった中央構造線活断層系(四国地域)の地下形状

Shallow to deeper structures of the Median Tectonic Line active fault system in Shikoku illuminated by new hi-resolution seismic reflection profiling, southwest Japan

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、越谷 信[2]、佐藤 比呂志[1]、松原 誠[3]、YANO Tomoko Elizabeth[3]、小池 太郎[4]、野田 克也[4]
*Tatsuya Ishiyama[1], Naoko Kato[1], Shin Koshiya[2], Hiroshi Sato[1], Makoto MATSUBARA[3], Tomoko Elizabeth Yano[3], Taro Koike[4], Katsuya Noda[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 岩手大学理工学部システム創成工学科社会基盤・環境コース、3. 防災科学技術研究所、4. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Science and Engineering, Iwate University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Geosys, Inc.

Median Tectonic Line (MTL) active fault system is one of the most pronounced, trench-parallel active dextral slip faults in SWJapan, extending for approx. 300 km (Okada, 1992). With ubiquitous proximity to the north dipping terrane boundary MTL between Samgawa metamorphic rocks (Sm) and Ryoke granitic rocks to the north, their structural links with active strands of the MTL have been widely discussed. Seismic experiments in Kinki (Wakayama) clearly illuminate that near-surface steeply dipping fault plane appears merge into underlying more shallowly dipping reflectors correlated with top Sm (Sato et al., 2015). In Shikoku, however, previous seismic sections have not fully resolved such structural linkages of the major fault strands of the MTL, whereas pioneering deep seismic experiments successfully imaged northerly dipping MTL (Ito et al., 1995). To define structural characters of the shallow to deeper subsurface geometry, we collected new seismic reflection profiles across MTL active fault system in Shikoku island. Our new, processed seismic profile across the Okamura Fault, Komatsu Fault (Goto and Nakata, 1998), and the MTL and its preliminary interpretation suggest northerly dipping Sambagawa metamorphic rocks beneath the northern flank of the Ishizuchi Mountains and Niihama plain to the north. As is the case with previous seismic results, downward extensions of the MTL apparently dips northward, in contrast to near-surface steep fault planes identified in outcrop and trench exposures. In addition, northerly dipping clouds of microseismicity also suggest its deeper extension. Similarly, in our new seismic profile in Wakimachi, Tokushima, Chichio fault (Okada and Tsutsumi, 1997), active dextral slip fault that dips vertically at ground surface, is apparently underlain by very strong and continuous north dipping reflectors from the top of Sm. This observation also suggests that the Chichio fault may merge into, rather than cut across these Sm reflectors. We will mainly discuss on (1) detailed structural characters identified in the new seismic data, (2) their structural linkages with near-surface structures of the active strands, and (3) implications for overall shallow to deeper geometry of the MTL based on both new and previous seismic data, regional seismicity based on JUICE catalogue (Yano et al., 2017), and crustal structures estimated from seismic tomography (Matsubara et al., 2017).

キーワード：活断層、中央構造線活断層系、反射法地震探査、地震活動、四国
Keywords: Active fault , Median Tectonic Line active fault system, Seismic reflection profile, Seismicity, Shikoku

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cenozoic evolution of the Tsushima Strait and the Fukue Basin, southern Sea of Japan: an interplay of tectonics, palaeo-environment, and volcanism

*Johan S. Claringbould[1], Hiroshi Sato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Anne Van Horne[1,2], Shinji Kawasaki[3], Susume Abe[4]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming, 3. JGI, Inc., 4. JAPEX

The Japanese island arc is tectonically active with earthquake and tsunami hazard along both the Pacific and Sea of Japan coasts. Following the tsunami disaster from the 2001 Off-Tohoku (M9) earthquake, the Japanese government initiated an extensive evaluation of tsunami hazard around Japan. Since records of prior tsunamis along the southern Japan Sea margin are rare, we here investigate the geologic evolution of the SW Japan back-arc basin to identify and analyse potential tsunami source-faults.

Located between SW Japan and the Korean Peninsula, and connecting the Japan Sea and East China Sea, the Tsushima Strait and the Fukue Basin represent a structurally complex region that formed over the last ~25 Ma as a result of several tectonic phases: (i) back-arc rifting and rotation, (ii) post-rift compression, (iii) weak thrusting, and (iv) subsidence and strike-slip deformation. Syn-depositional volcanism and changes in regional palaeo-environment are known from previous studies surrounding this connecting region, but how these factors fit together in the regional tectonic framework is not well understood. In addition to analysing recent seismic reflection data and detailed gravity data, we here re-evaluate extensive seismic reflection profiles and well data of ten boreholes offshore the SW Japan arc. We observe large basement blocks and igneous bodies, and inverted and cross-cut half grabens filled with syn-kinematic deposits. Clear stratal terminations suggest multiple transitions in regional stress regime. The gravity data allow us to link the syn-depositional igneous bodies to previously-dated volcanism onshore. Additionally, planktonic and calcareous nanno-fossils from the well data provide control on absolute timing of different kinematic stages, while benthic foraminifers and pollen show changes in palaeo-water depth, coeval with local, relative palaeo-climate reversals, respectively.

From ~25 Ma pollen data show warming of the local climate in southern Japan Sea side of the Tsushima Strait, while on the East China Sea side in the Fukue Basin relative cooling is observed. This is related to initial rifting, opening up back-arc basin allowing relative warm water to flow through the Tsushima Strait into the Japan Sea warming the local climate, and relative cold water flowing back cooling the local environment in the Fukue Basin on the opposite side of the Tsushima Strait. Subsequently, negative flower structures and large half-grabens filled with over 5400 m of synrift sediments developed between ~18-16 Ma, containing benthic foraminifera suggesting a deepening marine environment. This is linked to the rapid, clock-wise rotation of SW Japan, which pivot point migrates along a dextral oblique normal fault west of Tsushima. At ~15 Ma rift structures are abruptly inverted or cross-cut by thrust faults and wedge thrusts, with microfossils and pollen on the Japan Sea side suggesting shallowing of the palaeo-waterdepth and cooling of the local climate, respectively. Contrary, in the Fukue Basin, the local climate shows relative warming. We suggest that during this compressional tectonic event a topographic sill developed in the Tsushima Strait that cut off water flow between the cooler Japan Sea and the subtropic East China Sea. From ~6 Ma, the local climate on the Japan Sea side warms again contemporarily with deepening of the marine palaeo-environment and deposition of sub-horizontal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pliocene sediments, implying a weakening of the compressional stress and renewed water flow through the Tsushima Strait. These observations along with previously published data of the surrounding areas enable us to better understand the connection between the Cenozoic structural development of the SW Japan arc, and the related the palaeo-environment changes and volcanism. As a result, we are better able to identify potential tsunami-source faults along the southern Japan Sea margin based on our understanding of the structural evolution.

Keywords: Structural evolution, Tsushima Strait, Fukue Basin, Palaeo-environment, Back-arc rift basin, Inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)

日本列島は地質時代を通じて大陸と海洋の境界部に位置し、その地殻構造にはプレートの沈み込み運動、背弧海盆の形成、島弧-島弧の衝突など多様な造構運動が記録されている。近年の地殻構造探査技術の進展や自然地震観測は、詳細な地殻マントル構造を明らかにしつつある。このような地質時代を通じて形成された地殻-マントル構造は、断層の再活動やレオロジー特性を通じて、地震活動や地殻変動のような現在進行しているテクトニクスにも大きな影響を及ぼしている。構造を一つの軸として、様々な時間帯に及ぶ変形プロセスを総合的に議論することは、現在、日本列島で進行しているテクトニクスを理解する上で重要である。本セッションでは、地質学・地球物理学的な観測をはじめとして様々な手法によって得られた日本列島の地殻・マントル構造を基軸として、地殻構造とレオロジー、地質構造の形成プロセス、変動地形から測地学帯域に及ぶ幅広い時間帯域のテクトニクスについて, 数値実験も含め総合的に議論する。

[SCG57-P01] 地震探査による北海道南西沖・日本海盆～渡島半島沿岸部の島弧―背弧海盆域の地殻構造

*佐藤 壮[1]、野 徹雄[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]、石山 達也[2]、佐藤 比呂志[2] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.東京大学地震研究所)

[SCG57-P02] Three-dimensional plate geometry model from the Nankai to the Ryukyu subduction zone

*仲西 理子[1]、高橋 努[1]、山本 揚二朗[1]、山下 幹也[1]、勝山 美奈子[1]、三浦 誠一[1]、高橋 成実[3,1]、鎌田 弘己[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.香川大学、3.防災科学技術研究所)

[SCG57-P03] 下北半島，中新世泊層火山岩類の岩石化学　―微量元素組成およびSr-Nd-Hf-Pb同位体組成―

*相澤 正隆[1]、稲葉 充[2]、岡村 聡[3,4]、新城 竜一[5] (1.琉球大学　理工学研究科、2.GeoPuck Association、3.北海道教育大学、4.北海道土質試験協同組合、5.琉球大学　理学部)

[SCG57-P04] Acceleration of oceanic plate following megathrust earthquakes

*Mohammad Yuzariyadi[1]、Kosuke Heki[1] (1.Hokkaido University)

[SCG57-P05] 南海トラフ周辺海域の三次元速度構造

*勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、新井 麗[1]、田中 恵介[1]、高橋 成実[2]、鎌田 弘己[1]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.香川大学)

[SCG57-P06] 2018年大阪府北部の地震および2018年北海道胆振東部地震地域の地震発生層深さ

*YANO Tomoko Elizabeth[1]、松原 誠[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG57-P07] 中央構造線活断層系（愛媛・徳島地域）を横断する高分解能反射法地震探査

*加藤 直子[1]、石山 達也[1]、佐藤 比呂志[1]、越谷 信[2]、小池 太郎[3]、野田 克也[3] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部、3.株式会社ジオシス)

地震探査による北海道南西沖・日本海盆～渡島半島沿岸部の島弧ー背弧海盆域の地殻構造

Crustal structure from the Japan Sea back-arc basin to the margin off SW Hokkaido deduced from the seismic survey

*佐藤 壮[1]、野 徹雄[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]、石山 達也[2]、佐藤 比呂志[2]
*Takeshi Sato[1], Tetsuo No[1], Shuichi Kodaira[1], Seiichi Miura[1], Tatsuya Ishiyama[2], Hiroshi Sato[2]

1. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2. 東京大学地震研究所
1. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. ERI, Univ. of Tokyo

初期中新世に形成された背弧海盆である日本海の東縁から南縁にかけての縁辺域では，1983年日本海中部地震等のマグニチュード7を超す地震，またこれらの地震による津波が発生し，沿岸部を中心に大きな被害が発生している．またこの領域では，背弧拡大時に形成された正断層が現在の短縮変形によって逆断層として再活動（インバージョンテクトニクス）している断層（例えば，Sato, 1994，Okamura et al., 1995）や，地殻構造の境界域に発達している逆断層（No et al., 2014）が数多く分布している．縁辺域で発生する地震発生メカニズム等の理解のために必要な情報である地殻構造や断層分布等を明らかにするために、日本海背弧海盆域から縁辺域において，マルチチャンネル反射法地震（MCS）探査と海底地震計（OBS）を用いた地震探査（OBS探査）が実施されている（野・他, 2014，No et al., 2018）．その結果，青森沖から鳥取沖の縁辺域では，日本海背弧拡大の影響を受けた地殻構造と被害地震の震源断層を含む活断層や活褶曲の分布が対応し，背弧拡大プロセスと地震発生メカニズムが大きく関係していることがわかってきた（例えば、No et al., 2014、Sato et al., 2014）．

北海道南西沖の海域では，大きな被害を生じた1993年北海道南西沖地震(Mj7.8)が発生し，さらに，南北走向に西傾斜，東傾斜の断層面をもつ活断層が複雑に分布していることが推定されている（例えば、Okamura et al., 1995）．しかしながら，南西沖の背弧海盆域から沿岸域にかけての地殻構造スケールの探査が行われていないため，詳細な地殻構造，断層分布やその傾斜方向ついては不明である．詳細な地殻構造，および構造と断層分布等との関係を明らかにするために，「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環で，2018年4～5月に北海道南西沖の海域において，MCS探査とOBS探査を実施した．

OBS探査は北海道南西沖の奥尻海盆から南部奥尻海嶺，背弧海盆である日本海盆に至る長さ約243 kmの東西方向に，1993年北海道南西沖地震震源域を横断する測線にて実施した．本探査測線は，東京大学地震研究所が実施した陸域の地震探査と併せて海陸統合調査の一部となっている．OBS探査は最大容量7,800 cubic inchのエアガンアレーとOBS57台を用いた．OBS探査と同一測線で実施したMCS探査は，上記のエアガンアレーと長さ約5,800 mのマルチチャンネルストリーマケーブルを用いている（野・他，本学会）．得られたOBS記録，MCS記録ともに良好である．

暫定的な結果では，背弧海盆である日本海盆の地殻は薄く，海洋性地殻の特徴に類似している．地殻構造は海盆から南部奥尻海嶺，沿岸域にいくにしたがい変化し，特に海盆と南部奥尻海嶺の境界域において，地殻構造は大きく変化している．また南部奥尻海嶺の上部地殻の速度分布は朝鮮半島の大陸性上部地殻に対応するP波速度5.4～6.2 km/sの部分を持ち，日本海盆の速度分布と大きく異なっている．また南部奥尻海嶺から奥尻海盆のP波速度は不均質に分布している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Three-dimensional plate geometry model from the Nankai to the Ryukyu subduction zone

*仲西 理子[1]、高橋 努[1]、山本 揚二朗[1]、山下 幹也[1]、勝山 美奈子[1]、三浦 誠一[1]、高橋 成実[3,1]、鎌田 弘己[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2,1]
*Ayako Nakanishi[1], Tsutomu Takahashi[1], Yojiro Yamamoto[1], Mikiya Yamashita[1], Minako KATSUYAMA[1], Seiichi Miura[1], Narumi Takahashi[3,1], Hiromi Kamata[1], Shuichi Kodaira[1], Yoshiyuki Kaneda[2,1]

1. 海洋研究開発機構、2. 香川大学、3. 防災科学技術研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kagawa University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Considering the large slip distribution of the 2004 Sumatra earthquake, possible coseismic rupture area of megathrust earthquakes from the Tokai to Ryukyu cannot be denied. Characteristics of occurrence of great earthquakes is also different between these neighboring subduction zones. Historically, megathrust earthquakes have been generated repeatedly along the Nankai Trough at intervals of approximately 100-200yrs (e.g. Ando, 1975).Along the Ryukyu Trench, although great earthquakes have occurred only twice over the last 300 years: the 1771 Yaeyama earthquakes and the 1911 earthquake off Kikai, recent studies of tsunami deposits indicated that the Ryukyu Islands have been periodically hit by large tsunamis with an interval of several hundred years [e.g. Ando et al., 2017]. Moreover, the coupling condition of the plate interface along the Ryukyu Trench is different from that of the Nankai Trough based on the seismic survey and observations [Arai et al. 2016]. They reported that the Ryukyu Trench is dominated by slow earthquakes at any depths and lacks a typical locked zone such as the Nankai Trough.
To understand relation between the structure around the subducting Philippine Sea plate and seismicity including slow earthquake phenomena, it is necessary to know the geometry and property of the plate boundary from the Nankai to the Ryukyu subduction zone. Three-dimensional plate geometry model will be also important for a precise estimate of the maximum range of the coseismic rupture zone of the Nankai megathrust earthquake. The model is also very useful to construct a new three-dimensional seismic velocity model of the Nankai Trough for depth conversion of interpreted active faults in time section of seismic reflection data [Katsuyama et al., 2019 JPGU].
Based on the result (three-dimensional plate geometry model of the Nankai Trough) from marine active and passive source seismic data [Nakanishi et al., 2018], three-dimensional plate geometry model from Nankai to Ryukyu subduction zone is tried to be constructed using the result of seismic studies around the Ryukyu Trench [Iwasaki et al, 1990; Kodaira et al., 1996; Arai et al., 2016, 2017; Nishizawa et al, 2017; Yamamoto et al., 2018].The model of Nakanishi et al. [2018] is also updated by using the result of deep seismic tomography off the Kii peninsula [Yamamoto et al., 2014, 2017].
In this presentation, a preliminary version of the combined three-dimensional model will be shown.
This study is part of 'Research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunamis around the Nankai trough region' and the project 'Comprehensive evaluation of faults information on offshore Japan' funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

キーワード：沈み込むプレート、南海トラフ、琉球海溝
Keywords: subducting plate, Nankai Trough, Ryukyu Trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

下北半島，中新世泊層火山岩類の岩石化学　ー微量元素組成および Sr-Nd-Hf-Pb同位体組成ー
Trace elements and Sr-Nd-Hf-Pb isotopic composition of Miocene Tomari volcanic rocks, Shimokita Peninsula, Aomori, NE Japan

*相澤 正隆[1]、稲葉 充[2]、岡村 聡[3,4]、新城 竜一[5]
*Masataka Aizawa[1], Mitsuru Inaba[2], Satoshi Okamura[3,4], Ryuichi Shinjo[5]

1. 琉球大学　理工学研究科、2. GeoPuck Association、3. 北海道教育大学、4. 北海道土質試験協同組合、5. 琉球大学　理学部
1. Graduate School of Engineering and Sience, University of Ryukyus, 2. GeoPuck Association, 3. Hokkaido Education University, 4. Hokkaido Soil Research Co-op., 5. Faculty of Science, University of Ryukyus

はじめに

中新世の東北日本弧火山フロントにあたる青森県下北半島の泊層火山岩類は，未分化ソレアイト質玄武岩がみられるなど（滝本，1986，岩鉱），日本海拡大を引き起こしたアセノスフェア湧昇流との関連が強く示唆される．本層は13～15 MaのK-Ar年代値を示し（Watanabe *et al.*, 1993, *J. Min. Petr. Geol.*），4つの火山活動ステージに区分されI期からIV期へ活動時代が新しくなる（周藤ほか，1988，地質雑）．本研究では，青森県むつ市において原子力規制庁により掘削されたボーリング試料（SN-010；掘止深度1484 m）を用いる．本コアは308.82 m以深に泊層火山岩がみられ，深度385 mで13.1～14.5 Maの微化石年代，および467 mで16.0 Ma，818 mで24.2 MaのU-Pb年代が得られている（原子力規制庁，2016）．

泊層火山岩の岩相と産状

本研究では，SN-010コアの8つの深度，および地表のI期，II期の泊層火山岩から試料を採取した．
＜563.48-563.70 m＞火山角礫岩
＜862.26-862.42 m＞溶岩
＜999.00-999.16 m＞火山礫凝灰岩
＜1003.20-1003.35 m＞溶岩
＜1197.86-1200.00 m＞火山礫凝灰岩
＜1246.40-1246.55 m＞火山礫凝灰岩
＜1335.87-1336.00 m＞火山礫凝灰岩
＜1482.00-1482.27 m＞火山礫凝灰岩
地表のI期火山岩は，赤色の火山円礫が層状構造を示す堆積層中にみられ，枕状溶岩の産状を示すことがある．II期火山岩は枕状溶岩・ハイアロクラスタイトを中心とする．

地球化学的特徴

コアの泊層火山岩類は，浅部コア（862.26 m以浅）と中部コア（999.00 mー1003.20 m）が中間K系列，深部コア（1197.86 m以深）が低K系列を示す．不適合元素濃度は浅～中部コアで高い傾向があり，特にLILEで顕著である．地表のI期・II期泊層火山岩は中間K系列を示し，不適合元素の傾向は浅～中部コアに類似する．N-MORB規格化パターンはいずれも高いLILE，Nb-Taの負異常，Pbの正異常がみられ，沈み込み帯における火成活動の特徴を示す．Sr-Nd同位体組成は，中～深部コアはやや枯渇した組成，浅部コアはやや肥沃な組成を示す．Pb同位体組成は層準ごとの明瞭な差異は見られず，いずれも東北日本弧の第四紀火山フロント火山岩の組成範囲にプロットされる．なお，発表ではHf同位体組成も報告する予定である．未分化ソレアイト質玄武岩は地表のII期火山岩に産出し，最も肥沃な同位体組成を示す（Hanyu *et al.*, 2006, *G*^{3}）．この未分化玄武岩を含む地表の火山岩と浅～中部コアは，深部コアに比べてより高いBa/Nbを有する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海拡大イベントとの関係

SN-010コアの年代値は，泊層の活動が後期漸新世～前期中新世には既に開始していたことを示唆する．全岩化学組成は563.48 mの試料と地表の泊層I期火山岩が類似することから，本コア上部が泊層I期に対比される可能性がある（相澤ほか，2018，地質学会）．

未分化玄武岩の肥沃な同位体組成は，下部地殻の混染では高いMgO，Cr，Ni含有量を説明できない．また浅～中部コアと未分化玄武岩の高Ba/Nbと，中～深部コアの高$^{143}Nd/^{144}Nd$の枯渇組成から，深部コアの火山岩はDMM寄りの同位体組成のマントルの部分融解により生じ，中部コアは同様のマントルで沈み込み流体による汚染の程度がより高かった（高Ba/Nb）可能性がある．その後，浅部コアと地表のI期，II期火山岩は，やや肥沃な組成のリソスフェアマントル（EM IIに似た同位体組成）が部分融解したメルトに由来したと考えられる．

深部コアの1482.00 mと1335.87 mに赤色の火山礫，中部コアの999.00 mに基質が赤色の火山礫凝灰岩が産出し，これらの産状は陸域環境での火山活動を示唆する．浅部コアでは定置環境を判別できる証拠は見られないが，地表のI期火山岩は層状構造を示す堆積層中に赤色の火山円礫や枕状溶岩がみられ，II期火山岩は枕状溶岩やハイアロクラスタイトを中心とすることから，後期漸新世～中期中新世にかけてのリフティングにともなって，火山活動の定置環境が変化していったと考えられる．リソスフェアのリフティングがアセノスフェアの貫入により引き起こされているとすれば，マグマが枯渇的な組成から肥沃な組成に移行する地球化学的特徴は，高温のアセノスフェア湧昇流により部分融解深度が変化していることを示唆している可能性がある．

キーワード：中新世、火山フロント、日本海、背弧海盆、泊火山岩
Keywords: Miocene, Volcanic front, Japan Sea, Back-arc basin, Tomari volcanic rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Acceleration of oceanic plate following megathrust earthquakes

*Mohammad Yuzariyadi[1], Kosuke Heki[1]

1. Hokkaido University

Accelerated subduction of tectonic plates following megathrust earthquakes was proposed by D. Anderson (1975, Science). Heki and Mitsui (2013 EPSL) found postseismic enhancements of inter-plate coupling in the adjacent segments of the 2003 Tokachi-Oki and the 2011 Tohoku-Oki earthquakes. They hypothesized that these earthquakes caused accelerated subduction of the Pacific plate slab in addition to already-known postseismic processes such as afterslip and viscous relaxation. Melnick et al. (2017 GRL) found a similar enhancement of coupling to the north of the 2010 Maule earthquake rupture zone, and Loveless (2017 GRL) considered this a common phenomenon after megathrust earthquakes and named it as the super-interseismic phase. Accelerated subduction occurs during a period after the earthquakes, but its duration and amount depend on the magnitude. Here we investigate how long and how much is the acceleration over the time period covering several years after the earthquakes. So far, we have been using data from GNSS stations on arcs near the segments adjacent to megathrust ruptures. In the present study, we use data from GNSS stations on the subducting oceanic plates and on a subducted continental plate.

We present GNSS velocity data from oceanic islands showing post-megathrust accelerations. They include the Marcus Island (1098), Japan, that showed significant acceleration following the Mw 9 2011-3-11 Tohoku-Oki Earthquake. The Cocos Island (COCO), Australia, seems to have been accelerated after the Mw 8.4 2007-9-12 Bengkulu earthquake, Southern Sumatra. The JRGN in the west coast tip of Chile was accelerated after the Mw 8.2 2014-4-1 Iquique Earthquake. We also found there was a certain velocity change in Christmas Island (XMIS), Australia, after the Mw 7.7 2006-7-17 South Java earthquake. All stations are located on the oceanic plate except JRGN that is located on the continental plate.

Marcus Island (1098) GNSS station showed a significant velocity change after the 2011 Tohoku-Oki Earthquake. The maximum transient acceleration occurred in the period 2-3 years following the earthquake with a maximum velocity change of 9.4 mm/yr. After 3.0 years, The acceleration has been decaying, and the original velocity resumed by now. Cocos Island (COCO) GNSS station shows that the maximum transient acceleration occurred between 0.75-1.5 years after the 2007 Bengkulu earthquake with a maximum change of 4.9 mm/yr. After 1.5 years, the acceleration has decayed and has been showing the velocity similar to the value before the earthquake since 4.5 years after the earthquake. Chile (JRGN) GNSS station shows that the transient acceleration reached the maximum in ~1 year after the 2014 Iquique earthquake with a maximum change of 4.7 mm/yr. The accelerated velocity decayed to the original value in 2.5 years after that. The acceleration of the Christmas Island (XMIS) GNSS station was 2.7 mm/yr and occurred in ~1.0 year after the 2006 South Java earthquake. The acceleration seems to have decayed in 2.5 years after the earthquake.

In general, we found that the transient acceleration of oceanic plate occurs shortly after a megathrust earthquake and continue over a certain period. Then it decays, and finally the velocity before earthquake recovers in a few years.

Keywords: megathrust earthquake, plate acceleration, Subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ周辺海域の三次元速度構造
3D velocity model in the region of Nankai Trough

*勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、新井 麗[1]、田中 恵介[1]、高橋 成実[2]、鎌田 弘己[1]、金田 義行[3]
*Minako KATSUYAMA[1], Ayako Nakanishi[1], Rei Arai[1], Shigeyoshi Tanaka[1], Narumi Takahashi[2], Hiromi Kamata[1], Yoshiyuki Kaneda[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、3. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Kagawa University

This is a part of the project “Comprehensive evaluation of faults information on offshore Japan”, by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). The project consists of three themes, 1) Collecting seismic survey data and building a database of offshore faults, 2) Interpreting distribution of active faults using seismic data collected, and conducting the seismic re-processing by leading-edge seismic technology for the seismic data obtained in previous decades, 3) Building the fault models for a simulation of strong motion and tsunami disaster, based on the interpreted faults. Our purpose of this study is make a 3D velocity model in the Nankai Trough to provide with the support we needs to interpret faults.
The Nankai Trough, where the Philippine sea plate is subducting beneath the Eurasian plate. Some seamounts and ridges are subducted here.
3D velocity model was constructed by seismic data and ocean bottom seismometer(OBS) refraction survey data which were obtained by a various agencies and private companies. Horizons such as acoustic basment and unconformity were interpreted using reflection seismic sections. Conrad discontinuity and Mohorovicic discontinuity were interpreted on refraction surveys and consulted previous study. Layer structure and velocity model were created on these horizons.
We obtain a result that understands geological structure in Nankai Trough. So in this session, we will take a discussion concerning structural characteristic based on the 3D velocity model.

キーワード：3次元速度構造、南海トラフ、沈み込み帯
Keywords: 3D velocity model , Nankai Trough, subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年大阪府北部の地震および2018年北海道胆振東部地震地域の地震発生層深さ
Depth of seismogenic layer at the 2018 North Osaka and the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake sites

*YANO Tomoko Elizabeth[1]、松原 誠[1]
*Tomoko Elizabeth Yano[1], Makoto MATSUBARA[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute of Earth Science and Disaster Prevention

背景：
活断層周辺の地震発生層を理解することは、その断層上で起こり得る地殻内地震の最大規模を予測する上で重要である。地震発生層の深さはまた、地殻のレオロジーにも関連するため、脆性領域の深さも示している。D95 (あるグリッド内で発生した地震を地表から数えた個数が全地震の95%となるまでの深さ) は、過去の微小地震活動から求めることができる。この研究の目的は、D95が地震発生層の深部限界を示す指標となっているかどうかを検証することであり、2018年大阪府北部の地震と2018年北海道胆振東部地震が発生する前の段階で、本震前の微小地震活動から地震発生層の下限を予測できたかどうかを調べた。

データ・手法：
D95は各本震前の地震活動から計算される。本研究ではDD法により震源再決定されたJUICEカタログ（2001-2012）のイベントカタログを使用した。 JUICEカタログに掲載されているM1.5以上のイベントから、0.02°間隔の格子点ごとにD95を計算した。格子点から0.1°の範囲内にあるイベントの総数が50個以上となる格子のみを対象とした。

また、地下の温度データから推定された摂氏250度、300度、および450度の深度と地震の深さとの対応を確認した。地表から深さ約300 mまで、および深さ約1000 mまでの温度プロファイルを含むデータセットを使用して、地殻内温度が250、300、450度に達する深さ(D250deg、D300deg、D450deg) を計算した。

結果：
2018年大阪府北部の地震では、再決定された本震の震源は深さ13.7 kmであるのに対し、再決定した余震は主に深さ8～14 kmに分布する。余震域のD95は深さ13 kmから14 kmの間と計算された。 また、D250degからD450degまでの範囲は深さ10 kmから24 kmであり、 D300degは約13kmだった。

2018年北海道胆振東部地震では、本震の再決定震源の深さは35.9 kmであるのに対し、再決定された余震は、主に深さ25～50 kmの範囲に分布する。 D95はおよそ25 kmと推定され、D250degからD400degまでの範囲は深さ10 kmから34 kmと推定された。

議論・結論：
2018年大阪府北部の地震については、D95を地震発生層の下限とすることと、本震と余震の分布に矛盾はなかった。一方で、2018年北海道胆振東部地震のD95は、実際の震源分布と整合していない。D95は本震よりも約10 km浅く、最も深い余震に比べ約25 km浅かった。本研究では、本震の西側に位置する石狩低地東縁断層帯の地震活動を用いてD95を算出した。そのため、このD95は石狩低地東縁断層帯の地震発生層の下限を示したものであり、2018年北海道胆振東部地震の断層そのものを反映したものではないことが、本震－余震の分布とD95における矛盾の原因と考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地震発生層、大阪府北部、北海道胆振東部、地震、地殻熱流量
Keywords: seismogenic depth, North Osaka, Hokkaido Eastern Iburi, Earthquake, heat flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線活断層系（愛媛・徳島地域）を横断する高分解能反射法地震探査

Seismic reflection profiling across the Median Tectonic Line (MTL) active fault system in Ehime and Tokushima Prefectures

*加藤 直子[1]、石山 達也[1]、佐藤 比呂志[1]、越谷 信[2]、小池 太郎[3]、野田 克也[3]
*Naoko Kato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Hiroshi Sato[1], Shin Koshiya[2], Taro Koike[3], Katsuya Noda[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 岩手大学理工学部、3. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Research Institute,University of Tokyo, 2. Faculty of science and engineering, Iwate University, 3. Geosys, Inc.

The Median Tectonic Line (MTL) is the most significant inland fault in SW Japan, which extends more than 1000 km and divides SW Japan into the inner and outer zone. The western part of the MTL shows late Quaternary right-lateral strike-slip movements at several mm/y (eg. Tsutsumi and Okada, 1996). According to the seismic reflection profile, northward gently dipping character of the Median Tectonic Line has already been suggested in the eastern Shikoku (Ito et al., 1996) and eastern Kyushu (Yusa et al., 1992). For the deeper extension of MTL, north-dipping geometry was obtained by low-fold seismic reflection images in Shikoku island (Kawamura et al., 2003; Sato et al., 2005). For the MTL active fault system, the geometry of its deeper extension is poorly understood in Shikoku island. To reveal deeper geometry of fault surface, shallow to deep seismic reflection profiling was performed in Ehime and Tokushima Prefectures. This research was performed as a research program funded by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.
Three seismic lines were deployed perpendicular to the MTL and major geologic boundaries. The length of seismic lines is 11 km (Saijo area, Ehime), 4.8 km (Wakimachi area, Tokushima) and 6.4 km (Awa area, Tokushima). To obtain a high-resolution seismic image of the shallow part of MTL, a 10-m spacing receiver array was formed using offline recorders. The seismic source was vibroseis trucks. The sweep signals (5-100 Hz for high resolution reflection profiling, 5-40 Hz for refraction profiling) were recorded 10 Hz vertical geophones. The seismic data were processed using conventional CMP-reflection methods. The high-energy shot gathers at Saijo seismic line clearly demonstrate the reflectors at 1.5, 2-3, 4 sec. (Two-way travel time). The reflectors from 2-3 s (TWT) are interpreted as northward dipping Sambagawa Metamorphic belt. The seismic sections portray the seismic image down to 2 km in Wakimachi and Awa area. The reflectors are interpreted as northward dipping Sambagawa Metamorphic belt. These structural characters found in the seismic section may show that the deeper extension of MTL shows northward dipping in Shikoku.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_34

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)

日本列島は地質時代を通じて大陸と海洋の境界部に位置し、その地殻構造にはプレートの沈み込み運動、背弧海盆の形成、島弧-島弧の衝突など多様な造構運動が記録されている。近年の地殻構造探査技術の進展や自然地震観測は、詳細な地殻マントル構造を明らかにしつつある。このような地質時代を通じて形成された地殻-マントル構造は、断層の再活動やレオロジー特性を通じて、地震活動や地殻変動のような現在進行しているテクトニクスにも大きな影響を及ぼしている。構造を一つの軸として、様々な時間帯に及ぶ変形プロセスを総合的に議論することは、現在、日本列島で進行しているテクトニクスを理解する上で重要である。本セッションでは、地質学・地球物理学的な観測をはじめとして様々な手法によって得られた日本列島の地殻・マントル構造を基軸として、地殻構造とレオロジー、地質構造の形成プロセス、変動地形から測地学帯域に及ぶ幅広い時間帯域のテクトニクスについて, 数値実験も含め総合的に議論する。

[SCG57-P01] 地震探査による北海道南西沖・日本海盆～渡島半島沿岸部の島弧―背弧海盆域の地殻構造

*佐藤 壮[1]、野 徹雄[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]、石山 達也[2]、佐藤 比呂志[2] (1.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2.東京大学地震研究所)

[SCG57-P02] Three-dimensional plate geometry model from the Nankai to the Ryukyu subduction zone

*仲西 理子[1]、高橋 努[1]、山本 揚二朗[1]、山下 幹也[1]、勝山 美奈子[1]、三浦 誠一[1]、高橋 成実[3,1]、鎌田 弘己[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.香川大学、3.防災科学技術研究所)

[SCG57-P03] 下北半島，中新世泊層火山岩類の岩石化学　―微量元素組成およびSr-Nd-Hf-Pb同位体組成―

*相澤 正隆[1]、稲葉 充[2]、岡村 聡[3,4]、新城 竜一[5] (1.琉球大学　理工学研究科、2.GeoPuck Association、3.北海道教育大学、4.北海道土質試験協同組合、5.琉球大学　理学部)

[SCG57-P04] Acceleration of oceanic plate following megathrust earthquakes

*Mohammad Yuzariyadi[1]、Kosuke Heki[1] (1.Hokkaido University)

[SCG57-P05] 南海トラフ周辺海域の三次元速度構造

*勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、新井 麗[1]、田中 恵介[1]、高橋 成実[2]、鎌田 弘己[1]、金田 義行[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人防災科学技術研究所、3.香川大学)

[SCG57-P06] 2018年大阪府北部の地震および2018年北海道胆振東部地震地域の地震発生層深さ

*YANO Tomoko Elizabeth[1]、松原 誠[1] (1.防災科学技術研究所)

[SCG57-P07] 中央構造線活断層系（愛媛・徳島地域）を横断する高分解能反射法地震探査

*加藤 直子[1]、石山 達也[1]、佐藤 比呂志[1]、越谷 信[2]、小池 太郎[3]、野田 克也[3] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部、3.株式会社ジオシス)

地震探査による北海道南西沖・日本海盆～渡島半島沿岸部の島弧ー背弧海盆域の地殻構造

Crustal structure from the Japan Sea back-arc basin to the margin off SW Hokkaido deduced from the seismic survey

*佐藤 壮[1]、野 徹雄[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]、石山 達也[2]、佐藤 比呂志[2]
*Takeshi Sato[1], Tetsuo No[1], Shuichi Kodaira[1], Seiichi Miura[1], Tatsuya Ishiyama[2], Hiroshi Sato[2]

1. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2. 東京大学地震研究所
1. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. ERI, Univ. of Tokyo

初期中新世に形成された背弧海盆である日本海の東縁から南縁にかけての縁辺域では，1983年日本海中部地震等のマグニチュード7を超す地震，またこれらの地震による津波が発生し，沿岸部を中心に大きな被害が発生している．またこの領域では，背弧拡大時に形成された正断層が現在の短縮変形によって逆断層として再活動（インバージョンテクトニクス）している断層（例えば，Sato, 1994，Okamura et al., 1995）や，地殻構造の境界域に発達している逆断層（No et al., 2014）が数多く分布している．縁辺域で発生する地震発生メカニズム等の理解のために必要な情報である地殻構造や断層分布等を明らかにするために、日本海背弧海盆域から縁辺域において，マルチチャンネル反射法地震（MCS）探査と海底地震計（OBS）を用いた地震探査（OBS探査）が実施されている（野・他, 2014，No et al., 2018）．その結果，青森沖から鳥取沖の縁辺域では，日本海背弧拡大の影響を受けた地殻構造と被害地震の震源断層を含む活断層や活褶曲の分布が対応し，背弧拡大プロセスと地震発生メカニズムが大きく関係していることがわかってきた（例えば、No et al., 2014、Sato et al., 2014）．

北海道南西沖の海域では，大きな被害を生じた1993年北海道南西沖地震(Mj7.8)が発生し，さらに，南北走向に西傾斜，東傾斜の断層面をもつ活断層が複雑に分布していることが推定されている（例えば、Okamura et al., 1995）．しかしながら，南西沖の背弧海盆域から沿岸域にかけての地殻構造スケールの探査が行われていないため，詳細な地殻構造，断層分布やその傾斜方向ついては不明である．詳細な地殻構造，および構造と断層分布等との関係を明らかにするために，「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環で，2018年4～5月に北海道南西沖の海域において，MCS探査とOBS探査を実施した．

OBS探査は北海道南西沖の奥尻海盆から南部奥尻海嶺，背弧海盆である日本海盆に至る長さ約243 kmの東西方向に，1993年北海道南西沖地震震源域を横断する測線にて実施した．本探査測線は，東京大学地震研究所が実施した陸域の地震探査と併せて海陸統合調査の一部となっている．OBS探査は最大容量7,800 cubic inchのエアガンアレーとOBS57台を用いた．OBS探査と同一測線で実施したMCS探査は，上記のエアガンアレーと長さ約5,800 mのマルチチャンネルストリーマケーブルを用いている（野・他，本学会）．得られたOBS記録，MCS記録ともに良好である．

暫定的な結果では，背弧海盆である日本海盆の地殻は薄く，海洋性地殻の特徴に類似している．地殻構造は海盆から南部奥尻海嶺，沿岸域にいくにしたがい変化し，特に海盆と南部奥尻海嶺の境界域において，地殻構造は大きく変化している．また南部奥尻海嶺の上部地殻の速度分布は朝鮮半島の大陸性上部地殻に対応するP波速度5.4～6.2 km/sの部分を持ち，日本海盆の速度分布と大きく異なっている．また南部奥尻海嶺から奥尻海盆のP波速度は不均質に分布している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Three-dimensional plate geometry model from the Nankai to the Ryukyu subduction zone

*仲西 理子[1]、高橋 努[1]、山本 揚二朗[1]、山下 幹也[1]、勝山 美奈子[1]、三浦 誠一[1]、高橋 成実[3,1]、鎌田 弘己[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2,1]
*Ayako Nakanishi[1], Tsutomu Takahashi[1], Yojiro Yamamoto[1], Mikiya Yamashita[1], Minako KATSUYAMA[1], Seiichi Miura[1], Narumi Takahashi[3,1], Hiromi Kamata[1], Shuichi Kodaira[1], Yoshiyuki Kaneda[2,1]

1. 海洋研究開発機構、2. 香川大学、3. 防災科学技術研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kagawa University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Considering the large slip distribution of the 2004 Sumatra earthquake, possible coseismic rupture area of megathrust earthquakes from the Tokai to Ryukyu cannot be denied. Characteristics of occurrence of great earthquakes is also different between these neighboring subduction zones. Historically, megathrust earthquakes have been generated repeatedly along the Nankai Trough at intervals of approximately 100-200yrs (e.g. Ando, 1975).Along the Ryukyu Trench, although great earthquakes have occurred only twice over the last 300 years: the 1771 Yaeyama earthquakes and the 1911 earthquake off Kikai, recent studies of tsunami deposits indicated that the Ryukyu Islands have been periodically hit by large tsunamis with an interval of several hundred years [e.g. Ando et al., 2017]. Moreover, the coupling condition of the plate interface along the Ryukyu Trench is different from that of the Nankai Trough based on the seismic survey and observations [Arai et al. 2016]. They reported that the Ryukyu Trench is dominated by slow earthquakes at any depths and lacks a typical locked zone such as the Nankai Trough.
To understand relation between the structure around the subducting Philippine Sea plate and seismicity including slow earthquake phenomena, it is necessary to know the geometry and property of the plate boundary from the Nankai to the Ryukyu subduction zone. Three-dimensional plate geometry model will be also important for a precise estimate of the maximum range of the coseismic rupture zone of the Nankai megathrust earthquake. The model is also very useful to construct a new three-dimensional seismic velocity model of the Nankai Trough for depth conversion of interpreted active faults in time section of seismic reflection data [Katsuyama et al., 2019 JPGU].
Based on the result (three-dimensional plate geometry model of the Nankai Trough) from marine active and passive source seismic data [Nakanishi et al., 2018], three-dimensional plate geometry model from Nankai to Ryukyu subduction zone is tried to be constructed using the result of seismic studies around the Ryukyu Trench [Iwasaki et al, 1990; Kodaira et al., 1996; Arai et al., 2016, 2017; Nishizawa et al, 2017; Yamamoto et al., 2018].The model of Nakanishi et al. [2018] is also updated by using the result of deep seismic tomography off the Kii peninsula [Yamamoto et al., 2014, 2017].
In this presentation, a preliminary version of the combined three-dimensional model will be shown.
This study is part of 'Research project for compound disaster mitigation on the great earthquakes and tsunamis around the Nankai trough region' and the project 'Comprehensive evaluation of faults information on offshore Japan' funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

キーワード：沈み込むプレート、南海トラフ、琉球海溝
Keywords: subducting plate, Nankai Trough, Ryukyu Trench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

下北半島，中新世泊層火山岩類の岩石化学　ー微量元素組成および Sr-Nd-Hf-Pb同位体組成ー
Trace elements and Sr-Nd-Hf-Pb isotopic composition of Miocene Tomari volcanic rocks, Shimokita Peninsula, Aomori, NE Japan

*相澤 正隆[1]、稲葉 充[2]、岡村 聡[3,4]、新城 竜一[5]
*Masataka Aizawa[1], Mitsuru Inaba[2], Satoshi Okamura[3,4], Ryuichi Shinjo[5]

1. 琉球大学　理工学研究科、2. GeoPuck Association、3. 北海道教育大学、4. 北海道土質試験協同組合、5. 琉球大学　理学部
1. Graduate School of Engineering and Sience, University of Ryukyus, 2. GeoPuck Association, 3. Hokkaido Education University, 4. Hokkaido Soil Research Co-op., 5. Faculty of Science, University of Ryukyus

はじめに

中新世の東北日本弧火山フロントにあたる青森県下北半島の泊層火山岩類は，未分化ソレアイト質玄武岩がみられるなど（滝本，1986，岩鉱），日本海拡大を引き起こしたアセノスフェア湧昇流との関連が強く示唆される．本層は13～15 MaのK-Ar年代値を示し（Watanabe *et al.*, 1993, *J. Min. Petr. Geol.*），4つの火山活動ステージに区分されI期からIV期へ活動時代が新しくなる（周藤ほか，1988，地質雑）．本研究では，青森県むつ市において原子力規制庁により掘削されたボーリング試料（SN-010；掘止深度1484 m）を用いる．本コアは308.82 m以深に泊層火山岩がみられ，深度385 mで13.1～14.5 Maの微化石年代，および467 mで16.0 Ma，818 mで24.2 MaのU-Pb年代が得られている（原子力規制庁，2016）．

泊層火山岩の岩相と産状

本研究では，SN-010コアの8つの深度，および地表のI期，II期の泊層火山岩から試料を採取した．
＜563.48-563.70 m＞火山角礫岩
＜862.26-862.42 m＞溶岩
＜999.00-999.16 m＞火山礫凝灰岩
＜1003.20-1003.35 m＞溶岩
＜1197.86-1200.00 m＞火山礫凝灰岩
＜1246.40-1246.55 m＞火山礫凝灰岩
＜1335.87-1336.00 m＞火山礫凝灰岩
＜1482.00-1482.27 m＞火山礫凝灰岩
地表のI期火山岩は，赤色の火山円礫が層状構造を示す堆積層中にみられ，枕状溶岩の産状を示すことがある．II期火山岩は枕状溶岩・ハイアロクラスタイトを中心とする．

地球化学的特徴

コアの泊層火山岩類は，浅部コア（862.26 m以浅）と中部コア（999.00 mー1003.20 m）が中間K系列，深部コア（1197.86 m以深）が低K系列を示す．不適合元素濃度は浅～中部コアで高い傾向があり，特にLILEで顕著である．地表のI期・II期泊層火山岩は中間K系列を示し，不適合元素の傾向は浅～中部コアに類似する．N-MORB規格化パターンはいずれも高いLILE，Nb-Taの負異常，Pbの正異常がみられ，沈み込み帯における火成活動の特徴を示す．Sr-Nd同位体組成は，中～深部コアはやや枯渇した組成，浅部コアはやや肥沃な組成を示す．Pb同位体組成は層準ごとの明瞭な差異は見られず，いずれも東北日本弧の第四紀火山フロント火山岩の組成範囲にプロットされる．なお，発表ではHf同位体組成も報告する予定である．未分化ソレアイト質玄武岩は地表のII期火山岩に産出し，最も肥沃な同位体組成を示す（Hanyu *et al.*, 2006, *G*^{3}）．この未分化玄武岩を含む地表の火山岩と浅～中部コアは，深部コアに比べてより高いBa/Nbを有する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海拡大イベントとの関係

SN-010コアの年代値は，泊層の活動が後期漸新世～前期中新世には既に開始していたことを示唆する．全岩化学組成は563.48 mの試料と地表の泊層I期火山岩が類似することから，本コア上部が泊層I期に対比される可能性がある（相澤ほか，2018，地質学会）．

未分化玄武岩の肥沃な同位体組成は，下部地殻の混染では高いMgO，Cr，Ni含有量を説明できない．また浅～中部コアと未分化玄武岩の高Ba/Nbと，中～深部コアの高$^{143}Nd/^{144}Nd$の枯渇組成から，深部コアの火山岩はDMM寄りの同位体組成のマントルの部分融解により生じ，中部コアは同様のマントルで沈み込み流体による汚染の程度がより高かった（高Ba/Nb）可能性がある．その後，浅部コアと地表のI期，II期火山岩は，やや肥沃な組成のリソスフェアマントル（EM IIに似た同位体組成）が部分融解したメルトに由来したと考えられる．

深部コアの1482.00 mと1335.87 mに赤色の火山礫，中部コアの999.00 mに基質が赤色の火山礫凝灰岩が産出し，これらの産状は陸域環境での火山活動を示唆する．浅部コアでは定置環境を判別できる証拠は見られないが，地表のI期火山岩は層状構造を示す堆積層中に赤色の火山円礫や枕状溶岩がみられ，II期火山岩は枕状溶岩やハイアロクラスタイトを中心とすることから，後期漸新世～中期中新世にかけてのリフティングにともなって，火山活動の定置環境が変化していったと考えられる．リソスフェアのリフティングがアセノスフェアの貫入により引き起こされているとすれば，マグマが枯渇的な組成から肥沃な組成に移行する地球化学的特徴は，高温のアセノスフェア湧昇流により部分融解深度が変化していることを示唆している可能性がある．

キーワード：中新世、火山フロント、日本海、背弧海盆、泊火山岩
Keywords: Miocene, Volcanic front, Japan Sea, Back-arc basin, Tomari volcanic rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Acceleration of oceanic plate following megathrust earthquakes

*Mohammad Yuzariyadi[1], Kosuke Heki[1]

1. Hokkaido University

Accelerated subduction of tectonic plates following megathrust earthquakes was proposed by D. Anderson (1975, Science). Heki and Mitsui (2013 EPSL) found postseismic enhancements of inter-plate coupling in the adjacent segments of the 2003 Tokachi-Oki and the 2011 Tohoku-Oki earthquakes. They hypothesized that these earthquakes caused accelerated subduction of the Pacific plate slab in addition to already-known postseismic processes such as afterslip and viscous relaxation. Melnick et al. (2017 GRL) found a similar enhancement of coupling to the north of the 2010 Maule earthquake rupture zone, and Loveless (2017 GRL) considered this a common phenomenon after megathrust earthquakes and named it as the super-interseismic phase. Accelerated subduction occurs during a period after the earthquakes, but its duration and amount depend on the magnitude. Here we investigate how long and how much is the acceleration over the time period covering several years after the earthquakes. So far, we have been using data from GNSS stations on arcs near the segments adjacent to megathrust ruptures. In the present study, we use data from GNSS stations on the subducting oceanic plates and on a subducted continental plate.

We present GNSS velocity data from oceanic islands showing post-megathrust accelerations. They include the Marcus Island (1098), Japan, that showed significant acceleration following the Mw 9 2011-3-11 Tohoku-Oki Earthquake. The Cocos Island (COCO), Australia, seems to have been accelerated after the Mw 8.4 2007-9-12 Bengkulu earthquake, Southern Sumatra. The JRGN in the west coast tip of Chile was accelerated after the Mw 8.2 2014-4-1 Iquique Earthquake. We also found there was a certain velocity change in Christmas Island (XMIS), Australia, after the Mw 7.7 2006-7-17 South Java earthquake. All stations are located on the oceanic plate except JRGN that is located on the continental plate.

Marcus Island (1098) GNSS station showed a significant velocity change after the 2011 Tohoku-Oki Earthquake. The maximum transient acceleration occurred in the period 2-3 years following the earthquake with a maximum velocity change of 9.4 mm/yr. After 3.0 years, The acceleration has been decaying, and the original velocity resumed by now. Cocos Island (COCO) GNSS station shows that the maximum transient acceleration occurred between 0.75-1.5 years after the 2007 Bengkulu earthquake with a maximum change of 4.9 mm/yr. After 1.5 years, the acceleration has decayed and has been showing the velocity similar to the value before the earthquake since 4.5 years after the earthquake. Chile (JRGN) GNSS station shows that the transient acceleration reached the maximum in ~1 year after the 2014 Iquique earthquake with a maximum change of 4.7 mm/yr. The accelerated velocity decayed to the original value in 2.5 years after that. The acceleration of the Christmas Island (XMIS) GNSS station was 2.7 mm/yr and occurred in ~1.0 year after the 2006 South Java earthquake. The acceleration seems to have decayed in 2.5 years after the earthquake.

In general, we found that the transient acceleration of oceanic plate occurs shortly after a megathrust earthquake and continue over a certain period. Then it decays, and finally the velocity before earthquake recovers in a few years.

Keywords: megathrust earthquake, plate acceleration, Subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ周辺海域の三次元速度構造
3D velocity model in the region of Nankai Trough

*勝山 美奈子[1]、仲西 理子[1]、新井 麗[1]、田中 恵介[1]、高橋 成実[2]、鎌田 弘己[1]、金田 義行[3]
*Minako KATSUYAMA[1], Ayako Nakanishi[1], Rei Arai[1], Shigeyoshi Tanaka[1], Narumi Takahashi[2], Hiromi Kamata[1], Yoshiyuki Kaneda[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、3. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Kagawa University

This is a part of the project “Comprehensive evaluation of faults information on offshore Japan”, by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). The project consists of three themes, 1) Collecting seismic survey data and building a database of offshore faults, 2) Interpreting distribution of active faults using seismic data collected, and conducting the seismic re-processing by leading-edge seismic technology for the seismic data obtained in previous decades, 3) Building the fault models for a simulation of strong motion and tsunami disaster, based on the interpreted faults. Our purpose of this study is make a 3D velocity model in the Nankai Trough to provide with the support we needs to interpret faults.
The Nankai Trough, where the Philippine sea plate is subducting beneath the Eurasian plate. Some seamounts and ridges are subducted here.
3D velocity model was constructed by seismic data and ocean bottom seismometer(OBS) refraction survey data which were obtained by a various agencies and private companies. Horizons such as acoustic basment and unconformity were interpreted using reflection seismic sections. Conrad discontinuity and Mohorovicic discontinuity were interpreted on refraction surveys and consulted previous study. Layer structure and velocity model were created on these horizons.
We obtain a result that understands geological structure in Nankai Trough. So in this session, we will take a discussion concerning structural characteristic based on the 3D velocity model.

キーワード：3次元速度構造、南海トラフ、沈み込み帯
Keywords: 3D velocity model , Nankai Trough, subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年大阪府北部の地震および2018年北海道胆振東部地震地域の地震発生層深さ
Depth of seismogenic layer at the 2018 North Osaka and the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake sites

*YANO Tomoko Elizabeth[1]、松原 誠[1]
*Tomoko Elizabeth Yano[1], Makoto MATSUBARA[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute of Earth Science and Disaster Prevention

背景：
活断層周辺の地震発生層を理解することは、その断層上で起こり得る地殻内地震の最大規模を予測する上で重要である。地震発生層の深さはまた、地殻のレオロジーにも関連するため、脆性領域の深さも示している。D95 (あるグリッド内で発生した地震を地表から数えた個数が全地震の95%となるまでの深さ) は、過去の微小地震活動から求めることができる。この研究の目的は、D95が地震発生層の深部限界を示す指標となっているかどうかを検証することであり、2018年大阪府北部の地震と2018年北海道胆振東部地震が発生する前の段階で、本震前の微小地震活動から地震発生層の下限を予測できたかどうかを調べた。

データ・手法：
D95は各本震前の地震活動から計算される。本研究ではDD法により震源再決定されたJUICEカタログ（2001-2012）のイベントカタログを使用した。 JUICEカタログに掲載されているM1.5以上のイベントから、0.02°間隔の格子点ごとにD95を計算した。格子点から0.1°の範囲内にあるイベントの総数が50個以上となる格子のみを対象とした。

また、地下の温度データから推定された摂氏250度、300度、および450度の深度と地震の深さとの対応を確認した。地表から深さ約300 mまで、および深さ約1000 mまでの温度プロファイルを含むデータセットを使用して、地殻内温度が250、300、450度に達する深さ(D250deg、D300deg、D450deg) を計算した。

結果：
2018年大阪府北部の地震では、再決定された本震の震源は深さ13.7 kmであるのに対し、再決定した余震は主に深さ8～14 kmに分布する。余震域のD95は深さ13 kmから14 kmの間と計算された。 また、D250degからD450degまでの範囲は深さ10 kmから24 kmであり、 D300degは約13kmだった。

2018年北海道胆振東部地震では、本震の再決定震源の深さは35.9 kmであるのに対し、再決定された余震は、主に深さ25～50 kmの範囲に分布する。 D95はおよそ25 kmと推定され、D250degからD400degまでの範囲は深さ10 kmから34 kmと推定された。

議論・結論：
2018年大阪府北部の地震については、D95を地震発生層の下限とすることと、本震と余震の分布に矛盾はなかった。一方で、2018年北海道胆振東部地震のD95は、実際の震源分布と整合していない。D95は本震よりも約10 km浅く、最も深い余震に比べ約25 km浅かった。本研究では、本震の西側に位置する石狩低地東縁断層帯の地震活動を用いてD95を算出した。そのため、このD95は石狩低地東縁断層帯の地震発生層の下限を示したものであり、2018年北海道胆振東部地震の断層そのものを反映したものではないことが、本震－余震の分布とD95における矛盾の原因と考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地震発生層、大阪府北部、北海道胆振東部、地震、地殻熱流量
Keywords: seismogenic depth, North Osaka, Hokkaido Eastern Iburi, Earthquake, heat flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線活断層系（愛媛・徳島地域）を横断する高分解能反射法地震探査

Seismic reflection profiling across the Median Tectonic Line (MTL) active fault system in Ehime and Tokushima Prefectures

*加藤 直子[1]、石山 達也[1]、佐藤 比呂志[1]、越谷 信[2]、小池 太郎[3]、野田 克也[3]
*Naoko Kato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Hiroshi Sato[1], Shin Koshiya[2], Taro Koike[3], Katsuya Noda[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 岩手大学理工学部、3. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Research Institute,University of Tokyo, 2. Faculty of science and engineering, Iwate University, 3. Geosys, Inc.

The Median Tectonic Line (MTL) is the most significant inland fault in SW Japan, which extends more than 1000 km and divides SW Japan into the inner and outer zone. The western part of the MTL shows late Quaternary right-lateral strike-slip movements at several mm/y (eg. Tsutsumi and Okada, 1996). According to the seismic reflection profile, northward gently dipping character of the Median Tectonic Line has already been suggested in the eastern Shikoku (Ito et al., 1996) and eastern Kyushu (Yusa et al., 1992). For the deeper extension of MTL, north-dipping geometry was obtained by low-fold seismic reflection images in Shikoku island (Kawamura et al., 2003; Sato et al., 2005). For the MTL active fault system, the geometry of its deeper extension is poorly understood in Shikoku island. To reveal deeper geometry of fault surface, shallow to deep seismic reflection profiling was performed in Ehime and Tokushima Prefectures. This research was performed as a research program funded by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.
Three seismic lines were deployed perpendicular to the MTL and major geologic boundaries. The length of seismic lines is 11 km (Saijo area, Ehime), 4.8 km (Wakimachi area, Tokushima) and 6.4 km (Awa area, Tokushima). To obtain a high-resolution seismic image of the shallow part of MTL, a 10-m spacing receiver array was formed using offline recorders. The seismic source was vibroseis trucks. The sweep signals (5-100 Hz for high resolution reflection profiling, 5-40 Hz for refraction profiling) were recorded 10 Hz vertical geophones. The seismic data were processed using conventional CMP-reflection methods. The high-energy shot gathers at Saijo seismic line clearly demonstrate the reflectors at 1.5, 2-3, 4 sec. (Two-way travel time). The reflectors from 2-3 s (TWT) are interpreted as northward dipping Sambagawa Metamorphic belt. The seismic sections portray the seismic image down to 2 km in Wakimachi and Awa area. The reflectors are interpreted as northward dipping Sambagawa Metamorphic belt. These structural characters found in the seismic section may show that the deeper extension of MTL shows northward dipping in Shikoku.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 201A 2F

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:佐藤 友彦(東京工業大学地球生命研究所)

冥王代から現代まで地球史46億年を通じての地球の進化や地質学的プロセスについて，フィール
ド調査，化学分析，実験，理論計算などの様々なアプローチから研究した最新の成果を集約し，
地球深部の進化と表層の環境変動や生命の発生・進化との因果関係・相互作用などを総括的に議
論する．惑星科学，地質学，テクトニクス，火成岩・変成岩岩石学，層位・古生物学，進化学，
環境学，地球化学など関連する幅広い話題を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[BCG07-01] エディアカラ紀の熱水成炭酸塩に見られる鉄酸化細菌とストロマトライト

*狩野 彰宏[1]、宮崎 彩[1]、吉岡 純平[1]、Chraiki Ibtissam[2]、Barzouk Abdelhafed[2]、Youbi Nasrrddine[2,3]、Admou Hassan[2]、Boumehdi Moulay[2,3]、Maacha Lhou[4]、Baoutoul Hsaine[4]、Bouskri Ismail[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.Cadi Ayyad大学、3.Lisboa大学、4.Managem-ONA Group)

9:15 ~ 9:30

[BCG07-02] ガボン前期原生代フランスヴィル層群の炭酸塩炭素同位体層序

★招待講演

*佐藤 友彦[1]、澤木 佑介[2]、浅沼 尚[2]、上田 修裕[1]、丸山 茂徳[1] (1.東京工業大学、2.東京大学)

9:30 ~ 9:45

[BCG07-03] 後期古原生代の浅海域における酸化還元状態の変化：カナダ・ケープスミス帯

*元村 健人[1]、清川 昌一[1]、池原 実[2]、佐野 貴司[4]、田中 健太郎[3]、三木 翼[3]、佐野 有司[3] (1.九州大学、2.高知大学、3.東京大学、4.国立科学博物館)

9:45 ~ 10:00

[BCG07-04] 北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩の植物バイオマーカー分析による陸域古植生変動の復元

*池田 雅志[1]、沢田 健[2]、安藤 卓人[3]、中村 英人[4]、高嶋 礼詩[5]、西 弘嗣[5] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.北海道大学北極域研究センター、4.大阪市立大学大学院理学研究科、5.東北大学学術資源研究公開センター　東北大学総合学術博物館)

10:00 ~ 10:15

[BCG07-05] レアアース泥に関する最新研究成果の概観

*加藤 泰浩[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、高谷 雄太郎[3,1,2]、大田 隼一郎[2,1]、田中 えりか[1]、見邨 和英[1]、飯島 耕一[4,1]、町田 嗣樹[2,1]、野崎 達生[4,1,2,5]、木村 純一[4]、岩森 光[1,4,6] (1.東京大学、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.早稲田大学、4.海洋研究開発機構、5.神戸大学、6.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[BCG07-06] A cold and alkaline Hadean ocean caused by impact ejecta weathering

*門屋 辰太郎[1]、David Catling[1] (1.ワシントン大学)

エディアカラ紀の熱水成炭酸塩に見られる鉄酸化細菌とストロマトライト
Iron-oxidizing bacteria and stromatolites in the Ediacaran hydrothermal carbonate

*狩野 彰宏[1]、宮崎 彩[1]、吉岡 純平[1]、Chraiki Ibtissam[2]、Barzouk Abdelhafed[2]、Youbi Nasrrddine[2,3]、Admou Hassan[2]、Boumehdi Moulay[2,3]、Maacha Lhou[4]、Baoutoul Hsaine[4]、Bouskri Ismail[4]
*Akihiro Kano[1], Aya Miyazaki[1], Jumpei Yoshioka[1], Ibtissam Chraiki[2], Abdelhafed Barzouk[2], Nasrrddine Youbi[2,3], Hassan Admou[2], Moulay Ahmed Boumehdi[2,3], Lhou Maacha[4], Hsaine Baoutoul[4], Ismail Bouskri[4]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. Cadi Ayyad大学、3. Lisboa大学、4. Managem-ONA Group
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Geology, Faculty of Sciences-Semlalia, Cadi Ayyad University, 3. Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 4. Managem-ONA Group

全球凍結で特徴付けられる新原生代に生命が大きく進化したことは地球史の最大の謎の１つである。最初の全球凍結（スターチアン氷期）は5千万年間以上も継続しており，その間に地球表層が硬く凍結していたならば，生物進化はほとんどリセットされただろう。一方で，全球凍結直後にも原生動物が生き残っていた証拠がある。そこで，赤道域や火山の周辺には液体の水が存在し，生命の避難場所になっていたという意見も多い。しかし，具体的な避難場所を示す地質学的証拠は提示されていない。

モロッコ国アンティアトラス山脈には古生代の地層に囲まれた複数の原生代内座層が分布する。ここでは火成岩のジルコンU-Pb年代が多数報告され，西アフリカクラトン北部での活発なテクトニクスがクリオゲニア～エディアカラ紀に継続されていたことが示されている。従来の古地理の解釈は緯度60度以上の高緯度を示し，堆積物は火山砕屑物に富み，炭酸塩岩は花崗閃緑岩質の火山岩の周囲に薄く限定される。

本研究ではアンティアトラス山脈のブリダとワルザザード近郊の火山岩の上に発達する炭酸塩岩を研究した。ブリダの炭酸塩岩は層厚25mの層状の細粒ドロマイトからなる。下位の火山岩は586Maとされており，上位には断層を隔ててガスキエス氷期の可能性があるレキ岩がある。全体的に赤色を呈しており，下部には鉄酸化細菌と思われる化石が含まれていた。炭素同位体比は-3~-6‰と低いが，層序的関係からShuramエクスカーションには対比できない。おそらく，熱水性の炭素を起源としている可能性が高く，低い酸素同位体比も40-50ºCの水温を示唆する。一方，ワルザザードの炭酸塩岩は約30ｍの層厚を持ち，580Maの火山岩の上に乗り，火山砕屑物に富む砂岩・シルト岩と互層し，赤色を帯びた石灰岩である。少なくとも4層準に発達するストロマトラストロマトライトは平行な幅約1mmの葉理からなり，バイオフィルム内での酸化還元勾配を反映した色の違いを記録する。やや高い炭素同位体比(-1.5‰)はCO2の脱ガスか大気とのガス交換によるものだろう。

今回調査した炭酸塩岩は直接的に全球凍結とは関連しない。しかし，西アフリカクラトン北部での長期的火成活動は全球凍結の液体の水環境を提供していたと思われる。

キーワード：新原生代、炭酸塩岩、微生物、ストロマトライト
Keywords: Neoproterozoic, carbonate rock, Microbe, stromatolite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガボン前期原生代フランスヴィル層群の炭酸塩炭素同位体層序
Carbonate carbon isotope stratigraphy of the Paleoproterozoic Francevillian Group in Gabon

*佐藤 友彦[1]、澤木 佑介[2]、浅沼 尚[2]、上田 修裕[1]、丸山 茂徳[1]
*Tomohiko Sato[1], Yusuke Sawaki[2], Hisashi Asanuma[2], Hisahiro Ueda[1], Shigenori Maruyama[1]

1. 東京工業大学、2. 東京大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. The University of Tokyo

The large fluctuations of δ13C_carb in the Paleoproterozoic are important in terms of the speculation on the atmospheric oxygen level and the global stratigraphic correlations. The interval characterized by the generally high values of δ13C_carb up to +10 ‰is called Lomagundi-Jatuli Event (LJE; ca. 2.2-2.0 Ga) and interpreted as reflecting high rates of oxygen production (e.g. Karhu & Holland, 1996; Martin et al., 2011). The drop of δ13C_carb and δ13C_org at the end of LJE are reported from Shunga in Fennoscandia, and the negative shift of δ13C_org is correlated with that of Franceville in Gabon (Kump et al., 2011); however, the δ13C_carb data in Gabon is still missing because of the scarcity of the carbonate rocks. The Paleoproterozoic Francevillian Group in Gabon consists of FA (fluvial sandstones), FB (black shales/carbonates), FC (cherts), FD (black shales), and FE (sandstones) in ascending order. The lithostratigraphic correlation between the Franceville, Lastoursville, and Okondja basins suggests that the FA-FB-FC units are in different depositional settings and the FD-FE units are in common facies, which indicates the final opening of the intracratonic basins. In order to explore the global correlation of δ13C_carb, the analyses in the FD-FE units are required. In this study, we conducted two drillings in the Lastoursville and Okondja basins to obtain the fresh core-samples of FD. The lithological observations clarified that numbers of carbonate layers are intercalated in black shales in the FD unit in the both areas. We analyzed δ13C_carb of these carbonate layers, and filled in the stratigraphic blanks in the FD unit. In this presentation, we will discuss the propriety of the δ13C_carb stratigraphic correlations.

キーワード：前期原生代、炭素同位体比、ガボン
Keywords: Paleoproterozoic, carbon isotope, Gabon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

後期古原生代の浅海域における酸化還元状態の変化：カナダ・ケープスミス帯

The redox condition of late Paleoproterozoic shallow marine environment: The Cape Smith Belt, Canada

*元村 健人[1]、清川 昌一[1]、池原 実[2]、佐野 貴司[4]、田中 健太郎[3]、三木 翼[3]、佐野 有司[3]
*Kento Motomura[1], Shoichi Kiyokawa[1], Minoru Ikehara[2], Takashi Sano[4], Kentaro Tanaka[3], Tsubasa Miki[3], Yuji Sano[3]

1. 九州大学、2. 高知大学、3. 東京大学、4. 国立科学博物館
1. Kyushu University, 2. Kochi University, 3. University of Tokyo, 4. National Museum of Nature and Science

海洋の酸化還元状態の変化は海洋中の微量元素組成に大きな影響を与える事が知られている．先行研究では先カンブリア紀の海洋において生物必須元素濃度の低下により生物の進化が阻害されていた事が示唆されてきたが(Anber and Knoll, 2002)，先カンブリア紀を通じた海洋酸化還元状態については，未だ不明な点が多い．特に後期古原生代には大酸化事変により海洋環境が大きく変化したとされているが（Lyons et al., 2014），その詳細な変動過程や原因については明らかでない．そこで本研究では約50mの岩相層序と主要・微量元素組成，C–N–S同位体比を含む化学層序を構築し，当時の海洋環境に関する検討を行なった．

本研究ではカナダ・ケープスミス帯のPovungnituk層群の北部より掘削されたコア試料を研究に用いている．コア試料に含まれる層序は約19億年前にスペリオルクラトンの縁辺に堆積した約50mの砂岩–––黒色頁岩互層より構成され，粗粒砂岩の優勢部から黒色頁岩の優勢部へと変化する上方細粒化のシーケンス（下部層）とその上位の細粒砂岩優勢部（上部層）に大きく分ける事ができる．

分析の結果，下部層砂岩優勢部においてV濃度及び軽元素同位体比の変動が確認された．V濃度は55ppmから327ppmまで上昇し，その後緩やかに73ppmまで減少する．硫黄同位体比は，+12‰から-5‰まで減少し，その後緩やかに+14‰まで上昇する．有機炭素同位体比は-31‰から-33‰まで減少したのち緩やかに-32‰まで上昇する．窒素同位体比はおよそ+4‰から+9‰の間で変動する．

以上の分析結果は海洋の酸化還元状態の変動とその原因となる炭酸イオン及び硫酸イオン量の変化，酸化還元状態の変化に伴う海洋表層の硝酸イオン量変化を示すと考えられる．層序最下部において，黒色頁岩中のV濃度を有機炭素含有量（TOC）で規格化した値(<~50 ppm/%)は同年代の強還元的環境（富H_2S）で堆積した黒色頁岩（Bravo Lake層: Partin et al., 2014）の値よりも低い値をとる．しかし下部層砂岩優勢部でV/TOCは上昇し(~105ppm/%)，先行研究によって得られたデータの平均値を超える．このようなV/TOCの上昇は，海洋が弱還元的環境から強還元的環境へと変化したことに由来すると考えられる．また，以上の見解はV濃度とTOCの相関関係を用いた酸化還元状態の復元結果と整合的である．窒素同位体比のデータ(~+7 –+9 ‰)は現在の海洋と同じように高い値を示す．このことは硝化や脱窒，アンモニウム同化により，海洋中の窒素同位体比が高くなっていた可能性を示す．有機炭素同位体比と硫黄同位体比データは同時期に変化しており($\delta^{13}C_{org}$: -30.6 –-33.2 ‰, $\delta^{34}S$: +11.9 –-4.1 ‰)，ある共通の地質現象によって環境変化が起きたことを示す．$\delta^{13}C_{org}$，$\delta^{34}S$の減少は軽い$H^{12}CO_3^-$やSO_4^{2-}の流入が原因であると考えられ，それらを引き起こす地質現象として巨大火成活動や，海退に伴う黒色頁岩等の酸化的風化が挙げられる．

キーワード：後期古原生代、酸化還元状態
Keywords: Late Paleoproterozoic, Redox condition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩の植物バイオマーカー分析による陸域古植生変動の復元

Paleovegetation changes reconstructed by terrestrial plant biomarker analyses in the sediments deposited across the Cenomanian/Turonian boundary in the Tomamae area, Hokkaido, Japan

*池田 雅志[1]、沢田 健[2]、安藤 卓人[3]、中村 英人[4]、高嶋 礼詩[5]、西 弘嗣[5]
*Masashi A. Ikeda[1], Ken Sawada[2], Takuto Ando[3], Hideto Nakamura[4], Reishi Takashima[5], Hiroshi Nishi[5]

1. 北海道大学理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 北海道大学北極域研究センター、4. 大阪市立大学大学院理学研究科、5. 東北大学学術資源研究公開センター　東北大学総合学術博物館
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Arctic Research Center, Hokkaido University, 4. Faculty of Science, Osaka City University, 5. The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku University Museum, Tohoku University

[はじめに] 白亜紀はスーパープルームの活動による温室効果ガスの上昇によって超温室期であったといわれている。その中でも、白亜紀中期には大規模火成岩岩石区（LIPs）の形成に起因する海洋無酸素事変(OAE)が複数回発生したことが知られている。海洋において全球的な環境擾乱イベントが起こったことが報告されている一方、OAE期における陸上植生の変動についての報告は少ない（e.g. Kuypers et al., 2002）。本研究では、Cenomanian-Turonian境界期を記録した堆積岩試料から、バイオマーカー分析およびケロジェン分析を行い、アジア大陸東縁におけるOAE2期の陸域古植生復元を行った。

[試料と方法] 本研究では、北海道苫前地域大曲沢川に分布する上部白亜系蝦夷層群佐久層のCenomanian-Turonian境界期の堆積岩に含まれる有機物から、環境変動に対する陸上植物の植生変動を調べた。Cenomanian-Turonian境界では環境擾乱イベントであるOAE2が発生したことが知られている。本調査地域ではOAE2層準は約700mに亘り、試料は数メートル間隔で泥岩のみを採取した。OAE2の各区分(1st build-up, Trough, 2nd build-up, Plateau)は木片のδ^{13}C値から決定し、バイオマーカー分析はGC-MSを用いて分析を行った。

[結果と考察]本試料において、ステランおよびホパン、ケロジェン分析の結果から、陸からの堆積物の寄与が高く、また比較的未熟成な試料(ビトリナイト反射率で約0.4%：褐炭~亜瀝青炭)であることを確認した。これらの結果はAndo et al.(2017)と同様である。高等植物の植生指標としてHigher plant parameter (HPP)、さらに私たちは地衣類植生指標としてメチルジベンゾフラン中の1-メチルジベンゾフランの割合を示した1-MDBF比、また菌類植生指標としてPerylene/Pyrene比を用いて、パイオニア植物の植生変動も含めた陸域古植生の復元を行った。それらの結果、HPPは1st build-up期、2nd build-up期には増加し、Trough期、Plateau期には減少傾向を示した。これは乾燥化に対し、針葉樹植生が拡大したと解釈している。また地衣類、菌類植生は似た変動パターンを示した。どちらも1st build-up期から2nd build-up期にかけて減少傾向を示し、乾湿の急激な変動に対してその植生が減少したと考えられる。

キーワード：古植生、地衣類、バイオマーカー、蝦夷層群、C/T境界、白亜紀
Keywords: Paleovegetation, lichen, biomarker, Yezo Group, C/T boundary, Cretaceous

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

レアアース泥に関する最新研究成果の概観
A general overview of the research progress on REY-rich mud

*加藤 泰浩[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、高谷 雄太郎[3,1,2]、大田 隼一郎[2,1]、田中 えりか[1]、見邨 和英[1]、飯島 耕一[4,1]、町田 嗣樹[2,1]、野崎 達生[4,1,2,5]、木村 純一[4]、岩森 光[1,4,6]
*Yasuhiro Kato[1,2], Kentaro Nakamura[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Yutaro Takaya[3,1,2], Junichiro Ohta[2,1], Erika Tanaka[1], Kazuhide Mimura[1], Koichi Iijima[4,1], Shiki Machida[2,1], Tatsuo Nozaki[4,1,2,5], Jun-Ichi Kimura[4], Hikaru Iwamori[1,4,6]

1. 東京大学、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 早稲田大学、4. 海洋研究開発機構、5. 神戸大学、6. 東京工業大学
1. The University of Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology, 3. Waseda University, 4. JAMSTEC, 5. Kobe University, 6. Tokyo Institute of Technology

Deep-sea mud enriched in rare-earth elements and yttrium (REY), termed as REY-rich mud, has been expected as a novel mineral resource for the industrially critical elements [1]. Targeting the Japanese exclusive economic zone around Minamitorishima Island, where highly promising REY-rich mud (total REY content > 5,000 ppm) lies at very shallow depth (2 to 4 m) below the seafloor [2], we have conducted a variety of researches on the mud from both scientific and engineering perspectives.

In the presentation, we report a general overview of the research progress on REY-rich mud, and discuss the importance of the mud from viewpoints of the Japan’s resource security and a new strategy for economic growth.

[1] Kato, Y. et al. (2011) Nature Geoscience 4, 535-539, [2] Iijima, K. et al. (2016) Geochemical Journal 50, 557-573.

キーワード：海底鉱物資源、レアアース、レアアース泥、南鳥島、太平洋、深海堆積物
Keywords: seafloor mineral resources, rare-earth elements, REY-rich mud, Minamitorishima Island, Pacific Ocean, deep-sea sediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A cold and alkaline Hadean ocean caused by impact ejecta weathering

*門屋 辰太郎[1]、David Catling[1]
*Shintaro Kadoya[1], David C Catling[1]

1. ワシントン大学
1. University of Washington

Life probably arose in the Hadean (either on land or in the sea) and then would have spread through the early ocean. Hence, determining constraints on the early marine environment is essential for understanding conditions for the spread of early life, in addition to the history of the Earth itself. In this study, we modelled the evolution of the surface environment of the Earth, including the surface temperature, pCO_2, and oceanic pH.

As revealed by previous works (e.g., Krissansen-Totton et al., 2018, PNAS), Earth’s long-term surface environment is controlled by the carbonate-silicate geochemical cycle. This negative feedback has moderated the surface temperature, resulting in the continuous existence of surface liquid water, even when the solar luminosity was smaller in the past than today. To compensate for the faint Sun, the feedback sets a high pCO_2 in the past, which would result in a more acidic ocean. The same mechanism can be applied for modelling the Hadean eon. However, we have to add another factor: impact ejecta weathering. As indicated by impact craters on the Moon, the Earth would also undergo intense meteorite impacts during the Hadean. Since the impact ejecta are easily weathered, they provided an additional sink of CO_2. Hence, previous works (e.g., Sleep & Zahnle et al., 2001, JGR) suggested that the surface temperature and pCO_2 would actually be low, i.e., a cold Hadean Earth –an idea that has been controversial.

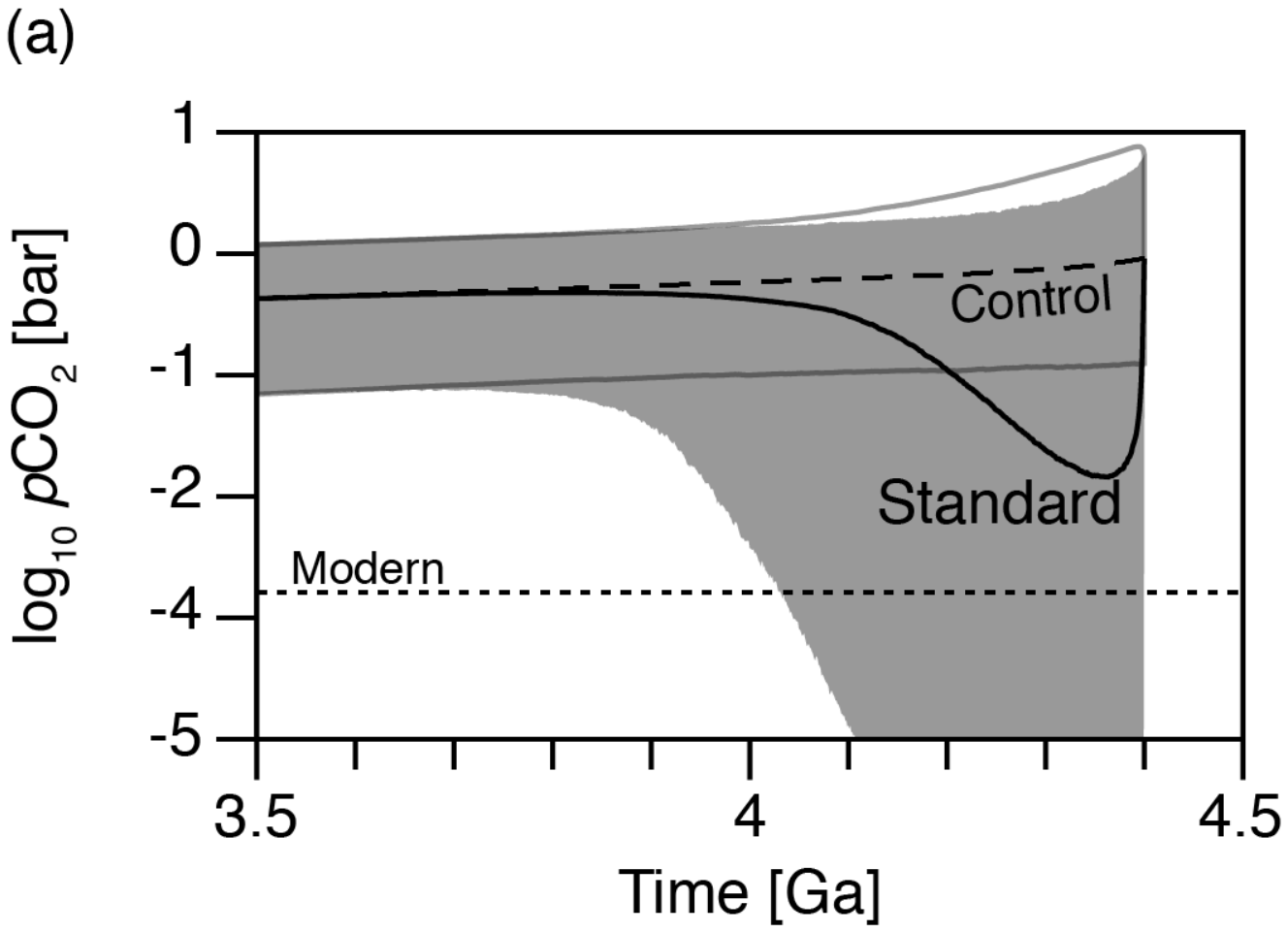
In this study, we calculated the evolution of the surface environment by varying parameters in a geologic carbon cycle model within their ranges of uncertainty. Since the ejecta weathering is a source of carbonate alkalinity (i.e., a sink of CO_2), the pCO_2 and surface temperature of cases with ejecta weathering (hereafter, standard cases) are lower than those of cases without ejecta weathering (hereafter, control cases), as shown in Figure 1a and 1b. The surface temperatures of some standard cases are even lower than 273.15 K (Figure 1a). The coldness does not always mean that the Earth was in a snowball state during the early Hadean; instead, it just indicates a high likelihood of a cold climate. The low pCO_2 of standard cases also results in high ocean pH (Figure 1c). In addition, because the high pH results in a high precipitation rate of carbonate, the carbonate alkalinity of standard cases tends to be lower than that of control cases.

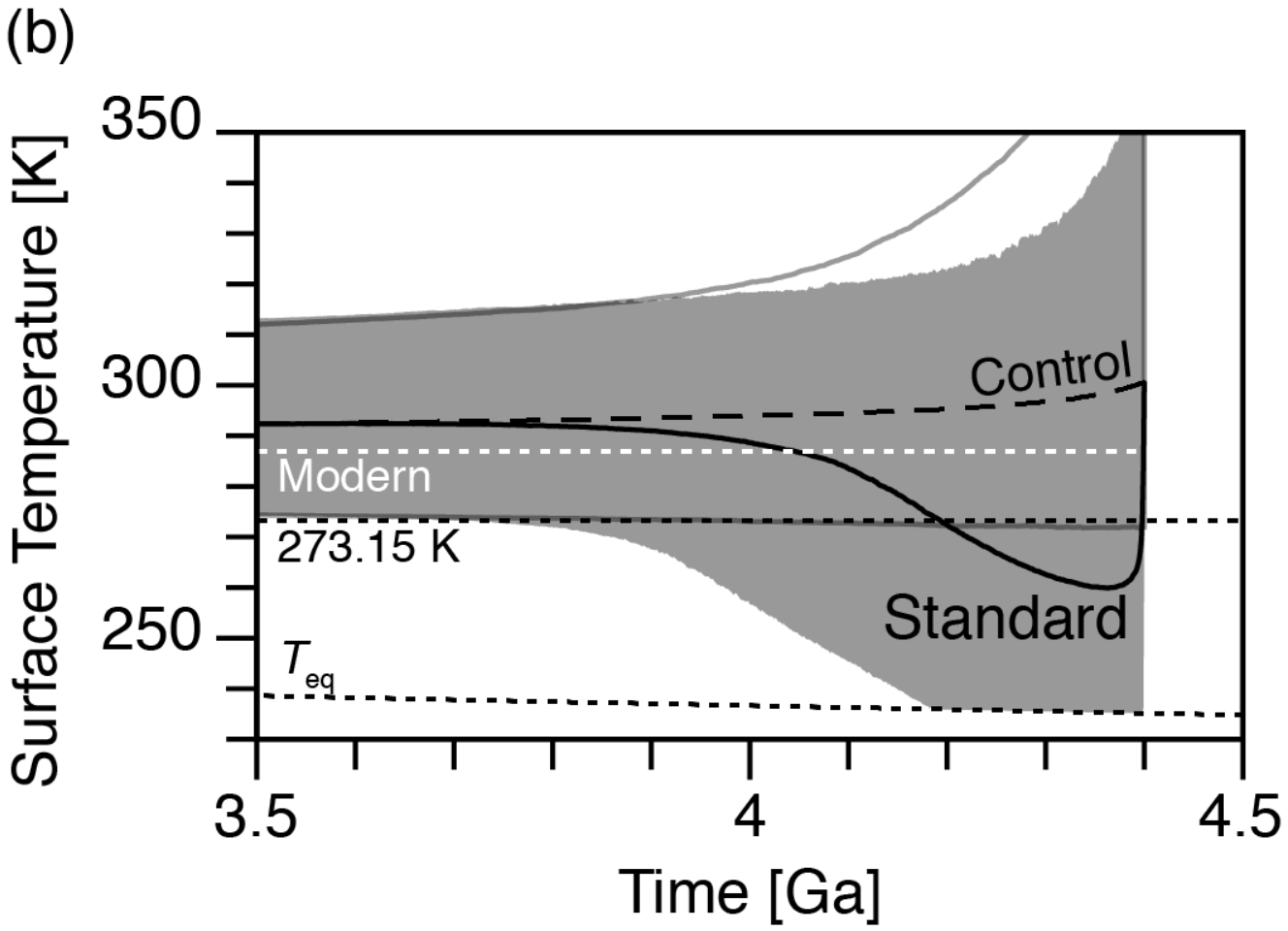
For the standard case, such a relatively cold surface and alkaline ocean are confined to the early Hadean, in which the impact flux (i.e., ejecta production rate) is high. However, the impact craters on the Moon also indicate the possibility of an enhanced impact flux around 4 Ga (i.e., the late heavy bombardment; LHB). The estimated impact flux for the LHB is also high enough to result in a cold surface and alkaline ocean. Hence, we should consider the possibility that life existed in a cold and alkaline early ocean.
Fig. 1. Results with control (without ejecta weathering) and standard cases (with ejecta weathering) for the geologic carbon cycle model for (a) atmospheric partial pressure of CO_2, pCO_2, (b) global mean surface temperature, and (c) ocean pH.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：冥王代、気候進化、炭素循環
Keywords: Hadean, Climate evolution, Carbonate-silicate geochemical cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 201A 2F

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:吉田 聡(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 広域システム科学系宇宙地球科学教室)

冥王代から現代まで地球史46億年を通じての地球の進化や地質学的プロセスについて，フィール
ド調査，化学分析，実験，理論計算などの様々なアプローチから研究した最新の成果を集約し，
地球深部の進化と表層の環境変動や生命の発生・進化との因果関係・相互作用などを総括的に議
論する．惑星科学，地質学，テクトニクス，火成岩・変成岩岩石学，層位・古生物学，進化学，
環境学，地球化学など関連する幅広い話題を歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[BCG07-07] **Impact-induced magmatism on early Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1]、Uschi M. Graham[2]、Yuya Tsukamoto[3]、Yumiko Watanabe[3]、Takeshi Kakegawa[3]、Hiroshi Hamasaki[4]、Andrew Chorney[5]、Katherine Crispin[1]、Zi-Kui Liu[1] (1.The Pennsylvania State University、2.Univ. of Kentucky、3.Tohoku Univ.、4.Tokyo Gas、5.Temple Univ.)

11:00 ~ 11:15

[BCG07-08] An evaluation of impact dating for shocked zircons with planar features (PFs) in the Vredefort dome by LA-ICP-MS multi-spot analysis

*山本 伸次[1]、加藤 大雅[1] (1.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

11:15 ~ 11:30

[BCG07-09] **イスア表成岩帯変成岩の微量元素およびタングステン同位体分析への酸洗浄法の適用**

★招待講演

*榎本 葉月[1]、飯塚 毅[1]、本馬 佳賢[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

11:30 ~ 11:45

[BCG07-10] 太古代の低生物生産とその生物地球化学的影響

★招待講演

*尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

11:45 ~ 12:00

[BCG07-11] 太古代の炭素循環システムの挙動特性と高温環境の必然性

★招待講演

*渡辺 泰士[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]、洪 鵬[3] (1.東京大学、2.東邦大学、3.千葉工業大学)

12:00 ~ 12:15

[BCG07-12] 地質学的産状と化学組成を用いたグリーンランド・イスア表成岩帯の変成炭酸塩岩の起源の解明と初期太古代海洋環境の復元

*吉田 聡[1]、安川 和孝[2]、加藤 泰浩[2]、澤木 佑介[3]、小宮 剛[3] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、3.東京大学総合文化研究科広域科学専攻)

Impact-induced magmatism on early Earth

*Hiroshi Ohmoto[1], Uschi M. Graham[2], Yuya Tsukamoto[3], Yumiko Watanabe[3], Takeshi Kakegawa[3], Hiroshi Hamasaki[4], Andrew Chorney[5], Katherine Crispin[1], Zi-Kui Liu[1]

1. The Pennsylvania State University, 2. Univ. of Kentucky, 3. Tohoku Univ., 4. Tokyo Gas, 5. Temple Univ.

At the JpGU Meeting 2017, we reported the discovery of numerous fragments (<~3 mm in size) of stony meteorites and impact spherules of basalt in the lowest (i.e., the earliest) ~70 m section of the submarine Apex Basalt that overlies the ~110 m-thick Marble Bar Chert Member (MBCM; ca. 3.46 Ga in age) in the ABDP #1 drill core, which was recovered in 2003 at Marble Bar, Pilbara, Western Australia. We suggested that the asteroid body that produced the meteorite fragments was >10 km in diameter, impacted at ~40 km E of Marble Bar, terminated the deposition of the MBCM, and created a crater (“The Apex Impact Crater”) more than ~100 km in diameter. To test this hypothesis, in the summer of 2018 we conducted a geological survey of the proposed “Apex Impact Crater” utilizing a drone equipped with a high-resolution (4K) camera.

Our survey has revealed the presence of “impact tsunami deposits” at the boundary of the MBCM and the Apex Basalt. They are ~1-40 m thick, extending at least 20 km along the strike in the Marble Bar area. They contain numerous fragments (<5 mm size) of stony meteorites, together with various-sized (<1 mm to ~10 m), generally angular-shaped, fragments and blocks of the MBCM. We have also discovered ~15-40 m thick “impact tsunami deposits” underlying the Apex Basalt at ~80 km SE of Marble Bar. Numerous fractures (mostly perpendicular to the bedding planes, and many extending to 100s of meter into the underlying Duffer Formation), the dislocations and rotations of the MBCM in ~cm to ~100 m scales, as well as the “impact tsunami deposits”, were most likely created by an asteroid impact. Our survey has provided evidence that the ~3km-thick Apex Basalt represents the crater-filing komatiite/basalt lavas that were generated by the sudden decompression-melting of the mantle peridotites, triggered by a giant impact, and that the Mt. Edgar Batholiths (~3.46-3.43 Ga in ages), which intruded in the crater, probably represent the rebound of the older continental crust and the products of partial melting of the mantle peridotite and oceanic crust.

Our investigations suggest that the greenstone-granite complexes (“granite dome complexes”) that characterize the geology of the East Pilbara district may represent 8 or more craters created by impacts of asteroid bodies 10-30 km in diameter during the Archean. Consequently, the magmatism and tectonics of early Earth may have been dictated by gigantic asteroid impacts, rather than by the plume- and/or plate tectonics.

Keywords: Asteroid impact crater, Impact tsunami deposits, Early Earth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An evaluation of impact dating for shocked zircons with planar features (PFs) in the Vredefort dome by LA-ICP-MS multi-spot analysis

*山本 伸次[1]、加藤 大雅[1]
*Shinji Yamamoto[1], Taiga Kato[1]

1. 横浜国立大学大学院環境情報研究院
1. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yohohama National University

Shock-metamorphosed zircons, as an indicator mineral of meteorite impact, have often been utilized for impact dating (e.g. Kamo et al., 2009). Mechanical and thermal effect by impact are thought to lead Pb-loss of shocked zircon, resulting in partly and fully age resetting. The 2.02 Ga Vredefort dome, largest and oldest impact crater, crop out highly-shock metamorphosed basement rocks which include shocked zircons with various shock features such as planar features and granular textures. Previous studies demonstrate that shocked zircons with planar features in the Vredefort show various metamorphic ages from 731 to 3104 Ma, and these ages are interpreted to be correspond to age resetting of regional metamorphism and impact metamorphism. Recent analysis using EBSD, SL and SRIMP for shocked zircon by Moser et al. (2011) reveal that shocked zircons with curvi-planar features have a potential for impact dating in the Vredefort (2.02 Ga), and EBSD misorientation map suggest that deformation of zircon by impact event enhances the age resetting. However, impact dating using shocked zircons with planar features has not been established. Erickson et al. (2013) reported SHRIMP U-Pb ages of detrital shocked zircon with PFs recovered from downriver of the Vredefort dome, and conclude that predominant impact age were identified and that most of shocked zircons record regional metamorphic events. Here we report impact resseting ages from detrital shocked zircons with PFs at the Vaal River sand, cutting along the Vredefort Dome, and identified zircon deformation texture revealed by EBSD misorientation maps. Such deformation in shocked zircon supposed to be formed by impact, and their deformation texture (PFs and EBSD map) may help to identify the ancient impact record.

キーワード：隕石衝突、衝突年代、衝撃変成ジルコン、フレデフォート
Keywords: meteorite impact, impact dating, shocked zircon, Vredefort

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

イスア表成岩帯変成岩の微量元素およびタングステン同位体分析への酸洗浄法の適用

Application of acid-washing to trace element and tungsten isotope analyses of Eoarchean rocks from the Isua Supracrustal Belt

*榎本 葉月[1]、飯塚 毅[1]、本馬 佳賢[1]
*Hatsuki Enomoto[1], Tsuyoshi Iizuka[1], Yoshitaka Homma[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

The short-lived ^{182}Hf–^{182}W decay system has been widely used to understand early Earth chemical evolution. Recently, ^{182}W anomalies have been found from many Archean terranes (e.g., Willbold et al., 2011; Touboul et al., 2012). These W isotope variations should be produced by the chemical fractionation of Hf/W on the Earth while ^{182}Hf was extant, or contribution of extraterrestrial materials having different W isotope compositions after core formation. While the W isotopic anomalies potentially provide valuable insights into processes on the early Earth, the exact cause of the isotopic anomalies is not yet clearly understood. As the possible causes, early silicate differentiation, early metal-silicate equilibrium at various conditions, and late veneer have been proposed, but these hypotheses respectively are inconsistent with the lack of correlations with Nd, Os isotopic data, and highly siderophile elements abundances (e.g., Rizo et al., 2016b; Puchtel et al., 2018; Touboul et al., 2012). Alternatively, the apparent lack of the correlations may be attributed to secondary disturbance in the W isotope compositions of the Archean rocks, given that W is highly fluid-mobile during metasomatism (e.g., Bali et al., 2012).

In this study, we applied an acid-washing method to Eoarchean metamorphosed rocks from the Isua Supracrustal Belt, with the aims to evaluate the possible effect of metasomatism on the W isotope systems, and to obtain their original W isotope compositions. We measured trace element compositions and W isotope ratios of acid-washes and residues of the metamorphosed basalts using ICP–MS.

The acid-washes show enrichments in light REE, whereas the residues exhibit enrichments in heavy REE. This suggests that acid-washing selectively removed a secondary component gained during metasomatism, given that light REE are relatively fluid-mobile as compared to heavy REE. Negative ^{182}W anomalies were found in the washes showing light REE enrichments. By contrast, non-resolvable ^{182}W anomaly was obtained for the residues displaying heavy REE enrichments. These findings suggest that the Isua metamorphosed basalts have a W isotope heterogeneity even in a single rock sample. Moreover, our results imply that the W isotope compositions of Isua supracrustal rocks could have been modified secondarily as a result of metasomatism. This can account for the lack of correlation between W isotopic data and other geochemical or isotopic data.

キーワード：ハフニウム–タングステン同位体、イスア、酸洗浄、初期地球
Keywords: Hf–W, Isua, acid-washing, early Earth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太古代の低生物生産とその生物地球化学的影響
Limited primary production in the early Archean oceans and its biogeochemical consequenses

*尾崎 和海[1]
*Kazumi Ozaki[1]

1. 東邦大学
1. Toho University

The activity level of the biosphere is a critical factor controlling the chemical composition of the atmosphere. The modern Earth's biosphere is powered by the oxygenic photosynthesis, which utilizes ubiquitous water as their electron donor, with the result that Earth's surface environment is extremely well oxygenated. Before the advent of the oxygenic photosynthesis, in contrast, primary production would have been limited by the geophysical input rate of critical electron donors (e.g., H_2 and Fe^{2+}) from the Earth's interior to the exogenic system. Here, we revisit previous modelling of the global biogeochemical cycles of H, C, and Fe in order to more precisely reconstruct global net primary production (NPP) during an interval of early Archean time before the advent of oxygenic photosynthesis. The biogeochemical model includes a series of metabolic reactions in the primitive anoxic biosphere (e.g., anoxygenic photosynthesis, methanogens, and fermenters) and takes redox (H) balance in the ocean-atmosphere system into account. I explore the effect of a variety of combination of key parameters (e.g., atmospheric CO_2 levels, geophysical input flux of Fe^{2+}, and volcanic outgassing flux of H_2) with a stochastic approach in order to search the possible solutions which allow for creating a warm climate state (>288 K) during the Archean. The results suggest that NPP by anaerobic metabolisms has been a few percent of the modern value. The H-based producers, photoferrotrophs, and CO-consuming acetogens contribute ~80%, ~18%, and ~2% of total NPP, respectively. The estimated extremely low NPP implies the geological fluxes of H_2 and Fe^{2+} as a limiting factor for biological productivity. The results also show that the atmospheric CO_2 levels are needed to be >~70 PAL (present atmospheric level) for maintaining warm climate state and that atmospheric CH_4 levels would have been >100 ppm despite the limited activity of the biosphere.

キーワード：太古代、生物地球化学的循環、メタン
Keywords: Archean, Biogeochemical cycles, Methane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太古代の炭素循環システムの挙動特性と高温環境の必然性
Behaviors of carbon cycle system and inevitability of the hot climate in the Archean Earth

*渡辺 泰士[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]、洪 鵬[3]
*Yasuto Watanabe[1], Eiichi Tajika[1], Kazumi Ozaki[2], Peng Hong[3]

1. 東京大学、2. 東邦大学、3. 千葉工業大学
1. The University of Tokyo, 2. Toho University, 3. Chiba Institute of Technology

Although the luminosity of the Sun in the Archean (from 4.0 Ga to 2.5 Ga) was dimmer than that of today, geological records of $d^{30}Si$ and $d^{18}O$ from marine cherts suggests that the terrestrial surface environment may have been warm or even hot (328-358 K). Recently, along with these geological records, thermostability of reconstructed ancestral enzymes of cyanobacteria, which reflects the temperature of marine photic zone, also supports the hot surface environment.

To achieve such hot environment under the dimmer Sun, greenhouse effect of carbon dioxide and methane is considered to be necessary. Previous study using a coupled model of atmospheric photochemistry and ocean microbial ecosystem showed that the warm climate can be achieved by non-linearly amplified flux of methane to the atmosphere from the marine ecosystem only when H_2-using photosynthetic bacteria and Fe-using photosynthetic bacteria coexisted in the Archean marine ecosystem. This means that the photochemical processes and the marine microbial processes would have been important in realizing the hot environment under low pO_2 condition in the Archean. However, few studies investigated how these processes affected the global carbon cycle in the Archean.

Here we developed a coupled atmosphere photochemistry-marine microbial ecosystem-global carbon cycle model and assessed how the hot climate suggested from the geologic records can be achieved in the Archean. We found that, there are high pCO_2 (hot climate) stable solutions and low pCO_2 (warm climate) unstable solutions against the range of CO_2 degassing rate similar to that of today. In the low pCO_2 solutions ($<\sim$100 PAL), CO_2 is removed from the atmosphere-ocean system as the haze particle, hence such a condition is unstable in the Archean carbon cycle system. This finding strongly supports the results of the hot terrestrial environment in the Archean as suggested from many previous studies. The hot climate may be an inevitable result in the Archean carbon cycle system.

キーワード：太古代、初期地球、炭素循環
Keywords: Archean, Early Earth, Carbon Cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地質学的産状と化学組成を用いたグリーンランド・イスア表成岩帯の変成炭酸塩岩の起源の解明と初期太古代海洋環境の復元

Occurrence and chemical composition of metamorphic carbonate rocks in the Isua supracrustal belt, West Greenland: Implications for the origin of carbonate rocks and compositions of the Eoarchean seawater.

*吉田 聡[1]、安川 和孝[2]、加藤 泰浩[2]、澤木 佑介[3]、小宮 剛[3]
*Yoshida Satoshi[1], Kazutaka Yasukawa[2], Yasuhiro Kato[2], Yusuke Sawaki[3], Tsuyoshi Komiya[3]

1. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、3. 東京大学総合文化研究科広域科学専攻
1. Department of Earth & Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, University of Tokyo, 3. Department of Earth Science & Astronomy Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

The Earth is a unique planet where liquid water and life exist through the geologic time. Therefore, reconstruction of the surface environment of the early Earth is an important issue to consider early life. However, we know little about the early Earth, because the first 500 million years record of the Earth was almost lost.

In recent decades, many studies has been done on the reconstruction of surface environment of the early Earth and early life (c.f. Schidlowski et al., 1979; Ueno et al., 2002; Tashiro et al. 2017). Especially, research on the origin of metamorphic rocks derived from banded iron formation (BIF), carbonate rock and chert in the 3.81 Ga Isua supracrustal belt (ISB), southern West Greenland has been actively carried out in order to reconstruct the surface environment of the early Earth (c.f. Rose et al., 1999; Bolhar et al., 2004; Friend et al., 2008; Nutman et al., 2010).

Recent geochemical studies suggested that the meta-carbonate rock in the ISB originated from a chemical sedimentary rock based on their Post-Archean Average Shale (PAAS)-normalized rare earth element (REE) patterns (Friend et al., 2008; Nutman et al., 2010). They argued that the meta-carbonate rocks have positive La ($[La/La^*]_{PAAS}$; La* = 2 Ce - 2 Pr), Eu ($[Eu/Eu^*]_{PAAS}$; Eu^* = 0.5 Sm + 0.5 Gd) and Y (Y/Ho) anomaly. In the ISB, the carbonate rocks occur with one of three types following rocks: meta-chert, meta-conglomerate and meta-basalt. However, the relationship between the occurrence and the chemical compositons of meta-carbonate rocks is still ambiguous.

We estimated origin of the meta-carbonate rocks with different occurrence, and reconstructed chemical composition of the Eoarchean seawater from geochemistry of the meta-carbonate rocks in the northern part of the ISB. The meta-carbonate layers accompanying the meta-chert are several centimeters thick, and interlayered with meta-chert layer. The meta-carbonate rocks accompanying the meta-conglomerate rock occur as matrix of meta-conglomerate or layer formed centimeter thick. Previous workers considered that those meta-carbonate rocks originated from shallow water sediments (e.g. Dimorth, 1982; Nutman et al., 1984), whereas others interpreted that they formed through metasomatic alteration (e.g. Appel et al., 1998); thus the origin of the meta-carbonate rock are still controversial. The meta-carbonate rocks accompanying meta-basalt occur as veins in the meta-basalt and their thickness are centimeter to tens of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

centimeters. Those differences in the occurrence are related to their origin.

We analyzed major and trace element (e.g. REE and Zr) contents of the whole rocks of the carbonate rocks with X-ray Fluorescence (XRF) for major elements and High-Resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (HR-ICP-MS) for trace elements at the University of Tokyo, respectively. Some carbonate rocks have high SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, and Zr contents, possibly due to involvement of detrital and volcanic materials with/without silicification. We selected the carbonate rocks with low SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, and Zr contents in order to remove influence of the silicification and contamination of the detrital materials.

The PAAS-normalized REE patterns of meta-carbonate rocks interlayered with the meta-chert show LREE-depleted patterns with positive La (La/La*: 1.18-1.40), Eu (Eu/Eu*: 1.80-5.50) and Y (Y/Ho: 34.9-45.3) anomaly and without Ce anomaly. The meta-carbonate rocks accompanying with meta-conglomerate rocks show LREE-depleted patterns with positive Eu (Eu/Eu*: 1.43-1.91) anomaly, and lack La, Ce and Y anomaly. The meta-carbonate rocks accompanying with the meta-basalt possess LREE-depleted pattern with Eu (Eu/Eu*: 1.35-1.91) anomaly, and lack La, Ce and Y anomaly.

The positive La and Y anomaly indicates that the meta-carbonate rocks were originate from chemical sediments precipitated from seawater (e.g. Webb and Kamber, 1999; Bolhar et al., 2004), and the lack of the Ce anomaly indicates that the Eoarchean seawater was anoxic as many previous works suggested. In addition, the positive Eu anomaly suggests that the meta-carbonate rocks was precipitated from seawater, influenced by hydrothermal activity.
We classified the meta-carbonate rocks in the ISB into two groups based on the occurrence and REE patterns: chemical sedimentary rock and metasomatized rock. The former includes the meta-carbonate rocks interlayered with meta-chert, whereas the latter comprises those accompanied with meta-conglomerate and meta-basalt.

キーワード：イスア表成岩帯、炭酸塩岩、初期太古代、希土類元素、遷移金属元素
Keywords: Isua supracrustal belt, Carbonate rock, Eoarchean, Rare earth element, Transition metal element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)

冥王代から現代まで地球史46億年を通じての地球の進化や地質学的プロセスについて，フィール
ド調査，化学分析，実験，理論計算などの様々なアプローチから研究した最新の成果を集約し，
地球深部の進化と表層の環境変動や生命の発生・進化との因果関係・相互作用などを総括的に議
論する．惑星科学，地質学，テクトニクス，火成岩・変成岩岩石学，層位・古生物学，進化学，
環境学，地球化学など関連する幅広い話題を歓迎する．

[BCG07-P01] カナダ北東部初期大古代ヌブアギツック表成岩帯の地質:堆積岩の原岩と年代の再検討

*小宮 剛[1]、山本 伸次[2]、上原 啓幹[1]、吉田 聡[1]、村上 葵[1]、石原 湧樹[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

[BCG07-P02] Behavior of phosphorus during hydrothermal alteration of basalt under CO_2-rich condition

*村上 葵[1]、澤木 佑介[2]、上田 修裕[3]、折橋 裕二[4]、町田 嗣樹[5]、小宮 剛[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系、4.弘前大学理工学部地球環境防災学科、5.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P03] 西グリーンランド南部アクレックテレーンに産するクロミタイトの成因

*高橋 歓太[1]、森下 知晃[1]、グオタナ ジュアン ミゲル[1]、谷 健一郎[2]、針金 由美子[3]、西尾 郁也[1]、ジラス クリストファー[4]、田村 明弘[1] (1.金沢大学、2.国立科学博物館地学研究部、3.産業技術総合研究所、4.コペンハーゲン大学)

[BCG07-P04] Metamorphic P–T condition of the Inyoni shear zone rocks in the Barberton Greenstone Belt, South Africa and its significance

*加藤 大地[1]、青木 一勝[1]、土屋 裕太[2]、青木 翔吾[2]、小宮 剛[3] (1.岡山理科大学理学部、2.岡山理科大学生物地球学部、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG07-P05] Discovery of possible traces of asteroid impact within the fossil-bearing carbonaceous chert from the 3.4 Ga Strelley Pool Formation, Pilbara Craton of Western Australia - a preliminary study

*杉谷 健一郎[1]、仙田 量子[3]、飯塚 毅[2]、Wallis Simon[2] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.九州大学)

[BCG07-P06] 原生代前期ストロマトライトの縞状構造における高分解能解析：安定同位体比と化学組成分析

宮西 勇太[1]、高村 一希[1]、*勝田 長貴[1]、森本 真紀[1]、安田 敦[2]、川上 紳一[3] (1.岐阜大学教育学部、2.東京大学地震研究所、3.岐阜聖徳学園大学)

[BCG07-P07] 物質循環モデルによって制約された大酸化イベントに伴う物質循環動態

*三浦 優奈[1]、尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

[BCG07-P08] 後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海水組成

*宮崎 彩[1]、狩野 彰宏[1]、白石 史人[2] (1.東京大学　理学系研究科　地球惑星科学専攻、2.広島大学　地球惑星システム学専攻)

[BCG07-P09] 独立成分分析により抽出された日本列島付加体中ペルム紀-トリアス紀境界黒色頁岩の地球化学的特徴

*矢野 萌生[1]、安川 和孝[1,3]、藤永 公一郎[3,2]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[2,1,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、3.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P10] オーストラリア・アジアテクタイトイベント起源のイジェクタ堆積物の分布：衝突地点への示唆

*多田 賢弘[1]、多田 隆治[1,2]、Carling Paul[3]、Songtham Wickanet[4]、Thuyen Xuan[5]、常 昱、田近 英一[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.雲南大学、3.サウサンプトン大学、4.ナコンラチャシマラジャハト大学、5.ホーチミン市工科大学)

[BCG07-P11] 新原生代変火山岩類からなるエジプト・中部東砂漠のエル・ダバー地域の層序/地質構造の復元

*清川 昌一[1]、鈴木 大志[1]、Maher Dawoud[3]、Mohamed El-Hasan[3]、堀江 憲路[2]、竹原 真美[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星部門、2.国立極地研究所、3.Menoufiya University,)

カナダ北東部初期大古代ヌブアギツック表成岩帯の地質:堆積岩の原岩と年代の再検討

Geology of the Eoarchean Nuvvuagittuq supracrustal belt, northeastern Canada: Reappraisal of Protoliths and ages of the sedimentary rocks

*小宮 剛[1]、山本 伸次[2]、上原 啓幹[1]、吉田 聡[1]、村上 葵[1]、石原 湧樹[1]
*Tsuyoshi Komiya[1], Shinji Yamamoto[2], Hiroki Uehara[1], Yoshida Satoshi[1], Aoi Murakami[1], Yuki Ishihara[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2. 横浜国立大学大学院環境情報研究院
1. Department of Earth Science & Astronomy Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo, 2. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yohohama National University

The Nuvvuagittuq supracrustal belt in the northeastern Canada is one of the oldest supracrustal rocks in the world, thus the geological, petrological and geochemical study allows us to constrain the evolution of surface environment and sold earth in the early earth. The belt consists of ultramafic rocks, coarse-graind and fine-grained greenstone, banded iron formation (BIF), siliceous rock, carbonate rock, and conglomerate. The ultramafic rocks and coarse-grained greenstone are considered as ultramafic and grabbroic intrusions, respectively. The fine-grained greensone is classified into three types based on the petrography: cummingtonite-bearing amphibolite (faux-amphibolite), hornblende-bearing amphibolite (green-amphibolite) and actinolite-bearing greenschist. The greenschist occurs only in the southwestern area. The faux- and green-amphibolite are ubiquitously present over the belt. Moreover, O'Neil et al. (2011) classified the amphibolite into three types based on their TiO_2 contents and REE patterns. The BIF mainly occurs in three areas, and has different occurrence and petrography. The BIF in the northwestern area is accompanied with the ultramafic rocks, and comprises interlayering of magnetite and amphibole/serpentine/talc. The BIF in the southwestern area occurs together with fine-grained greenstone, and mainly contains hematite and quartz (jaspillite). Dodd et al. (2017) found possible biogenic fabric, formed by iron-oxiding bacteria in the jaspillite. The BIF in the southeastern part is interlayered with the faux-amphibolite, and occurs above the siliceous rock. It mainly comporises magnetite and quartz.
The belt is intruded by some precursors of orthogneiss, whose igneous ages of *ca.* 3.8 Ga and constrain the minimum age of the belt. O'Neil et al. (2008, 2012) proposed that the igneous age of the fine-grained amphibolite is *ca.* 4.38 Ga based on a putative $^{147}Sm/^{144}Nd$-$^{142}Nd/^{144}Nd$ isochron age. On the other hand, Cates et al. (2013) proposed that a felsic layer within the faux-amphibolite originates from a clastic felsic sedimentary rock, and the maximum age of the belt is *ca.* 3.78 Ga based on ages of the zircons. David et al. (2009) interpreted a felsic layer as a volcanosedimentary rock, and proposed that the supracrustal rock was formd at 3817 Ma based on the ages of zircons.
We made a quite detailed geological map using a drone, which enables easily to trace even tens centimeter layers and intrusions. Many tens centimeter thick intrusions with an intermediate composition are present in the faux-amphibolite, whereas no intrusions are apparently found in the green-amphibolite. The distribution of the two types of amphibolite corresponds to that of three geochemical types of greenstone proposed by O'Neil et al. (2011), suggesting that the geochemical signature is due to secondary alteration. In addition, the apparent isochron on the $^{147}Sm/^{144}Nd$-$^{142}Nd/^{144}Nd$ diagram possibly originates from mixing between the mafic/ultramafic component and secondary intermediate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

component. O'Neil et al. (2008) proposed that the Nd isochron age of gabbroic dikes is 4.3 Ga. But, the gabboric dikes are younger than 3.8 Ga, and the isochron is putative because our map clearly shows that some thin gabbroic dikes are intruded into ambient orthogneiss, whose age is *ca.* 3.8 Ga. We found many conglomerate layers over the belt, but the layers finally change felsic intrusions. The occurrence means that they are putative conglomerate. In addition, the carbonate rocks occur along the felsic intrusions, suggesting they also have metasomatic origin. The petrograhy and occurrence of the BIF in the northwestern area indicate that the BIF was formed from metamorphism of the ultramafic rock. The siliceous rock is intruded by many felsic intrusions and quartz veins, but the detailed map can differentiate between the siliceous layers and intrusions, and shows that the siliceous layers originate from siliceous sediment.

キーワード：冥王代、初期地球、初期生命、表層環境
Keywords: Hadean, Early Earth, Early life, Surface environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Behavior of phosphorus during hydrothermal alteration of basalt under CO_2-rich condition

*村上 葵[1]、澤木 佑介[2]、上田 修裕[3]、折橋 裕二[4]、町田 嗣樹[5]、小宮 剛[2]
*Aoi Murakami[1], Yusuke Sawaki[2], Hisahiro Ueda[3], Yuji Orihashi[4], Shiki Machida[5], Tsuyoshi Komiya[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京大学大学院総合文化研究科、3. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、4. 弘前大学理工学部地球環境防災学科、5. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. The University of Tokyo, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. Hirosaki University, 5. Chiba Institute of Technology

It is well known that a unique environment is created around seafloor hydrothermal systems by element exchange between circulating seawater and surrounding rocks: enrichment in transition elements and sulfide, emission of quite hot water, and even even electric current flow. In addition, a number of hyperthermophilic microorganisms inhabit around hydrothermal vents. 16S rRNA-based phylogenetic tree suggests that the hyperthermophilic organisms are closest to the earliest lineage; thus the hydrothermal environment is one of the candidates for habitat and evolution of early life.

Phosphorus is one of essential elements for life. In order to maintain an early ecosystem around the hydrothermal vent, phosphorus should have been supplied from the hydrothermal vent through high-temperature water-rock reaction. In the modern basalt-hosted hydrothermal systems, phosphorus is removed due to its adsorption to iron oxide precipitated from hydrothermal fluid and/or formation of metamorphic apatite in the hydrothermally metamorphosed basalt. On the other hand, it is well known that middle Archean basaltic rocks, which constituted upper part of oceanic crust, suffered from severe carbonation during hydrothermal alteration due to quite high atmospheric CO_2 content on the early Earth. Under the CO_2-rich condition, calcium was removed from the seawater/hydrothermal fluid due to extensive carbonate formation. Because the carbonate formation inhibits the formation of apatite, the phosphorus might be released from hydrothermally altered rocks. Actually, the hydrothermally altered basaltic rocks in the Archean are more depleted in phosphorus than hydrothermally altered modern mid-ocean ridge basalt.

In order to quantify phosphorus content of fluid supplied from the basalt-hosted hydrothermal system on the early Earth, we conducted hydrothermal experiments involving hypothetical seawater and basalt under both CO_2-free and CO_2-rich conditions at 200 ˚C, 100 bars. The basalt used in this study was collected from the Indian Ocean Marie Celeste Fracture Zone. The initial solution was prepared by mixture of standard reagents by reference to modern seawater, except for Ca and P. The calcium and phosphorus contents in the solution were regulated to 30 mmol/kg and 0.60 ppm, respectively. The latter is ten times higher than the modern equivalent. For the CO_2-rich experiment, $NaHCO_3$ and HCl were added to the hypothetic seawater to substantialize 400 mmol/kg of ΣCO_2 at the beginning of the experiment.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The CO_2 concentration decreased from 400 mmol/kg to 250 mmol/kg as water-rock reaction advanced, indicating precipitation of carbonate minerals. The SEM-EDS observation demonstrated that the run products contain calcite, dolomite, and magnesite. Phosphorus content of the fluid decreased to *ca.* 0.10 ppm under the CO_2-rich condition and *ca.* 0.04 ppm under the CO_2-free condition, respectively. The pH value of the produced fluid for the CO_2-rich experiment, measured at room temperature, was 6.6, by *ca.* 2 unit higher than that of the CO_2-free experiment. Calcium concentration decreased from 30 mmol/kg to 25 mmol/kg under the CO_2-free condition. On the other hand, calcium concentration of the formed fluid under the CO_2-rich condition decreased to 18 mmol/kg at 96 hours, and then increased to 25 mmol/kg. The formation of high alkaline and Ca-poor fluid under the CO_2-rich condition suggests that the fluid was oversaturated with carbonate, whereas undersaturated with apatite. Because the produced fluid under the CO_2-rich condition contained more phosphorus than the modern seawater, the basalt-hosted hydrothermal system may have served as a source of phosphorus under the CO_2-rich condition, probably on the early earth.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西グリーンランド南部アクレックテレーンに産するクロミタイトの成因
Origin of chromitites in the Akulleq terrane, southern West Greenland

*高橋 歓太[1]、森下 知晃[1]、グオタナ ジュアン ミゲル[1]、谷 健一郎[2]、針金 由美子[3]、西尾 郁也[1]、ジラス クリストファー[4]、田村 明弘[1]
*Kanta Takahashi[1], Tomoaki Morishita[1], Juan Miguel Ramirez Guotana[1], Kenichiro Tani[2], Yumiko Harigane[3], Ikuya Nishio[1], Kristoffer Szilas[4], Akihiro Tamura[1]

1. 金沢大学、2. 国立科学博物館地学研究部、3. 産業技術総合研究所、4. コペンハーゲン大学
1. Kanazawa University, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 4. University of Copenhagen

The studies dealing with the Hadean-Archaean geologic samples are recently expanding. Research on Hadean-Archaean terranes is an important part in reconstructing the geologic past of the Earth which is thought to have differences from the present conditions. Southern West Greenland preserves a wide exposure of ancient geologic materials and structures. This study focuses on chromitites and peridotites from the Ujaragssuit nunāt area in southern West Greenland. The Ujaragssuit nunāt area is about 20 km south from the 3.8 Ga Isua Supracrustal Belt (Moorbath et al., 1977). In Ujaragssuit nunāt, ultramafic rocks occur as lenses of several meters to several hundred meters hosted in silicic gneiss (Chadwick and Crewe, 1986). It is important to understand the origin and processes related to the formation of the peridotites and chromitites in Ujaragssuit nunāt as a contribution to the Archaean magmatic processes and tectonics of the early Earth.

Chromitites are rocks with significant amount of chromites (>20 vol.%) (Arai and Miura, 2016). The unaltered composition of spinel is regarded as a useful petrological indicator (Irvine, 1967). However, chromite composition could be modified as a result of chemical re-equilibration, metamorphism, hydrothermal alteration. The impacts of these processes are evaluated in this study. In Ujaragssuit nunāt, chromitites, dunites and amphibole harzburgites are widely exposed. In some areas, the chromitites occur as layers with thickness ranging from several centimeters to a meter. Massive chromitites (2 m thick) are also exposed. The lithologies present in the area were also described in detail in previous works such as of Rollinson et al. (2002).

Chromites are subhedral and account for about 50-70% of the Ujaragssuit nunāt chromitites. Interstitial grains are mainly phlogopite and minor chlorite and talc. The dunite host consists mainly of olivine (~80%) and accessory spinel and phlogopite. Some spinel grains in the host dunite exhibit zonation as evidenced by darker cores and lighter rims under reflected light microscope and scanning electron microscope observations. The zonation observed is associated with compositional variation from core to rim (Fe enrichment towards the rim). The amphibole harzburgites are mainly composed of amphibole, orthopyroxene, spinel, phlogopite. Orthopyroxenes occur both around olivine and in some parts as inclusions inside olivine grains. Talc replacement of orthopyroxenes is also common. Spinel are surrounded by phlogopite and edenitic amphibole.

Spinel in the host peridotites has a higher Fe^{3+}content. The spinel Fe^{3+} content is higher in samples with higher phlogopite and spinel ratio. This suggests that phlogopite was formed by the reaction of spinel (+olivine) with an alkaline element-rich fluid. Spinel serves as a source of the Al_2O_3 in the phlogopite formation. It is considered that the chemical composition change of spinel is caused by the formation of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

phlogopite. Furthermore, phlogopite in the sample containing amphiboles has lower K/(K+Na) ratio than samples without amphibole. Amphiboles are also found around the spinel. The K/(K+Na) ratio in the fluid decreases as the alkaline element-rich fluid forms phlogopite and amphibole was formed by the reaction between this differentiated fluid and spinel (+olivine). The abundance of orthopyroxene is higher in the sample containing amphiboles. The Cr_2O_3- and Al_2O_3- poor characteristic of the orthopyroxenes suggests a secondary origin. The differentiated fluid is also abundant in silica component and reacts with olivine to react to form the secondary orthopyroxenes. Although the possibility of crystal differentiation cannot be completely ruled out, it is thought that these peridotites were originally dunites and chromitites and the chemical composition was modified by alkali alteration.

キーワード：西グリーンランド南部、クロミタイト、交代作用
Keywords: southern West Greenland, chromitite, metasomatism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Metamorphic P–T condition of the Inyoni shear zone rocks in the Barberton Greenstone Belt, South Africa and its significance

*加藤 大地[1]、青木 一勝[1]、土屋 裕太[2]、青木 翔吾[2]、小宮 剛[3]
*Daichi Kato[1], Kazumasa Aoki[1], Yuta Tsuchiya[2], Shogo Aoki[2], Tsuyoshi Komiya[3]

1. 岡山理科大学理学部、2. 岡山理科大学生物地球学部、3. 東京大学大学院総合文化研究科
1. Department of Applied Science,Okayama University of Science, 2. Department of Biosphere-Geosphere Science,Okayama University of Science, 3. Department of Earth Science and Astronomy,University of Tokyo

The metamorphic P–T conditions and processes of the mid-Archean Barberton Greenstone Belt (BGB), South Africa were examined from metamorphosed banded iron formation (BIF) and garnet amphibolite in the Inyoni shear zone (ISZ). Their metamorphic P–T conditions were estimated from thermodynamic calculations combined with several geothermobarometries such as garnet–clinopyroxene geothermometry, Raman geobarometry and Zr-in-sphene geothermometry. Moreover, in order to constrain the protolith age and origin of our studied sample, we conducted zircon U-Pb and trace elements analyses by using Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS).The following results were obtained: the P–T conditions of the meta-BIF changed from ca. 600–680 ˚C and 10–12.7 kbar through ca. 510–540 ˚C and 8–11 kbar to less than 500 ˚C and 4 kbar. On the other hand, the P–T conditions of the garnet amphibolite changed from ca. 9.5–10.5 kbar and 620–660˚C to less than 5 kbar and 500 ˚C. Integration of these new results with previous studies for the BGB suggest that the geothermal gradients of the prograde and retrograde metamorphisms were ca. 15–20 ˚C/km and 20–30 ˚C/km, respectively. Igneous zircon separated from the Garnet amphibolite sample yield ^{207}Pb-^{206}Pb age of ca. 3.4-3.2 Ga. This new data together with previous geochronological data indicate that the protoliths of ISZ rocks began to subduct at ca. 3.37-3.24 Ga. The prograde P-T path was kinked at P = 8.0 kbar and T = 560 ℃ by difference in geothermal gradient between crust and upper mantle. The change of geothermal gradient in the ISZ rocks between prograde and retrograde conditions might have relation to the collision of ca. 3.4 Ga Stoluzburg domain. The last P-T trajectory characterized by isothermal decompression might be caused by the intrusion of the ca. 3.23-3.21 Ga TTG Badplaas pluton attendant on plate subduction.

キーワード：太古代、バーバートン緑色岩帯、プレートテクトニクス
Keywords: Archean, Barberton greenstone belt, Plate tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discovery of possible traces of asteroid impact within the fossil-bearing carbonaceous chert from the 3.4 Ga Strelley Pool Formation, Pilbara Craton of Western Australia - a preliminary study

*杉谷 健一郎[1]、仙田 量子[3]、飯塚 毅[2]、Wallis Simon[2]
*Kenichirio Sugitani[1], Ryoko Senda[3], Tsuyoshi Iizuka[2], Simon Wallis[2]

1. 名古屋大学、2. 東京大学、3. 九州大学
1. Nagoya University, 2. The University of Tokyo, 3. Kyushu University

Large asteroid impacts are thought to be a common feature of the Archean in particular as a result of the Late Heavy Bombardment (LHB). One line of supporting evidence is the presence of “impact layers” containing silicate spherules that were formed by condensation of rocks vaporized by bombardment events. Two Early Archean impact layers with ages of 3.47 and 3.46 Ga have been identified from the Pilbara greenstone belt, Western Australia (Glikson et al., 2016; Lowe and Byerly, 1986). In contrast 5 separate impact layers with ages of 3.47 to 3.24 Ga have been identified in the Barberton greenstone belt, South Africa (e.g., Lowe et al., 2014; Byerly et al., 2002). Such extraterrestrial impacts likely influenced the Earth’s early environment, including crustal deformation, terrain amalgamation, evaporation of significant volumes of ocean water, and even triggering the development of a modern-like plate tectonic regime (Lowe et al, 2014). It is also reasonable to assume that the early life was influenced significantly by these impacts (Lowe et al., 2003). The early evolution of life might have been accelerated as a consequence of adaptation to such environmental agitations (Kozawa et al., 2018; Oehler et al., 2017). Thus, a close association of traces of life, such as microfossils with cellular preservation, and of impact events recorded in Archean sedimentary successions is of special interest.

In this study we describe the new discovery of traces of asteroid impacts in the ca. 3.4 Ga Strelley Pool Formation (SPF) in the Panorama greenstone belt of the Pilbara Craton, Western Australia. Spherules of possible impact origin were identified in carbonaceous black chert 15 cm thick from which morphologically diverse microfossils have been described (e.g., Sugitani et al., 2013) (Fig. 1). Evidence for an asteroid impact includes the presence of a thin sedimentary layer rich in silicate spherules (Fig. 2) associated with enrichment of platinum-group elements (PGE) (Fig. 3a). However, our detailed analyses revealed that PGE-enrichment is more conspicuous in the lower horizon and are associated with $^{178}Os/^{188}$Os initial values close to 0.1. In contrast, spherule-rich layers have significantly higher $^{178}Os/^{188}Os$ values ~1.0 (Fig. 3b). One exception is a sample from the upper portion, which has an unusually low value. It is also noteworthy that the spherule-rich layer is enriched in Al and Ti (Fig. 3c). There is a clear higher contribution by clastic materials to this layer, and this feature may explain the apparent contradiction between the PGE-enrichment and Os isotopic values described above. In either case, the layer contains abundant volcanic fragments and clasts in which spherules tend to occur. This occurrence suggests that the spherules were likely reworked from the original site of deposition. A layer composed of carbonaceous grains including rip-up clasts that is found just below the spherule-rich layer (Fig. 1) indicates a steep high-energy depositional environment. This layer contrasts with the fine parallel lamination of carbonaceous chert layers seen at the other horizons, which indicates a quiet depositional environment. We infer that the original impact layer is present below the examined carbonaceous black chert layer and that a high-energy environment related to volcanic activity caused reworking of the spherule-rich deposits, which were transported to the present site of deposition. If this is the case, the high PGE concentrations and the significantly low $^{187}Os/^{188}Os$ initial ratios of the lower cherty samples could be

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

explained as representing the aftermath of an impact event associated with precipitation of vaporized PGE from the atmosphere to the sediment.

References

Byerly et al. (2002) Science 297, 1325-1327; Glikson et al. (2016) Precam. Res. 279: 103-122; Kozawa et al. (2018) *Geobiology* DOI: 10.1111/gbi12319; Lowe et al. (2014) Geology 42: 747-750; Lowe et al. (2003) Astrobiology 3: 7-48; Lowe and Byerly (1986) Geology 14, 83-86; Oehler et al. (2017) Precambrian Research 296, 112-119; Sugitani et al. (2015) Geobiology 13, 507-521.

キーワード：太古代、微化石、小惑星衝突、白金族元素、オスミウム同位体「
Keywords: Archean, microfossils, asteroid impact, platinum group elements, osmium isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fig. 1

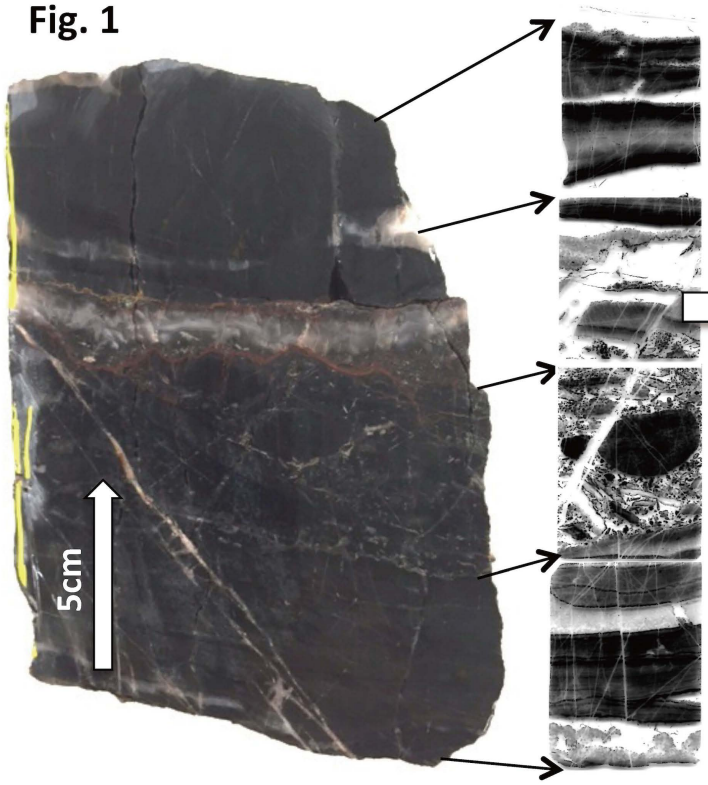
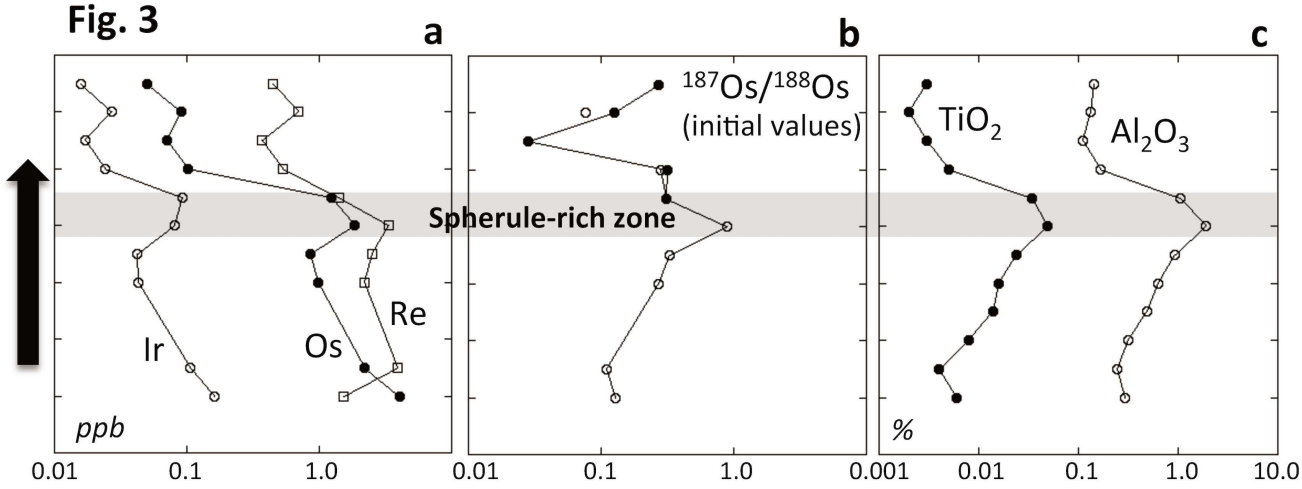


Fig. 2



Fig. 3



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原生代前期ストロマトライトの縞状構造における高分解能解析：安定同位体比と化学組成分析

High-resolution stable isotopes and chemical analyses on laminations of the early Proterozoic stromatolite

宮西 勇太[1]、高村 一希[1]、*勝田 長貴[1]、森本 真紀[1]、安田 敦[2]、川上 紳一[3]
Yuta Miyanishi[1], Kazuki Takamura[1], *Nagayoshi Katsuta[1], Maki Morimoto[1], ATSUSHI YASUDA[2], Shin-ichi Kawakami[3]

1. 岐阜大学教育学部、2. 東京大学地震研究所、3. 岐阜聖徳学園大学
1. Faculty of Education, Gifu University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Faculty of Education, Gifu Shotoku Gakuen University

今日ストロマトライトと呼ばれる先カンブリア時代の堆積岩は、縞状構造の発達したドーム状の炭酸塩岩であり、初期地球の生命進化と環境変動を知る上で重要な物証とされている。本研究は、ストロマトライトの縞状構造に記録される環境変動を明らかにするために、高分解能の炭素・酸素同位体比（$\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$）と化学組成分析を行った。

解析に用いた試料は北西カナダの原生代初期（1.9 Ga）・ハーン累層のストロマトライトである。このストロマトライトは、緩斜面と急斜面からなる非対称のドーム状縞状構造を持ち、縞状構造は薄い暗色縞と厚い明色縞が繰り返される。斜面と急斜面の縞の厚さは、ほぼ同一のリズムを持つ。暗色縞と明色縞の1組の厚さは約300 μm~約800 μmの間で変動し、その厚さの変動は明色縞の厚さに起因している。本研究は、そこから記録を読み出すために、同一試料の試料を用いて、次のように分析を行った。まず、炭素・酸素同位体比分析については、マイクロミルを用いて75 μmごとに試料採取を行った。その際に、マイクロミルの1点だけでは、分析に必要な試料量を回収できないため、縞模様に沿って分析に必要な約60 μg以上を取り分けた。その後、リン酸を用いて、炭酸塩前処理装置付き同位体比量分析計で炭酸塩$\delta^{13}C$·$\delta^{18}O$の測定が行われた。化学組成分析は、ダイアモンドペーストで表面研磨した試料を準備し、EPMAを用いて点分析と元素マッピングが行われた。測定条件は、ビーム径とステップ幅は共に10 μmとなる。

縞状構造の構成元素は、暗色縞がAl, Si, K、明色層がCa, Mg, Feに富み、構成鉱物は暗色縞が石英、カリ長石、雲母、ドロマイト、明色縞がFeドロマイトを主体とする。また、ルチル、磁鉄鉱、アパタイトが微量に含まれる。EPMA画像をもとに計測した、暗色縞と明色縞の1組の厚さの変動は、3~5枚の卓越周期を示す。一方、縞の炭酸塩の同位体比については、45本の縞の連続記録を得ることができ、明色層では$\delta^{13}C$が平均約-9.0‰、$\delta^{18}O$が平均約0.3‰、暗色層では$\delta^{13}C$が平均約-10.3‰、$\delta^{18}O$が約1.3‰であった。また、$\delta^{13}C$·$\delta^{18}O$変動の振幅は縞の厚さと共に増大する。

暗色層に比べて明色層の高$\delta^{13}C$値と低$\delta^{18}O$値は、水温上昇による蒸発作用で塩濃度が上昇し、ドロマイトの生成が促進されたことに起因する。したがって、ハーンストロマトライトの縞状構造は、明色層は夏季、暗色層は冬季にそれぞれ形成された年層とみなすことができる。また、$\delta^{13}C$·$\delta^{18}O$の年々変動は、夏季の水温と蒸発量を反映したものと考えられる。その変動はエルニーニョの3~5年周期を持つことから、原生代初期の浅海環境は、今日の地球表層環境で見られる同様の外力によって支配されてきたと考えることができる。

キーワード：ストロマトライト、縞状構造、安定同位体比、化学組成
Keywords: Stromatolite, Laminated structure, Stable isotope, Chemical composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

物質循環モデルによって制約された大酸化イベントに伴う物質循環動態
Biogeochemical dynamics in during the Great Oxidation Event constrained by a biogeochemical cycle model

*三浦 優奈[1]、尾崎 和海[1]
*Yuna Miura[1], Kazumi Ozaki[1]

1. 東邦大学
1. Toho University

The accumulated geological and geochemical data indicate that Earth’s ocean-atmosphere system has seen a fundamental increase in oxygen abundances from anoxic conditions (pO_2 <10^{-5} present atmospheric level (PAL)) to oxic conditions (pO_2 >10^{-2} PAL) during the Paleoproterozoic. This marked transition, known as the ‘Great Oxidation Event (GOE)’, may be accompanied by a transient time of relatively high oxygen levels in the atmosphere and ocean (called an ‘oxygen overshoot’). However, the ultimate cause and biogeochemical consequences of the GOE remain unclear.
Harada et al. (2015) hypothesized the snowball Earth glaciation at 2.2 Ga as an ultimate cause of the GOE with a prolonged (~10^8 year) oxygen overshoot. Sedimentary record of iron and manganese oxides above the glacial deposit in the Transvaal Supergroup, South Africa, implies an oxygenation of Earth’s surface environments just after the glaciation. The red beds and sulfate evaporites (gypsum, $CaSO_4$) also suggest a sustained oxygenation of the Earth surface environment. They constructed a biogeochemical cycle model of carbon, phosphorous and oxygen, and conducted sensitivity experiments to assess the biogeochemical dynamics after the snowball Earth glaciation. By assuming an atmospheric CO_2 level of 0.7 atm required to end the snowball Earth glaciation, they found that an extremely warm climate accelerates chemical weathering on land and phosphorus riverine input. This marked increase in phosphorus input results in a dramatic increase in biospheric oxygen production, with an oxygen overshoot lasting for ~10^8 years. However, it remains unclear whether their calculations are consistent with available geological constraints (e.g., sulfate evaporite depositions and sulfur isotope data), because they ignore the geochemical cycle of sulfur. A recent geochemical study suggests that concentration of sulfate ([SO_4^{2-}]) in the ocean may have been unusually high (>10 mM) during the gypsum formation. If correct, this provides a strong constraint on the biogeochemical conditions.
In this study we constructed a sulfur cycle model with a goal of finding the feasible conditions for the geochemical constraint ([SO_4^{2-}] >10 mM). The model consists of three reservoirs—oceanic sulfate, crustal gypsum, and crustal pyrite. Sulfur enters the ocean through weathering of gypsum and pyrite. We assumed that the oxidative weathering of pyrite is a function of atmospheric O_2 levels and that the gypsum weathering is proportional to the global weathering rate. Sulfur is removed from the ocean via deposition of gypsum and pyrite. We assumed that sulfate burial in the ocean is proportional to seawater sulfate levels. Pyrite burial is assumed to be governed by microbial sulfate reduction dependent on marine sulfate content, biological production (i.e., the availability of organic matter), and oceanic O_2 levels. In this study, we performed a series of sensitivity experiment with a Harada et al.’s model, and obtained biogeochemical dynamics (e.g., atmospheric O_2 levels and weathering rates) were used as a forcing for our sulfur cycle model, enabling us to simulate the evolution of oceanic SO_4^{2-} levels after the glaciation. Our sensitivity experiments of a Harada et al.’s model demonstrate that the biogeochemical dynamics after the glaciation depend mainly on the initial value of atmospheric CO_2 levels: >0.2 bar and >0.25 bar of CO_2 are required for the GOE and the occurrence of an oxygen overshoot, respectively. Our sulfur cycle model, however, demonstrates that 0.25 bar of CO_2 is not sufficient to explain the unusually high levels of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$[SO_4^{2-}]$ >10 mM during the overshoot. The systematic sensitivity experiments reveal that at least ~0.75 bar of CO_2 will be required. This result provides an additional support for the hypothesis that the severe glaciation was an ultimate cause of the GOE in the Paleoproterozoic.

キーワード：大酸化イベント、物質循環、硫黄循環
Keywords: Great Oxidation Event, biogeochemical cycle, sulfur cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海水組成
Composition of seawater before the Sturtian Snowball Earth estimated by the occurrence of late Tonian evaporitic magnesite

*宮崎 彩[1]、狩野 彰宏[1]、白石 史人[2]
*Aya Miyazaki[1], Akihiro Kano[1], Fumito Shiraishi[2]

1. 東京大学　理学系研究科　地球惑星科学専攻、2. 広島大学　地球惑星システム学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Department of Earth and Planetary Systen Sciences, Hiroshima University

藻類・原生動物・多細胞動物の放散が進行した新原生代は生命進化にとって重要な時代である。その背景には全球凍結のような激変があり，エディアカラ紀以降の環境変動と化石記録についての理解は大きく進みつつある。しかし，地球表層が全球凍結にいたるまでの環境的背景については良く理解されていない。

南オーストラリア州フリンダーズレンジには新原生代～カンブリア紀の浅海成堆積物が発達し，特にスターチアン氷期前後の優れた地層記録が保存される。今回対象とするのは北部のLeigh Creek (LC section) に露出するSkillogalee Dolomiteである。本層はスターチアン氷期堆積物の下位にあり，年代は788±7Ma (後期トニア紀) とされている (Hood and Wallace 2018)。岩相は少量のケイ質砕屑物を含むが，大半は炭酸塩からなり，層内レキ岩・ストロマトライト・tepee構造を含む極浅海での堆積物である。本層の最も顕著な特徴はマグネサイトを大量に含んでいることにある。マグネサイトは厚さ1m程度の層，もしくは層内レキ岩のクラストとして存在し，ドロマイトと共産する。Tepee構造などから蒸発性の環境が示され，マグネサイトのより高い炭素同位体比と酸素同位体比は，マグネサイトがドロマイトより後に沈殿したことを示唆する。ただし，ジプサムの仮像は認められない。

Skillogalee Dolomiteの鉱物組合せは原生代の限られた時期の蒸発性環境にしか認められない。一方，顕生代の蒸発環境ではCa炭酸塩とドロマイト，ジプサム，ハライトの順番に沈殿し，マグネサイトは生成しない (Hardie and Eugster 1980)。特異な鉱物組合わせ（ドロマイト–マグネサイト）を説明するために，海水の連続的蒸発で予想される鉱物沈殿のモデル計算を行ったところ，Mg/Ca > 10かつMg > Alkalinity > Caの条件に解が得られた。硫酸濃度は現在のレベルでも結果に関係しない。アルカリ度は現在の10倍以上になり，高い二酸化炭素分圧か低いCa濃度を反映したものと考えられる。また，高いMg/Ca比の原因として，低い中央海嶺での海水循環と活発な炭酸塩堆積に加え，800Ma頃のジプサムを含む蒸発岩生成 (Evans 2006) によるCaの枯渇が考えられる。海水のpHが炭酸カルシウムの溶解平衡に支配されているのであれば，Ca濃度の極端な低下が海水のpH上昇を促し，大気二酸化炭素の低下につながったのかもしれない。

Evans 2006, Nature 444, 51-55.
Hardie and Eugster 1980, Science 208, 498-500.
Hood and Wallace 2018. Global and Planetary Change 160, 28-45.

キーワード：新原生代、蒸発岩、海水成分
Keywords: Neoproterozoic, evaporite, seawater chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

独立成分分析により抽出された日本列島付加体中ペルム紀-トリアス紀境界黒色頁岩の地球化学的特徴

Geochemical characteristics of black shales in the Japanese accretionary complex across the Permian-Triassic boundary extracted by independent component analysis

*矢野 萌生[1]、安川 和孝[1,3]、藤永 公一郎[3,2]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[2,1,3]
*Moei Yano[1], Kazutaka Yasukawa[1,3], Koichiro Fujinaga[3,2], Kentaro Nakamura[1], Yasuhiro Kato[2,1,3]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、3. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター
1. Department of Systems Innvation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo, 3. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology

The Permian-Triassic boundary (PTB) is characterized by an oxygen-depleted condition in the superocean Panthalassa. However, the degree of the oxygen depletion in deep-sea environments remains an open question.Deep-sea sediments that deposited from the latest Permian to early Triassic constitute black shale within the accretionary complexes of Japan, showing a distinct enrichment of redox sensitive trace metals (e.g., V, Mo, U) that precipitate under reducing conditions.In contrast to the Panthalassa at the PTB, the modern ocean is generally oxygenated from the surface to the bottom due to a sufficiently strong global ocean circulation. However, oxygen-depleted water masses can develop in some specific areas such as restricted basins and coastal upwelling areas, and blackish sediments in these areas show laminated facies and/or high total organic carbon contents reflecting oxygen-depleted conditions.Comparing the black shales at the PTB with the other sediments that deposited in oxygen-depleted conditions can characterize the Panthalassa across the PTB in a context of a broad spectrum of oceanic environmental changes throughout the Earth’s history. To this end, clarifying geochemical features of multiple elements, especially of redox sensitive trace metals, is quite a useful approach to extract the information of the oceanic environments involving variations in redox conditions. Here we applied independent component analysis to the multi-elemental data set composed of major- and trace-element contents of the samples from the PTB sections within the accretionary complexes of Japan, and black mud and shale of other geological times obtained by scientific drillings in the modern oceans. We will discuss the geochemical characteristics of the PTB black shales and the other blackish sediments, and oceanic environmental conditions across the PTB.

キーワード：ペルム紀ートリアス紀境界、黒色頁岩、酸化還元敏感微量金属、独立成分分析、付加体
Keywords: Permian-Triassic boundary, black shale, redox sensitive trace metals, independent component analysis, accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーストラリア・アジアテクタイトイベント起源のイジェクタ堆積物の分布：衝突地点への示唆

The Distribution of the Ejecta Deposit derived from Australasian Tektite Event: Implication for the Location of the Impact

*多田 賢弘[1]、多田 隆治[1,2]、Carling Paul[3]、Songtham Wickanet[4]、Thuyen Xuan[5]、常 昱、田近 英一[1]

*Toshihiro Tada[1], Ryuji Tada[1,2], Paul Carling[3], Wickanet Songtham[4], Le Xuan Thuyen[5], Yu Chang, Eiichi Tajika[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 雲南大学、3. サウサンプトン大学、4. ナコンラチャシマラジャハト大学、5. ホーチミン市工科大学
1. Department of Earth and Planetary Science, 2. Yunnan University, 3. Geography and Environment, University of Southampton, 4. Northeastern Research institute of Petrified Wood and Mineral Resources, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, 5. Ho Chi Minh City University of Science

大規模な天体衝突によって形成されるガラススフェリュールであるテクタイトは、地球上では主に4つの地域に分布している (e.g, McCall, 2001)。そのうち、東南アジアから南極にまで及ぶ最大の分布域を持つオーストラリア・アジアテクタイトは、およそ79万年まえに東南アジアで起きた天体衝突（オーストラリア・アジアテクタイトイベント: AATE）によって形成されたとされる。この天体衝突イベントは、衝突天体の直径が数kmに達するような大規模な天体衝突イベントの中で最も新しく、衝突クレーターやイジェクタ層（衝突地点から放出された物質が堆積して形成される地層）などの衝突の証拠やそれに伴う古環境変動記録が長期間にわたる風化変質や侵食を受けることなくよく保存されていることが期待される。そのため、大規模天体衝突が引き起こす地球環境変動を調べるうえで重要な研究対象である。

地球表面積の10%以上を覆うテクタイト分布域の広さから、直径30-120kmの衝突クレーターが形成されたと推定されている (e.g., Prasad et al., 2007)。しかし、衝突クレーターは未だに発見されず、正確な衝突地点や衝突の規模、様式（衝突角度や速度、複数衝突であった可能性など）が明らかにされていないという問題がある。

従来、AATEの衝突地点推定は、テクタイトの分布に基づいて行われてきた。10cmを超える大きさや化学組成の不均質性から衝突地点近傍に分布するとされる層状テクタイトがタイ・ラオス・ベトナムの限られた地域に分布すること、海洋コア堆積物中のマイクロテクタイトの個数密度がインドシナ半島に近い程大きくなることは、衝突地点がインドシナ半島東部であることを示唆している (Shnetzler, 1992; Prasad et al., 2007)。

衝突地点をより厳密に制約するためには、イジェクタ層の分布が重要となる。イジェクタ層は、衝突地点に近い程層厚が厚くなり、そこに含まれる衝撃変成鉱物の含有量や粒径も大きくなることが知られているためである (e.g., Morgan et al., 2006)。しかし、インドシナ半島陸上において、この衝突によるイジェクタ層はこれまで報告されていなかった。

そこで我々は、インドシナ半島においてイジェクタ層を特定し、その分布を調べるため、タイ東北部・ベトナム中部・ラオス南部において野外調査を行ってきた。これまでに、タイ・ラオス国境付近のHuai Om セクションにおいて白亜系基盤岩を不整合に覆う第四紀層中から、天体衝突の最も確実な証拠の一つとされる衝撃変成石英を発見し、イジェクタ堆積物を特定した。この地点のイジェクタ堆積物は、下位より、基盤岩の同時礫を含む層厚およそ1mのシルト～砂層（ユニットⅠ）、テクタイトを含む層厚20cm～1mの礫層（ユニットⅡ）、層厚およそ3mの塊状砂層（ユニットⅢ）に区分される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ユニットII・ユニットIIIに相当するテクタイトを含む礫層とそれを覆う塊状砂層は、インドシナ半島東部の広い範囲に分布する。特にユニットIIの層厚は、タイ・ラオス国境南部に近づく程厚くなる傾向が見られた。タイ東北部の、Hua Omセクションを含めた3地点のユニットII・IIIについて衝撃変成石英の含有量及び粒径を測定した結果、粒径は200μm程度で地点間に明確な差が見られなかったものの、含有量は5–10%程度で、タイ・ラオス国境南部に向かって大きくなることが分かった。 ユニットIIの層厚の変化及び、衝撃変成石英の含有量の分布は、衝突地点がタイ・ラオス国境南部付近であることを示唆している。

現在、さらに多くの地点で衝撃変成石英の含有量・粒径の測定を行っている。本発表ではインドシナ半島東部広域におけるイジェクタ堆積物の層厚、衝撃変成石英の含有量・粒径の分布を報告し、衝突地点のより確からしい推定を試みる。

キーワード：テクタイト、衝撃変成石英、イジェクタ、オーストラリア・アジアテクタイト
Keywords: Tektite, Shocked quartz, Ejecta, Australasian Tektite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新原生代変火山岩類からなるエジプト・中部東砂漠のエル・ダバー地域の層序/地質構造の復元

Tectonic-sedimentation reconstruction of Neoproterozoic metavolcanic sequences; the El-Dabbah area, Central Eastern Desert, Egypt

*清川 昌一[1]、鈴木 大志[1]、Maher Dawoud[3]、Mohamed El-Hasan[3]、堀江 憲路[2]、竹原 真美[2]
*Shoichi Kiyokawa[1], TAISHI SUZUKI[1], Maher Dawoud[3], El-Hasan Mohamed[3], Kenji Horie[2], Mami Takehara[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星部門、2. 国立極地研究所、3. Menoufiya University,
1. Department of Earth and Planetary Sciences Faculty of sciences, Kyuushu University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Department of Geology, Faculty of Science, Menoufiya University,

エジプト，東砂漠地域には縞状鉄鉱層を含む新原生代の火山岩ー堆積岩層序を持つ地質帯が広がっている．一般的に東砂漠地域では広い範囲で，変形や変成作用が強く，初期段階の層序／地質構造の復元が進んでいない．我々は，変形変成が低く，縞状鉄鉱層の層序が比較的残っている中部東砂漠地域のEl-Dabbah地域について，地質図作成，年代測定により地質構造／地質層序 の復元を行った．本地域は，El-Dabbah層，Atsham層，Hammamat Groupからなり，それぞれ不整合で接する地質帯である．El-Dabbah層は，島弧起源の火山岩ー砕屑岩層からなり，厚い枕状溶岩や火山砕屑岩，部分的に縞状鉄鉱層を含む地層である．Atsham層はモラッセタイプの礫岩を多く含む陸源堆積物である．Hammamat Groupは東砂漠地域に広く分布するプルアパート堆積盆であり，陸生層の赤色岩や湖起源の堆積物からなる．El-Dabbah地域ではこの不整合境界が広くみられており，不整合以前の火山岩・堆積岩層の地質構造が記録されている．SHRIMPによる3カ所の貫入年代（granite at *ca.*638.1±2.9 Ma and a rhyodacite at 659.6±3.0 Ma）およびHammamat Groupの砂岩中の砕屑性ジルコン年代が明らかになり，地質構造とともに，3回の変動ステージを明らかにした．D_1: 700–680 Ma: 島弧付加時期；D_2: 650–640 Ma：横ずれに伴うAtsham 層堆積とそれに伴う横ずれ運動および花崗岩類の貫入（大陸形成造山期）; D_3: 638–600~ Ma：プルアパート堆積盆形成と造山運動の終始期.

キーワード：新原生代、島弧、横ずれ堆積盆、縞状鉄鉱層
Keywords: Neoproterozoic, Island arc, strike-slip basin, banded iron formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_35

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)

冥王代から現代まで地球史46億年を通じての地球の進化や地質学的プロセスについて，フィール
ド調査，化学分析，実験，理論計算などの様々なアプローチから研究した最新の成果を集約し，
地球深部の進化と表層の環境変動や生命の発生・進化との因果関係・相互作用などを総括的に議
論する．惑星科学，地質学，テクトニクス，火成岩・変成岩岩石学，層位・古生物学，進化学，
環境学，地球化学など関連する幅広い話題を歓迎する．

[BCG07-P01] カナダ北東部初期大古代ヌブアギツック表成岩帯の地質:堆積岩の原岩と年代の再検討

*小宮 剛[1]、山本 伸次[2]、上原 啓幹[1]、吉田 聡[1]、村上 葵[1]、石原 湧樹[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

[BCG07-P02] Behavior of phosphorus during hydrothermal alteration of basalt under CO_2-rich condition

*村上 葵[1]、澤木 佑介[2]、上田 修裕[3]、折橋 裕二[4]、町田 嗣樹[5]、小宮 剛[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系、4.弘前大学理工学部地球環境防災学科、5.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P03] 西グリーンランド南部アクレックテレーンに産するクロミタイトの成因

*高橋 歓太[1]、森下 知晃[1]、グオタナ ジュアン ミゲル[1]、谷 健一郎[2]、針金 由美子[3]、西尾 郁也[1]、ジラス クリストファー[4]、田村 明弘[1] (1.金沢大学、2.国立科学博物館地学研究部、3.産業技術総合研究所、4.コペンハーゲン大学)

[BCG07-P04] Metamorphic P–T condition of the Inyoni shear zone rocks in the Barberton Greenstone Belt, South Africa and its significance

*加藤 大地[1]、青木 一勝[1]、土屋 裕太[2]、青木 翔吾[2]、小宮 剛[3] (1.岡山理科大学理学部、2.岡山理科大学生物地球学部、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG07-P05] Discovery of possible traces of asteroid impact within the fossil-bearing carbonaceous chert from the 3.4 Ga Strelley Pool Formation, Pilbara Craton of Western Australia - a preliminary study

*杉谷 健一郎[1]、仙田 量子[3]、飯塚 毅[2]、Wallis Simon[2] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.九州大学)

[BCG07-P06] 原生代前期ストロマトライトの縞状構造における高分解能解析：安定同位体比と化学組成分析

宮西 勇太[1]、高村 一希[1]、*勝田 長貴[1]、森本 真紀[1]、安田 敦[2]、川上 紳一[3] (1.岐阜大学教育学部、2.東京大学地震研究所、3.岐阜聖徳学園大学)

[BCG07-P07] 物質循環モデルによって制約された大酸化イベントに伴う物質循環動態

*三浦 優奈[1]、尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

[BCG07-P08] 後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海水組成

*宮崎 彩[1]、狩野 彰宏[1]、白石 史人[2] (1.東京大学　理学系研究科　地球惑星科学専攻、2.広島大学　地球惑星システム学専攻)

[BCG07-P09] 独立成分分析により抽出された日本列島付加体中ペルム紀-トリアス紀境界黒色頁岩の地球化学的特徴

*矢野 萌生[1]、安川 和孝[1,3]、藤永 公一郎[3,2]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[2,1,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、3.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[BCG07-P10] オーストラリア・アジアテクタイトイベント起源のイジェクタ堆積物の分布：衝突地点への示唆

*多田 賢弘[1]、多田 隆治[1,2]、Carling Paul[3]、Songtham Wickanet[4]、Thuyen Xuan[5]、常 昱、田近 英一[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.雲南大学、3.サウサンプトン大学、4.ナコンラチャシマラジャハト大学、5.ホーチミン市工科大学)

[BCG07-P11] 新原生代変火山岩類からなるエジプト・中部東砂漠のエル・ダバー地域の層序/地質構造の復元

*清川 昌一[1]、鈴木 大志[1]、Maher Dawoud[3]、Mohamed El-Hasan[3]、堀江 憲路[2]、竹原 真美[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星部門、2.国立極地研究所、3.Menoufiya University,)

カナダ北東部初期大古代ヌブアギツック表成岩帯の地質:堆積岩の原岩と年代の再検討

Geology of the Eoarchean Nuvvuagittuq supracrustal belt, northeastern Canada: Reappraisal of Protoliths and ages of the sedimentary rocks

*小宮 剛[1]、山本 伸次[2]、上原 啓幹[1]、吉田 聡[1]、村上 葵[1]、石原 湧樹[1]
*Tsuyoshi Komiya[1], Shinji Yamamoto[2], Hiroki Uehara[1], Yoshida Satoshi[1], Aoi Murakami[1], Yuki Ishihara[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻、2. 横浜国立大学大学院環境情報研究院
1. Department of Earth Science & Astronomy Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo, 2. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yohohama National University

The Nuvvuagittuq supracrustal belt in the northeastern Canada is one of the oldest supracrustal rocks in the world, thus the geological, petrological and geochemical study allows us to constrain the evolution of surface environment and sold earth in the early earth. The belt consists of ultramafic rocks, coarse-graind and fine-grained greenstone, banded iron formation (BIF), siliceous rock, carbonate rock, and conglomerate. The ultramafic rocks and coarse-grained greenstone are considered as ultramafic and grabbroic intrusions, respectively. The fine-grained greensone is classified into three types based on the petrography: cummingtonite-bearing amphibolite (faux-amphibolite), hornblende-bearing amphibolite (green-amphibolite) and actinolite-bearing greenschist. The greenschist occurs only in the southwestern area. The faux- and green-amphibolite are ubiquitously present over the belt. Moreover, O'Neil et al. (2011) classified the amphibolite into three types based on their TiO_2 contents and REE patterns. The BIF mainly occurs in three areas, and has different occurrence and petrography. The BIF in the northwestern area is accompanied with the ultramafic rocks, and comprises interlayering of magnetite and amphibole/serpentine/talc. The BIF in the southwestern area occurs together with fine-grained greenstone, and mainly contains hematite and quartz (jaspillite). Dodd et al. (2017) found possible biogenic fabric, formed by iron-oxiding bacteria in the jaspillite. The BIF in the southeastern part is interlayered with the faux-amphibolite, and occurs above the siliceous rock. It mainly comporises magnetite and quartz.
The belt is intruded by some precursors of orthogneiss, whose igneous ages of *ca.* 3.8 Ga and constrain the minimum age of the belt. O'Neil et al. (2008, 2012) proposed that the igneous age of the fine-grained amphibolite is *ca.* 4.38 Ga based on a putative $^{147}Sm/^{144}Nd$-$^{142}Nd/^{144}Nd$ isochron age. On the other hand, Cates et al. (2013) proposed that a felsic layer within the faux-amphibolite originates from a clastic felsic sedimentary rock, and the maximum age of the belt is *ca.* 3.78 Ga based on ages of the zircons. David et al. (2009) interpreted a felsic layer as a volcanosedimentary rock, and proposed that the supracrustal rock was formd at 3817 Ma based on the ages of zircons.
We made a quite detailed geological map using a drone, which enables easily to trace even tens centimeter layers and intrusions. Many tens centimeter thick intrusions with an intermediate composition are present in the faux-amphibolite, whereas no intrusions are apparently found in the green-amphibolite. The distribution of the two types of amphibolite corresponds to that of three geochemical types of greenstone proposed by O'Neil et al. (2011), suggesting that the geochemical signature is due to secondary alteration. In addition, the apparent isochron on the $^{147}Sm/^{144}Nd$-$^{142}Nd/^{144}Nd$ diagram possibly originates from mixing between the mafic/ultramafic component and secondary intermediate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

component. O'Neil et al. (2008) proposed that the Nd isochron age of gabbroic dikes is 4.3 Ga. But, the gabboric dikes are younger than 3.8 Ga, and the isochron is putative because our map clearly shows that some thin gabbroic dikes are intruded into ambient orthogneiss, whose age is *ca.* 3.8 Ga. We found many conglomerate layers over the belt, but the layers finally change felsic intrusions. The occurrence means that they are putative conglomerate. In addition, the carbonate rocks occur along the felsic intrusions, suggesting they also have metasomatic origin. The petrograhy and occurrence of the BIF in the northwestern area indicate that the BIF was formed from metamorphism of the ultramafic rock. The siliceous rock is intruded by many felsic intrusions and quartz veins, but the detailed map can differentiate between the siliceous layers and intrusions, and shows that the siliceous layers originate from siliceous sediment.

キーワード：冥王代、初期地球、初期生命、表層環境
Keywords: Hadean, Early Earth, Early life, Surface environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Behavior of phosphorus during hydrothermal alteration of basalt under CO_2-rich condition

*村上 葵[1]、澤木 佑介[2]、上田 修裕[3]、折橋 裕二[4]、町田 嗣樹[5]、小宮 剛[2]
*Aoi Murakami[1], Yusuke Sawaki[2], Hisahiro Ueda[3], Yuji Orihashi[4], Shiki Machida[5], Tsuyoshi Komiya[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京大学大学院総合文化研究科、3. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、4. 弘前大学理工学部地球環境防災学科、5. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. The University of Tokyo, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. Hirosaki University, 5. Chiba Institute of Technology

It is well known that a unique environment is created around seafloor hydrothermal systems by element exchange between circulating seawater and surrounding rocks: enrichment in transition elements and sulfide, emission of quite hot water, and even even electric current flow. In addition, a number of hyperthermophilic microorganisms inhabit around hydrothermal vents. 16S rRNA-based phylogenetic tree suggests that the hyperthermophilic organisms are closest to the earliest lineage; thus the hydrothermal environment is one of the candidates for habitat and evolution of early life.

Phosphorus is one of essential elements for life. In order to maintain an early ecosystem around the hydrothermal vent, phosphorus should have been supplied from the hydrothermal vent through high-temperature water-rock reaction. In the modern basalt-hosted hydrothermal systems, phosphorus is removed due to its adsorption to iron oxide precipitated from hydrothermal fluid and/or formation of metamorphic apatite in the hydrothermally metamorphosed basalt. On the other hand, it is well known that middle Archean basaltic rocks, which constituted upper part of oceanic crust, suffered from severe carbonation during hydrothermal alteration due to quite high atmospheric CO_2 content on the early Earth. Under the CO_2-rich condition, calcium was removed from the seawater/hydrothermal fluid due to extensive carbonate formation. Because the carbonate formation inhibits the formation of apatite, the phosphorus might be released from hydrothermally altered rocks. Actually, the hydrothermally altered basaltic rocks in the Archean are more depleted in phosphorus than hydrothermally altered modern mid-ocean ridge basalt.

In order to quantify phosphorus content of fluid supplied from the basalt-hosted hydrothermal system on the early Earth, we conducted hydrothermal experiments involving hypothetical seawater and basalt under both CO_2-free and CO_2-rich conditions at 200 ˚C, 100 bars. The basalt used in this study was collected from the Indian Ocean Marie Celeste Fracture Zone. The initial solution was prepared by mixture of standard reagents by reference to modern seawater, except for Ca and P. The calcium and phosphorus contents in the solution were regulated to 30 mmol/kg and 0.60 ppm, respectively. The latter is ten times higher than the modern equivalent. For the CO_2-rich experiment, $NaHCO_3$ and HCl were added to the hypothetic seawater to substantialize 400 mmol/kg of ΣCO_2 at the beginning of the experiment.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The CO_2 concentration decreased from 400 mmol/kg to 250 mmol/kg as water-rock reaction advanced, indicating precipitation of carbonate minerals. The SEM-EDS observation demonstrated that the run products contain calcite, dolomite, and magnesite. Phosphorus content of the fluid decreased to *ca.* 0.10 ppm under the CO_2-rich condition and *ca.* 0.04 ppm under the CO_2-free condition, respectively. The pH value of the produced fluid for the CO_2-rich experiment, measured at room temperature, was 6.6, by *ca.* 2 unit higher than that of the CO_2-free experiment. Calcium concentration decreased from 30 mmol/kg to 25 mmol/kg under the CO_2-free condition. On the other hand, calcium concentration of the formed fluid under the CO_2-rich condition decreased to 18 mmol/kg at 96 hours, and then increased to 25 mmol/kg. The formation of high alkaline and Ca-poor fluid under the CO_2-rich condition suggests that the fluid was oversaturated with carbonate, whereas undersaturated with apatite. Because the produced fluid under the CO_2-rich condition contained more phosphorus than the modern seawater, the basalt-hosted hydrothermal system may have served as a source of phosphorus under the CO_2-rich condition, probably on the early earth.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西グリーンランド南部アクレックテレーンに産するクロミタイトの成因
Origin of chromitites in the Akulleq terrane, southern West Greenland

*高橋 歓太[1]、森下 知晃[1]、グオタナ ジュアン ミゲル[1]、谷 健一郎[2]、針金 由美子[3]、西尾 郁也[1]、ジラス クリストファー[4]、田村 明弘[1]
*Kanta Takahashi[1], Tomoaki Morishita[1], Juan Miguel Ramirez Guotana[1], Kenichiro Tani[2], Yumiko Harigane[3], Ikuya Nishio[1], Kristoffer Szilas[4], Akihiro Tamura[1]

1. 金沢大学、2. 国立科学博物館地学研究部、3. 産業技術総合研究所、4. コペンハーゲン大学
1. Kanazawa University, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 4. University of Copenhagen

The studies dealing with the Hadean-Archaean geologic samples are recently expanding. Research on Hadean-Archaean terranes is an important part in reconstructing the geologic past of the Earth which is thought to have differences from the present conditions. Southern West Greenland preserves a wide exposure of ancient geologic materials and structures. This study focuses on chromitites and peridotites from the Ujaragssuit nunāt area in southern West Greenland. The Ujaragssuit nunāt area is about 20 km south from the 3.8 Ga Isua Supracrustal Belt (Moorbath et al., 1977). In Ujaragssuit nunāt, ultramafic rocks occur as lenses of several meters to several hundred meters hosted in silicic gneiss (Chadwick and Crewe, 1986). It is important to understand the origin and processes related to the formation of the peridotites and chromitites in Ujaragssuit nunāt as a contribution to the Archaean magmatic processes and tectonics of the early Earth.

Chromitites are rocks with significant amount of chromites (>20 vol.%) (Arai and Miura, 2016). The unaltered composition of spinel is regarded as a useful petrological indicator (Irvine, 1967). However, chromite composition could be modified as a result of chemical re-equilibration, metamorphism, hydrothermal alteration. The impacts of these processes are evaluated in this study. In Ujaragssuit nunāt, chromitites, dunites and amphibole harzburgites are widely exposed. In some areas, the chromitites occur as layers with thickness ranging from several centimeters to a meter. Massive chromitites (2 m thick) are also exposed. The lithologies present in the area were also described in detail in previous works such as of Rollinson et al. (2002).

Chromites are subhedral and account for about 50-70% of the Ujaragssuit nunāt chromitites. Interstitial grains are mainly phlogopite and minor chlorite and talc. The dunite host consists mainly of olivine (~80%) and accessory spinel and phlogopite. Some spinel grains in the host dunite exhibit zonation as evidenced by darker cores and lighter rims under reflected light microscope and scanning electron microscope observations. The zonation observed is associated with compositional variation from core to rim (Fe enrichment towards the rim). The amphibole harzburgites are mainly composed of amphibole, orthopyroxene, spinel, phlogopite. Orthopyroxenes occur both around olivine and in some parts as inclusions inside olivine grains. Talc replacement of orthopyroxenes is also common. Spinel are surrounded by phlogopite and edenitic amphibole.

Spinel in the host peridotites has a higher Fe^{3+}content. The spinel Fe^{3+} content is higher in samples with higher phlogopite and spinel ratio. This suggests that phlogopite was formed by the reaction of spinel (+olivine) with an alkaline element-rich fluid. Spinel serves as a source of the Al_2O_3 in the phlogopite formation. It is considered that the chemical composition change of spinel is caused by the formation of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

phlogopite. Furthermore, phlogopite in the sample containing amphiboles has lower K/(K+Na) ratio than samples without amphibole. Amphiboles are also found around the spinel. The K/(K+Na) ratio in the fluid decreases as the alkaline element-rich fluid forms phlogopite and amphibole was formed by the reaction between this differentiated fluid and spinel (+olivine). The abundance of orthopyroxene is higher in the sample containing amphiboles. The Cr_2O_3- and Al_2O_3- poor characteristic of the orthopyroxenes suggests a secondary origin. The differentiated fluid is also abundant in silica component and reacts with olivine to react to form the secondary orthopyroxenes. Although the possibility of crystal differentiation cannot be completely ruled out, it is thought that these peridotites were originally dunites and chromitites and the chemical composition was modified by alkali alteration.

キーワード：西グリーンランド南部、クロミタイト、交代作用
Keywords: southern West Greenland, chromitite, metasomatism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Metamorphic P–T condition of the Inyoni shear zone rocks in the Barberton Greenstone Belt, South Africa and its significance

*加藤 大地[1]、青木 一勝[1]、土屋 裕太[2]、青木 翔吾[2]、小宮 剛[3]
*Daichi Kato[1], Kazumasa Aoki[1], Yuta Tsuchiya[2], Shogo Aoki[2], Tsuyoshi Komiya[3]

1. 岡山理科大学理学部、2. 岡山理科大学生物地球学部、3. 東京大学大学院総合文化研究科
1. Department of Applied Science,Okayama University of Science, 2. Department of Biosphere-Geosphere Science,Okayama University of Science, 3. Department of Earth Science and Astronomy,University of Tokyo

The metamorphic P–T conditions and processes of the mid-Archean Barberton Greenstone Belt (BGB), South Africa were examined from metamorphosed banded iron formation (BIF) and garnet amphibolite in the Inyoni shear zone (ISZ). Their metamorphic P–T conditions were estimated from thermodynamic calculations combined with several geothermobarometries such as garnet–clinopyroxene geothermometry, Raman geobarometry and Zr-in-sphene geothermometry. Moreover, in order to constrain the protolith age and origin of our studied sample, we conducted zircon U-Pb and trace elements analyses by using Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS).The following results were obtained: the P–T conditions of the meta-BIF changed from ca. 600–680 ˚C and 10–12.7 kbar through ca. 510–540 ˚C and 8–11 kbar to less than 500 ˚C and 4 kbar. On the other hand, the P–T conditions of the garnet amphibolite changed from ca. 9.5–10.5 kbar and 620–660˚C to less than 5 kbar and 500 ˚C. Integration of these new results with previous studies for the BGB suggest that the geothermal gradients of the prograde and retrograde metamorphisms were ca. 15–20 ˚C/km and 20–30 ˚C/km, respectively. Igneous zircon separated from the Garnet amphibolite sample yield ^{207}Pb-^{206}Pb age of ca. 3.4-3.2 Ga. This new data together with previous geochronological data indicate that the protoliths of ISZ rocks began to subduct at ca. 3.37-3.24 Ga. The prograde P-T path was kinked at P = 8.0 kbar and T = 560 ℃ by difference in geothermal gradient between crust and upper mantle. The change of geothermal gradient in the ISZ rocks between prograde and retrograde conditions might have relation to the collision of ca. 3.4 Ga Stoluzburg domain. The last P-T trajectory characterized by isothermal decompression might be caused by the intrusion of the ca. 3.23-3.21 Ga TTG Badplaas pluton attendant on plate subduction.

キーワード：太古代、バーバートン緑色岩帯、プレートテクトニクス
Keywords: Archean, Barberton greenstone belt, Plate tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discovery of possible traces of asteroid impact within the fossil-bearing carbonaceous chert from the 3.4 Ga Strelley Pool Formation, Pilbara Craton of Western Australia - a preliminary study

*杉谷 健一郎[1]、仙田 量子[3]、飯塚 毅[2]、Wallis Simon[2]
*Kenichirio Sugitani[1], Ryoko Senda[3], Tsuyoshi Iizuka[2], Simon Wallis[2]

1. 名古屋大学、2. 東京大学、3. 九州大学
1. Nagoya University, 2. The University of Tokyo, 3. Kyushu University

Large asteroid impacts are thought to be a common feature of the Archean in particular as a result of the Late Heavy Bombardment (LHB). One line of supporting evidence is the presence of “impact layers” containing silicate spherules that were formed by condensation of rocks vaporized by bombardment events. Two Early Archean impact layers with ages of 3.47 and 3.46 Ga have been identified from the Pilbara greenstone belt, Western Australia (Glikson et al., 2016; Lowe and Byerly, 1986). In contrast 5 separate impact layers with ages of 3.47 to 3.24 Ga have been identified in the Barberton greenstone belt, South Africa (e.g., Lowe et al., 2014; Byerly et al., 2002). Such extraterrestrial impacts likely influenced the Earth’s early environment, including crustal deformation, terrain amalgamation, evaporation of significant volumes of ocean water, and even triggering the development of a modern-like plate tectonic regime (Lowe et al, 2014). It is also reasonable to assume that the early life was influenced significantly by these impacts (Lowe et al., 2003). The early evolution of life might have been accelerated as a consequence of adaptation to such environmental agitations (Kozawa et al., 2018; Oehler et al., 2017). Thus, a close association of traces of life, such as microfossils with cellular preservation, and of impact events recorded in Archean sedimentary successions is of special interest.

In this study we describe the new discovery of traces of asteroid impacts in the ca. 3.4 Ga Strelley Pool Formation (SPF) in the Panorama greenstone belt of the Pilbara Craton, Western Australia. Spherules of possible impact origin were identified in carbonaceous black chert 15 cm thick from which morphologically diverse microfossils have been described (e.g., Sugitani et al., 2013) (Fig. 1). Evidence for an asteroid impact includes the presence of a thin sedimentary layer rich in silicate spherules (Fig. 2) associated with enrichment of platinum-group elements (PGE) (Fig. 3a). However, our detailed analyses revealed that PGE-enrichment is more conspicuous in the lower horizon and are associated with $^{178}Os/^{188}$Os initial values close to 0.1. In contrast, spherule-rich layers have significantly higher $^{178}Os/^{188}Os$ values ~1.0 (Fig. 3b). One exception is a sample from the upper portion, which has an unusually low value. It is also noteworthy that the spherule-rich layer is enriched in Al and Ti (Fig. 3c). There is a clear higher contribution by clastic materials to this layer, and this feature may explain the apparent contradiction between the PGE-enrichment and Os isotopic values described above. In either case, the layer contains abundant volcanic fragments and clasts in which spherules tend to occur. This occurrence suggests that the spherules were likely reworked from the original site of deposition. A layer composed of carbonaceous grains including rip-up clasts that is found just below the spherule-rich layer (Fig. 1) indicates a steep high-energy depositional environment. This layer contrasts with the fine parallel lamination of carbonaceous chert layers seen at the other horizons, which indicates a quiet depositional environment. We infer that the original impact layer is present below the examined carbonaceous black chert layer and that a high-energy environment related to volcanic activity caused reworking of the spherule-rich deposits, which were transported to the present site of deposition. If this is the case, the high PGE concentrations and the significantly low $^{187}Os/^{188}Os$ initial ratios of the lower cherty samples could be

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

explained as representing the aftermath of an impact event associated with precipitation of vaporized PGE from the atmosphere to the sediment.

References

Byerly et al. (2002) Science 297, 1325-1327; Glikson et al. (2016) Precam. Res. 279: 103-122; Kozawa et al. (2018) *Geobiology* DOI: 10.1111/gbi12319; Lowe et al. (2014) Geology 42: 747-750; Lowe et al. (2003) Astrobiology 3: 7-48; Lowe and Byerly (1986) Geology 14, 83-86; Oehler et al. (2017) Precambrian Research 296, 112-119; Sugitani et al. (2015) Geobiology 13, 507-521.

キーワード：太古代、微化石、小惑星衝突、白金族元素、オスミウム同位体「
Keywords: Archean, microfossils, asteroid impact, platinum group elements, osmium isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fig. 1

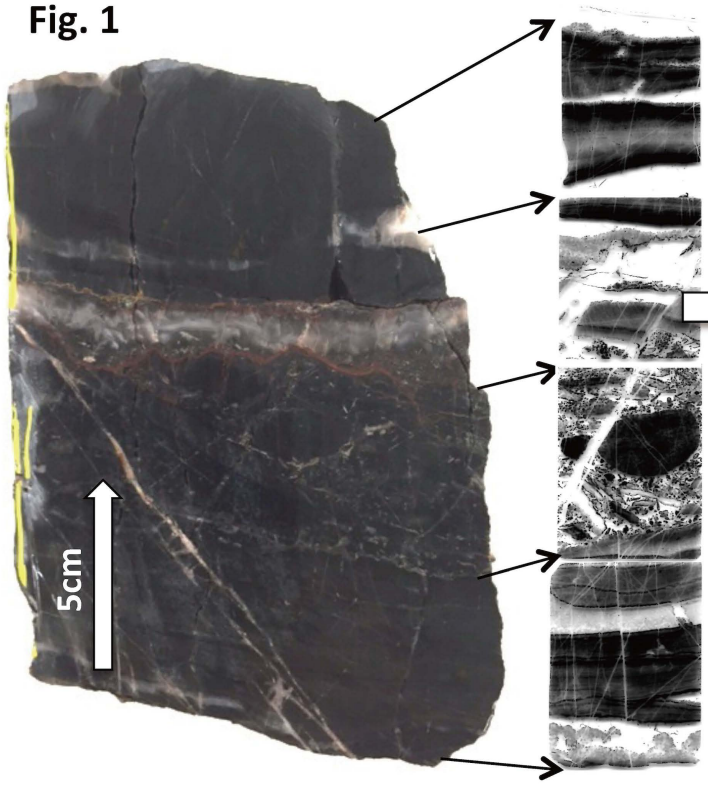
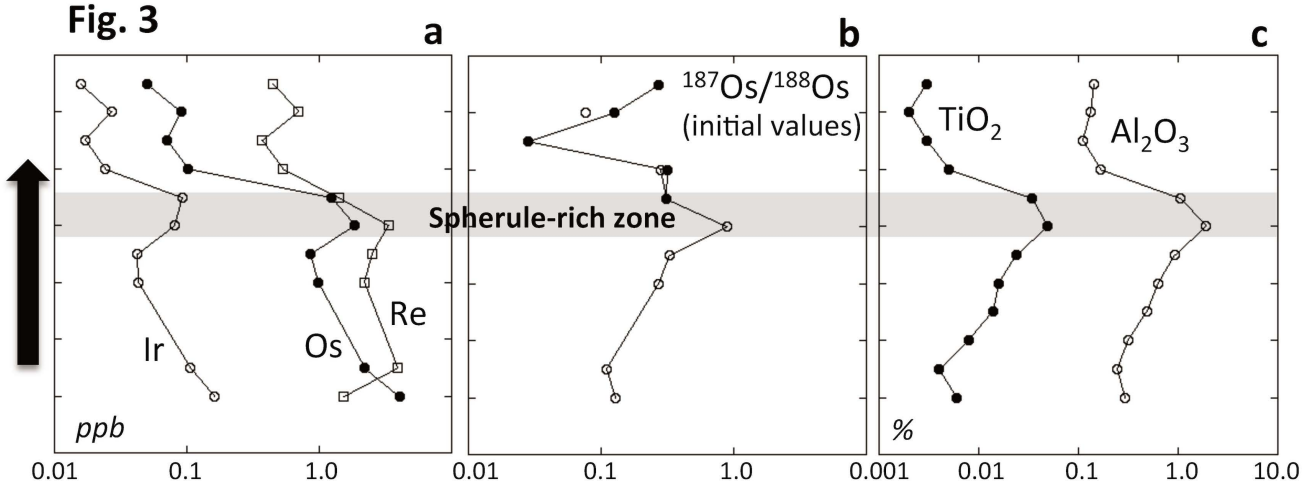


Fig. 2



Fig. 3



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原生代前期ストロマトライトの縞状構造における高分解能解析：安定同位体比と化学組成分析

High-resolution stable isotopes and chemical analyses on laminations of the early Proterozoic stromatolite

宮西 勇太[1]、高村 一希[1]、*勝田 長貴[1]、森本 真紀[1]、安田 敦[2]、川上 紳一[3]
Yuta Miyanishi[1], Kazuki Takamura[1], *Nagayoshi Katsuta[1], Maki Morimoto[1], ATSUSHI YASUDA[2], Shin-ichi Kawakami[3]

1. 岐阜大学教育学部、2. 東京大学地震研究所、3. 岐阜聖徳学園大学
1. Faculty of Education, Gifu University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Faculty of Education, Gifu Shotoku Gakuen University

今日ストロマトライトと呼ばれる先カンブリア時代の堆積岩は、縞状構造の発達したドーム状の炭酸塩岩であり、初期地球の生命進化と環境変動を知る上で重要な物証とされている。本研究は、ストロマトライトの縞状構造に記録される環境変動を明らかにするために、高分解能の炭素・酸素同位体比（$\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$）と化学組成分析を行った。

解析に用いた試料は北西カナダの原生代初期（1.9 Ga）・ハーン累層のストロマトライトである。このストロマトライトは、緩斜面と急斜面からなる非対称のドーム状縞状構造を持ち、縞状構造は薄い暗色縞と厚い明色縞が繰り返される。斜面と急斜面の縞の厚さは、ほぼ同一のリズムを持つ。暗色縞と明色縞の1組の厚さは約300 μm~約800 μmの間で変動し、その厚さの変動は明色縞の厚さに起因している。本研究は、そこから記録を読み出すために、同一試料の試料を用いて、次のように分析を行った。まず、炭素・酸素同位体比分析については、マイクロミルを用いて75 μmごとに試料採取を行った。その際に、マイクロミルの1点だけでは、分析に必要な試料量を回収できないため、縞模様に沿って分析に必要な約60 μg以上を取り分けた。その後、リン酸を用いて、炭酸塩前処理装置付き同位体比量分析計で炭酸塩$\delta^{13}C$·$\delta^{18}O$の測定が行われた。化学組成分析は、ダイアモンドペーストで表面研磨した試料を準備し、EPMAを用いて点分析と元素マッピングが行われた。測定条件は、ビーム径とステップ幅は共に10 μmとなる。

縞状構造の構成元素は、暗色縞がAl, Si, K、明色層がCa, Mg, Feに富み、構成鉱物は暗色縞が石英、カリ長石、雲母、ドロマイト、明色縞がFeドロマイトを主体とする。また、ルチル、磁鉄鉱、アパタイトが微量に含まれる。EPMA画像をもとに計測した、暗色縞と明色縞の1組の厚さの変動は、3~5枚の卓越周期を示す。一方、縞の炭酸塩の同位体比については、45本の縞の連続記録を得ることができ、明色層では$\delta^{13}C$が平均約-9.0‰、$\delta^{18}O$が平均約0.3‰、暗色層では$\delta^{13}C$が平均約-10.3‰、$\delta^{18}O$が約1.3‰であった。また、$\delta^{13}C$·$\delta^{18}O$変動の振幅は縞の厚さと共に増大する。

暗色層に比べて明色層の高$\delta^{13}C$値と低$\delta^{18}O$値は、水温上昇による蒸発作用で塩濃度が上昇し、ドロマイトの生成が促進されたことに起因する。したがって、ハーンストロマトライトの縞状構造は、明色層は夏季、暗色層は冬季にそれぞれ形成された年層とみなすことができる。また、$\delta^{13}C$·$\delta^{18}O$の年々変動は、夏季の水温と蒸発量を反映したものと考えられる。その変動はエルニーニョの3~5年周期を持つことから、原生代初期の浅海環境は、今日の地球表層環境で見られる同様の外力によって支配されてきたと考えることができる。

キーワード：ストロマトライト、縞状構造、安定同位体比、化学組成
Keywords: Stromatolite, Laminated structure, Stable isotope, Chemical composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

物質循環モデルによって制約された大酸化イベントに伴う物質循環動態
Biogeochemical dynamics in during the Great Oxidation Event constrained by a biogeochemical cycle model

*三浦 優奈[1]、尾崎 和海[1]
*Yuna Miura[1], Kazumi Ozaki[1]

1. 東邦大学
1. Toho University

The accumulated geological and geochemical data indicate that Earth’s ocean-atmosphere system has seen a fundamental increase in oxygen abundances from anoxic conditions (pO_2 <10^{-5} present atmospheric level (PAL)) to oxic conditions (pO_2 >10^{-2} PAL) during the Paleoproterozoic. This marked transition, known as the ‘Great Oxidation Event (GOE)’, may be accompanied by a transient time of relatively high oxygen levels in the atmosphere and ocean (called an ‘oxygen overshoot’). However, the ultimate cause and biogeochemical consequences of the GOE remain unclear.
Harada et al. (2015) hypothesized the snowball Earth glaciation at 2.2 Ga as an ultimate cause of the GOE with a prolonged (~10^8 year) oxygen overshoot. Sedimentary record of iron and manganese oxides above the glacial deposit in the Transvaal Supergroup, South Africa, implies an oxygenation of Earth’s surface environments just after the glaciation. The red beds and sulfate evaporites (gypsum, $CaSO_4$) also suggest a sustained oxygenation of the Earth surface environment. They constructed a biogeochemical cycle model of carbon, phosphorous and oxygen, and conducted sensitivity experiments to assess the biogeochemical dynamics after the snowball Earth glaciation. By assuming an atmospheric CO_2 level of 0.7 atm required to end the snowball Earth glaciation, they found that an extremely warm climate accelerates chemical weathering on land and phosphorus riverine input. This marked increase in phosphorus input results in a dramatic increase in biospheric oxygen production, with an oxygen overshoot lasting for ~10^8 years. However, it remains unclear whether their calculations are consistent with available geological constraints (e.g., sulfate evaporite depositions and sulfur isotope data), because they ignore the geochemical cycle of sulfur. A recent geochemical study suggests that concentration of sulfate ([SO_4^{2-}]) in the ocean may have been unusually high (>10 mM) during the gypsum formation. If correct, this provides a strong constraint on the biogeochemical conditions.
In this study we constructed a sulfur cycle model with a goal of finding the feasible conditions for the geochemical constraint ([SO_4^{2-}] >10 mM). The model consists of three reservoirs—oceanic sulfate, crustal gypsum, and crustal pyrite. Sulfur enters the ocean through weathering of gypsum and pyrite. We assumed that the oxidative weathering of pyrite is a function of atmospheric O_2 levels and that the gypsum weathering is proportional to the global weathering rate. Sulfur is removed from the ocean via deposition of gypsum and pyrite. We assumed that sulfate burial in the ocean is proportional to seawater sulfate levels. Pyrite burial is assumed to be governed by microbial sulfate reduction dependent on marine sulfate content, biological production (i.e., the availability of organic matter), and oceanic O_2 levels. In this study, we performed a series of sensitivity experiment with a Harada et al.’s model, and obtained biogeochemical dynamics (e.g., atmospheric O_2 levels and weathering rates) were used as a forcing for our sulfur cycle model, enabling us to simulate the evolution of oceanic SO_4^{2-} levels after the glaciation. Our sensitivity experiments of a Harada et al.’s model demonstrate that the biogeochemical dynamics after the glaciation depend mainly on the initial value of atmospheric CO_2 levels: >0.2 bar and >0.25 bar of CO_2 are required for the GOE and the occurrence of an oxygen overshoot, respectively. Our sulfur cycle model, however, demonstrates that 0.25 bar of CO_2 is not sufficient to explain the unusually high levels of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$[SO_4^{2-}]$ >10 mM during the overshoot. The systematic sensitivity experiments reveal that at least ~0.75 bar of CO_2 will be required. This result provides an additional support for the hypothesis that the severe glaciation was an ultimate cause of the GOE in the Paleoproterozoic.

キーワード：大酸化イベント、物質循環、硫黄循環
Keywords: Great Oxidation Event, biogeochemical cycle, sulfur cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海水組成
Composition of seawater before the Sturtian Snowball Earth estimated by the occurrence of late Tonian evaporitic magnesite

*宮崎 彩[1]、狩野 彰宏[1]、白石 史人[2]
*Aya Miyazaki[1], Akihiro Kano[1], Fumito Shiraishi[2]

1. 東京大学　理学系研究科　地球惑星科学専攻、2. 広島大学　地球惑星システム学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Department of Earth and Planetary Systen Sciences, Hiroshima University

藻類・原生動物・多細胞動物の放散が進行した新原生代は生命進化にとって重要な時代である。その背景には全球凍結のような激変があり，エディアカラ紀以降の環境変動と化石記録についての理解は大きく進みつつある。しかし，地球表層が全球凍結にいたるまでの環境的背景については良く理解されていない。

南オーストラリア州フリンダーズレンジには新原生代～カンブリア紀の浅海成堆積物が発達し，特にスターチアン氷期前後の優れた地層記録が保存される。今回対象とするのは北部のLeigh Creek (LC section) に露出するSkillogalee Dolomiteである。本層はスターチアン氷期堆積物の下位にあり，年代は788±7Ma (後期トニア紀) とされている (Hood and Wallace 2018)。岩相は少量のケイ質砕屑物を含むが，大半は炭酸塩からなり，層内レキ岩・ストロマトライト・tepee構造を含む極浅海での堆積物である。本層の最も顕著な特徴はマグネサイトを大量に含んでいることにある。マグネサイトは厚さ1m程度の層，もしくは層内レキ岩のクラストとして存在し，ドロマイトと共産する。Tepee構造などから蒸発性の環境が示され，マグネサイトのより高い炭素同位体比と酸素同位体比は，マグネサイトがドロマイトより後に沈殿したことを示唆する。ただし，ジプサムの仮像は認められない。

Skillogalee Dolomiteの鉱物組合せは原生代の限られた時期の蒸発性環境にしか認められない。一方，顕生代の蒸発環境ではCa炭酸塩とドロマイト，ジプサム，ハライトの順番に沈殿し，マグネサイトは生成しない (Hardie and Eugster 1980)。特異な鉱物組合わせ（ドロマイト–マグネサイト）を説明するために，海水の連続的蒸発で予想される鉱物沈殿のモデル計算を行ったところ，Mg/Ca > 10かつMg > Alkalinity > Caの条件に解が得られた。硫酸濃度は現在のレベルでも結果に関係しない。アルカリ度は現在の10倍以上になり，高い二酸化炭素分圧か低いCa濃度を反映したものと考えられる。また，高いMg/Ca比の原因として，低い中央海嶺での海水循環と活発な炭酸塩堆積に加え，800Ma頃のジプサムを含む蒸発岩生成 (Evans 2006) によるCaの枯渇が考えられる。海水のpHが炭酸カルシウムの溶解平衡に支配されているのであれば，Ca濃度の極端な低下が海水のpH上昇を促し，大気二酸化炭素の低下につながったのかもしれない。

Evans 2006, Nature 444, 51-55.
Hardie and Eugster 1980, Science 208, 498-500.
Hood and Wallace 2018. Global and Planetary Change 160, 28-45.

キーワード：新原生代、蒸発岩、海水成分
Keywords: Neoproterozoic, evaporite, seawater chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

独立成分分析により抽出された日本列島付加体中ペルム紀-トリアス紀境界黒色頁岩の地球化学的特徴

Geochemical characteristics of black shales in the Japanese accretionary complex across the Permian-Triassic boundary extracted by independent component analysis

*矢野 萌生[1]、安川 和孝[1,3]、藤永 公一郎[3,2]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[2,1,3]
*Moei Yano[1], Kazutaka Yasukawa[1,3], Koichiro Fujinaga[3,2], Kentaro Nakamura[1], Yasuhiro Kato[2,1,3]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、3. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター
1. Department of Systems Innvation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo, 3. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology

The Permian-Triassic boundary (PTB) is characterized by an oxygen-depleted condition in the superocean Panthalassa. However, the degree of the oxygen depletion in deep-sea environments remains an open question.Deep-sea sediments that deposited from the latest Permian to early Triassic constitute black shale within the accretionary complexes of Japan, showing a distinct enrichment of redox sensitive trace metals (e.g., V, Mo, U) that precipitate under reducing conditions.In contrast to the Panthalassa at the PTB, the modern ocean is generally oxygenated from the surface to the bottom due to a sufficiently strong global ocean circulation. However, oxygen-depleted water masses can develop in some specific areas such as restricted basins and coastal upwelling areas, and blackish sediments in these areas show laminated facies and/or high total organic carbon contents reflecting oxygen-depleted conditions.Comparing the black shales at the PTB with the other sediments that deposited in oxygen-depleted conditions can characterize the Panthalassa across the PTB in a context of a broad spectrum of oceanic environmental changes throughout the Earth’s history. To this end, clarifying geochemical features of multiple elements, especially of redox sensitive trace metals, is quite a useful approach to extract the information of the oceanic environments involving variations in redox conditions. Here we applied independent component analysis to the multi-elemental data set composed of major- and trace-element contents of the samples from the PTB sections within the accretionary complexes of Japan, and black mud and shale of other geological times obtained by scientific drillings in the modern oceans. We will discuss the geochemical characteristics of the PTB black shales and the other blackish sediments, and oceanic environmental conditions across the PTB.

キーワード：ペルム紀ートリアス紀境界、黒色頁岩、酸化還元敏感微量金属、独立成分分析、付加体
Keywords: Permian-Triassic boundary, black shale, redox sensitive trace metals, independent component analysis, accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーストラリア・アジアテクタイトイベント起源のイジェクタ堆積物の分布：衝突地点への示唆

The Distribution of the Ejecta Deposit derived from Australasian Tektite Event: Implication for the Location of the Impact

*多田 賢弘[1]、多田 隆治[1,2]、Carling Paul[3]、Songtham Wickanet[4]、Thuyen Xuan[5]、常 昱、田近 英一[1]

*Toshihiro Tada[1], Ryuji Tada[1,2], Paul Carling[3], Wickanet Songtham[4], Le Xuan Thuyen[5], Yu Chang, Eiichi Tajika[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 雲南大学、3. サウサンプトン大学、4. ナコンラチャシマラジャハト大学、5. ホーチミン市工科大学
1. Department of Earth and Planetary Science, 2. Yunnan University, 3. Geography and Environment, University of Southampton, 4. Northeastern Research institute of Petrified Wood and Mineral Resources, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, 5. Ho Chi Minh City University of Science

大規模な天体衝突によって形成されるガラススフェリュールであるテクタイトは、地球上では主に4つの地域に分布している (e.g, McCall, 2001)。そのうち、東南アジアから南極にまで及ぶ最大の分布域を持つオーストラリア・アジアテクタイトは、およそ79万年まえに東南アジアで起きた天体衝突（オーストラリア・アジアテクタイトイベント: AATE）によって形成されたとされる。この天体衝突イベントは、衝突天体の直径が数kmに達するような大規模な天体衝突イベントの中で最も新しく、衝突クレーターやイジェクタ層（衝突地点から放出された物質が堆積して形成される地層）などの衝突の証拠やそれに伴う古環境変動記録が長期間にわたる風化変質や侵食を受けることなくよく保存されていることが期待される。そのため、大規模天体衝突が引き起こす地球環境変動を調べるうえで重要な研究対象である。

地球表面積の10%以上を覆うテクタイト分布域の広さから、直径30-120kmの衝突クレーターが形成されたと推定されている (e.g., Prasad et al., 2007)。しかし、衝突クレーターは未だに発見されず、正確な衝突地点や衝突の規模、様式（衝突角度や速度、複数衝突であった可能性など）が明らかにされていないという問題がある。

従来、AATEの衝突地点推定は、テクタイトの分布に基づいて行われてきた。10cmを超える大きさや化学組成の不均質性から衝突地点近傍に分布するとされる層状テクタイトがタイ・ラオス・ベトナムの限られた地域に分布すること、海洋コア堆積物中のマイクロテクタイトの個数密度がインドシナ半島に近い程大きくなることは、衝突地点がインドシナ半島東部であることを示唆している (Shnetzler, 1992; Prasad et al., 2007)。

衝突地点をより厳密に制約するためには、イジェクタ層の分布が重要となる。イジェクタ層は、衝突地点に近い程層厚が厚くなり、そこに含まれる衝撃変成鉱物の含有量や粒径も大きくなることが知られているためである (e.g., Morgan et al., 2006)。しかし、インドシナ半島陸上において、この衝突によるイジェクタ層はこれまで報告されていなかった。

そこで我々は、インドシナ半島においてイジェクタ層を特定し、その分布を調べるため、タイ東北部・ベトナム中部・ラオス南部において野外調査を行ってきた。これまでに、タイ・ラオス国境付近のHuai Om セクションにおいて白亜系基盤岩を不整合に覆う第四紀層中から、天体衝突の最も確実な証拠の一つとされる衝撃変成石英を発見し、イジェクタ堆積物を特定した。この地点のイジェクタ堆積物は、下位より、基盤岩の同時礫を含む層厚およそ1mのシルト～砂層（ユニットⅠ）、テクタイトを含む層厚20cm～1mの礫層（ユニットⅡ）、層厚およそ3mの塊状砂層（ユニットⅢ）に区分される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ユニットII・ユニットIIIに相当するテクタイトを含む礫層とそれを覆う塊状砂層は、インドシナ半島東部の広い範囲に分布する。特にユニットIIの層厚は、タイ・ラオス国境南部に近づく程厚くなる傾向が見られた。タイ東北部の、Hua Omセクションを含めた3地点のユニットII・IIIについて衝撃変成石英の含有量及び粒径を測定した結果、粒径は200μm程度で地点間に明確な差が見られなかったものの、含有量は5–10%程度で、タイ・ラオス国境南部に向かって大きくなることが分かった。 ユニットIIの層厚の変化及び、衝撃変成石英の含有量の分布は、衝突地点がタイ・ラオス国境南部付近であることを示唆している。

現在、さらに多くの地点で衝撃変成石英の含有量・粒径の測定を行っている。本発表ではインドシナ半島東部広域におけるイジェクタ堆積物の層厚、衝撃変成石英の含有量・粒径の分布を報告し、衝突地点のより確からしい推定を試みる。

キーワード：テクタイト、衝撃変成石英、イジェクタ、オーストラリア・アジアテクタイト
Keywords: Tektite, Shocked quartz, Ejecta, Australasian Tektite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新原生代変火山岩類からなるエジプト・中部東砂漠のエル・ダバー地域の層序/地質構造の復元

Tectonic-sedimentation reconstruction of Neoproterozoic metavolcanic sequences; the El-Dabbah area, Central Eastern Desert, Egypt

*清川 昌一[1]、鈴木 大志[1]、Maher Dawoud[3]、Mohamed El-Hasan[3]、堀江 憲路[2]、竹原 真美[2]
*Shoichi Kiyokawa[1], TAISHI SUZUKI[1], Maher Dawoud[3], El-Hasan Mohamed[3], Kenji Horie[2], Mami Takehara[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星部門、2. 国立極地研究所、3. Menoufiya University,
1. Department of Earth and Planetary Sciences Faculty of sciences, Kyuushu University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Department of Geology, Faculty of Science, Menoufiya University,

エジプト，東砂漠地域には縞状鉄鉱層を含む新原生代の火山岩ー堆積岩層序を持つ地質帯が広がっている．一般的に東砂漠地域では広い範囲で，変形や変成作用が強く，初期段階の層序／地質構造の復元が進んでいない．我々は，変形変成が低く，縞状鉄鉱層の層序が比較的残っている中部東砂漠地域のEl-Dabbah地域について，地質図作成，年代測定により地質構造／地質層序 の復元を行った．本地域は，El-Dabbah層，Atsham層，Hammamat Groupからなり，それぞれ不整合で接する地質帯である．El-Dabbah層は，島弧起源の火山岩ー砕屑岩層からなり，厚い枕状溶岩や火山砕屑岩，部分的に縞状鉄鉱層を含む地層である．Atsham層はモラッセタイプの礫岩を多く含む陸源堆積物である．Hammamat Groupは東砂漠地域に広く分布するプルアパート堆積盆であり，陸生層の赤色岩や湖起源の堆積物からなる．El-Dabbah地域ではこの不整合境界が広くみられており，不整合以前の火山岩・堆積岩層の地質構造が記録されている．SHRIMPによる3カ所の貫入年代（granite at *ca.*638.1±2.9 Ma and a rhyodacite at 659.6±3.0 Ma）およびHammamat Groupの砂岩中の砕屑性ジルコン年代が明らかになり，地質構造とともに，3回の変動ステージを明らかにした．D_1: 700–680 Ma: 島弧付加時期；D_2: 650–640 Ma：横ずれに伴うAtsham 層堆積とそれに伴う横ずれ運動および花崗岩類の貫入（大陸形成造山期）; D_3: 638–600~ Ma：プルアパート堆積盆形成と造山運動の終始期.

キーワード：新原生代、島弧、横ずれ堆積盆、縞状鉄鉱層
Keywords: Neoproterozoic, Island arc, strike-slip basin, banded iron formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 201A 2F

[M-IS07] アストロバイオロジー

コンビーナ:薮田 ひかる(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、杉田 精司(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、深川 美里(国立天文台)、藤島 皓介(東京工業大学地球生命研究所)、座長:深川 美里(名古屋大学大学院 理学研究科)、藤島 皓介(ELSI 地球生命研究所)

様々な分野を横断し、宇宙における生命の起源と進化、生命存在可能性の解明を目的とするアストロバイオロジーが発祥して20年。太陽系物質進化、惑星系形成、初期地球の前生物的化学、地球と生命の共進化、極限環境生物、ハビタブルな惑星環境、といった個々のテーマが複数分野の知見や手法で研究されるようになり、「我々はどこから来たか」を或る幾つかの形では示すことができるようになってきた。しかし、最終的には成し遂げるべき、挑戦的な領域が残っている。それは、地球惑星環境で生じた非生物的な物質は、どのように生命機能を獲得したのか？　生命の起源に至る、または、生命存在可能な条件を満たす、有機化学と生化学の接点には未だに隔たりが大きい。そこで、これからのJpGUアストロバイオロジーセッションでは、これまで以上の取り組みが重要と考えられる「天文学、地球科学、生化学の融合」を模索し、この未知領域の開拓に臨む。例えば系外惑星と分子進化など、試験管の中の知見を超えた、”場”と対応づけた生化学的・分子生物学的な事象を議論し「生命とはなにか」の理解に近づけ、将来の宇宙生命探査に必要な非生命と生命の識別法の議論や開発に繋げる。

15:30 ~ 15:35

Introduction

15:35 ~ 15:50

[MIS07-01] METEOROID AND DEBRIS IMPACT FLUX IN LOW EARTH ORBIT WITNESSED BY THE TANPOPO CAPTURE PANELS ONBOARD THE ISS IN 2015-2017

*Hajime Yano[1]、K. Yamamoto[2]、E. Minakami[2]、M. Eitel[1,3]、S. Sasaki[4]、J. Imani[5]、K. Okudaira[6]、M. Higashide[7]、E. Imai[8]、Y. Kawaguchi[9]、Yoko Kebukawa[10]、H. Mita[11]、M. Nishi[12]、T. Noguchi[13]、Makoto Tabata[14]、A. Tsuchiyama[12]、Hikaru Yabuta[15]、K. Arai[8]、H. Hashimoto[1]、Kensei Kobayashi[10]、A. Yamagishi[16] (1.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency、2.Hosei University、3.University of Stuttgart、4.Tokyo University of Technology、5.Yuki Seimitsu, Co. Ltd.、6.University of Aizu、7.JAXA/Aerospace Research and Development Directorate、8.Nagaoka University of Technology、9.Chiba Institute of Technology、10.Yokohama National University、11.Fukuoka Institute of Technology、12.Kyoto University、13.Kyushu University、14.Chiba University、15.Hiroshima University、16.Tokyo University of Pharmacy and Life Science)

15:50 ~ 16:10

[MIS07-02] Growth and transport of dust, ice, and organics in the inner part of protoplanetary disks

★Invited Papers

*奥住 聡[1] (1.東京工業大学地球惑星科学系)

16:10 ~ 16:25

[MIS07-03] Model Prediction of Complex Organic Molecules in Protoplanetary Disks

*野村 英子[1]、Catherine Walsh[2]、Tom Millar[3] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.リーズ大学、3.クィーンズ大学ベルファスト)

16:25 ~ 16:40

[MIS07-04] Abiotic synthesis of organic matters in environments simulating asteroids and the catalytic effect of minerals on amino acid formation

*Walaa Elmasry[1]、Yoko Kebukawa[1]、Kensei Kobayashi[1] (1.Yokohama National University)

16:40 ~ 16:55

[MIS07-05] 模擬海底熱水系環境下でのアミノ酸前駆体からのペプチド生成

*小林 憲正[1]、内藤 敬介[1]、内藤 弘毅[1]、倉本 想士[1]、今井 栄一[2]、三田 肇[3]、癸生川 陽子[1] (1.横浜国立大学、2.長岡技術科学大学、3.福岡工業大学)

16:55 ~ 17:00

Discussion

METEOROID AND DEBRIS IMPACT FLUX IN LOW EARTH ORBIT WITNESSED BY THE TANPOPO CAPTURE PANELS ONBOARD THE ISS IN 2015-2017

*Hajime Yano[1], K. Yamamoto[2], E. Minakami[2], M. Eitel[1,3], S. Sasaki[4], J. Imani[5], K. Okudaira[6], M. Higashide[7], E. Imai[8], Y. Kawaguchi[9], Yoko Kebukawa[10], H. Mita[11], M. Nishi[12], T. Noguchi[13], Makoto Tabata[14], A. Tsuchiyama[12], Hikaru Yabuta[15], K. Arai[8], H. Hashimoto[1], Kensei Kobayashi[10], A. Yamagishi[16]

1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Hosei University, 3. University of Stuttgart, 4. Tokyo University of Technology, 5. Yuki Seimitsu, Co. Ltd., 6. University of Aizu, 7. JAXA/Aerospace Research and Development Directorate, 8. Nagaoka University of Technology, 9. Chiba Institute of Technology, 10. Yokohama National University, 11. Fukuoka Institute of Technology, 12. Kyoto University, 13. Kyushu University, 14. Chiba University, 15. Hiroshima University, 16. Tokyo University of Pharmacy and Life Science

Twenty-three pairs of silica aerogels and aluminum covers consisted of the Tanpopo capture panels were optically investigated and over 200 hypervelocity impacts signatures were identified and documented for further detailed analyses.
Among them, a low Ca-pyroxene micrometeoroid was captured intact inside the 10mg/cc density silica aerogel. In particular, we compared these data from both space and ram pointing faces of the Tanpopo panels exposed on the International Space Station for deducing meteoroid impact flux by taking into account of effects of local shielding and secondary ejecta impacts. This direct measurement showed that the micrometeoroid impact flux in low Earth orbit in 2015-7 are generally consistent with the previous post-retrieval measurements of LDEF, EuReCa, and SFU in 1980’s to 1990’s.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Growth and transport of dust, ice, and organics in the inner part of protoplanetary disks

*奥住 聡[1]
*Satoshi Okuzumi[1]

1. 東京工業大学地球惑星科学系
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Dust grains in protoplanetary disks are the fundamental building blocks of planets. Although recent radio interferometric observations have provided us with detailed images of gas and dust in the outer part of protoplanetary disks, it is still poorly understood how solids evolve in the warmer inner regions of the disks. Understanding the physics of gas and dust evolution in the inner part of disks is thus essential to address the question of how Earth-like planets form.

In this talk, I will discuss two topics on the growth and transport of solids (silicates, ices, and organics) in inner protoplanetary disks. The first topic is related to the water content of planets in the habitable zones. Models of protoplanetary disks suggest that the snow line in the dusty disks migrates with time. In the particular case of the solar nebula, the snow line could have moved to the current orbit of Venus in a late stage of its evolution. This raises the question of why the Earth today is so "dry" with the bulk water content of much less than 1 wt%. I will present simulations of ice pebble accretion by terrestrial planetary embryos, showing that Mars-sized rocky embryos would have grown into Neptune-sized waterworlds unless either the solar nebula was compact or a gas giant's core formed early and blocked the inward flux of the ice pebbles. I will also present the results of our latest MHD simulations of protoplanetary disks that imply that the snow line can migrate much faster than expected from the classical accretion model. These results indicate that Earth-like, modestly "water-poor" planets with both oceans and continents do not necessarily form easily in habitable zones.

The second topic is related to the role of organics in the formation of rocky planetesimals. It is widely accepted that silicate grains are poorly sticky and their growth into planetesimal-sized bodies is severely hindered by collisional fragmentation. Here I propose a scenario in which the seeds of rocky planetesimals form through direct coagulation of silicates coated by an organic mantle, like those found in interplanetary dust particles. Our adhesion model for core-mantle particles show that organic-mantled grains are much stickier than bare silicate grains, in particular in warm environments, thanks to the low elasticity of organic matter. I present simulations of the collisional evolution of organic-mantled grains in the inner part of protoplanetary disks, demonstrating that aggregates of organic-mantled grains are able to overcome the fragmentation barrier and directly form km-sized bodies. These organic-rich planetesimals may further evolve into carbon-poor rocky planetesimals by accreting carbon-poor chondrules.

キーワード：protoplanetary disks、planet formation
Keywords: protoplanetary disks, planet formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Model Prediction of Complex Organic Molecules in Protoplanetary Disks

*野村 英子[1]、Catherine Walsh[2]、Tom Millar[3]
*Hideko Nomura[1], Catherine Walsh[2], Tom J. Millar[3]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、2. リーズ大学、3. クィーンズ大学ベルファスト
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. School of Physics and Astronomy, University of Leeds, 3. School of Mathematics and Physics, Queen’s University Belfast

Protoplanetary disks are the natal place of planets. Understanding chemical components of gas, dust and ice in the disks is essential to investigate the origins of materials in our Solar system and other planetary systems. We investigate the synthesis of complex organic molecules (COMs) in protoplanetary disks using a large gas-grain chemical network including COMs together with a 2D steady-state physical model of a disk irradiated by UV and X-rays from the central star. COMs are efficiently formed on cold and warm grains in the disk midplane via hydrogen adding as well as radical-radical reactions on grain surface. Radiation processing on ice forms reactive radicals and helps build further complexity. Part of the icy molecules are photodesorbed into gas and their transition lines become observable. Actually, ALMA observations have detected CH3CN and CH3OH from protoplanetary disks. The line emitting region of these molecules are the outer relatively cold disk, which suggests that the molecules are non-thermally desorbed from grains following the formation on dust garains. Based on our model calculations, we perform ray-tracing calculations to predict line spectra of complex organic molecules observable with SPICA. Also, we discuss possible connection of COMs in protoplanetary disks to those in the Solar system objects, such as comets.

キーワード：原始惑星系円盤、星間化学、輻射輸送
Keywords: protoplanetary disks, astrochemistry, radiative transfer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Abiotic synthesis of organic matters in environments simulating asteroids and the catalytic effect of minerals on amino acid formation

*Walaa Elmasry[1], Yoko Kebukawa[1], Kensei Kobayashi[1]

1. Yokohama National University

Solar system materials, such as comets, meteorites, and interplanetary dust particles are known to contain extraterrestrial molecules, which might have a heritage from interstellar, nebular, and/or parent body processing. Delivery of these molecules including amino acids to the early Earth may have been important for the origin of life as they are the building blocks of proteins and enzymes. It is suggested that chondritic organic matter was produced through condensation of interstellar formaldehyde, which is an abundant component of the interstellar medium (ISM) organic inventory and, presumably, the solar nebula followed by condensation and carbonization probably during hydrothermal alteration on chondritic asteroids (Cody et al 2011). According to Kebukawa et al. (2013, 2015), the presence of ammonia significantly enhances the formation of organic solids similar to chondritic insoluble organic matter (IOM) from formaldehyde via the formose reaction at 150˚C and could produce amino acids. Carbonaceous chondrites contain abundant clay minerals. Clays may act as absorbents and catalysts for the polymerization of organic interstellar precursor molecules in the early solar system (Pearson et.al 2002).

In this research, we are studying amino acid formation from formaldehyde and ammonia at 150˚C and reveal the expected effect of minerals, namely, montmorillonite clay, olivine and serpentine to simulate the processes of amino acid productions in water-bearing planetesimals.

We synthesized organic compounds using a mixture of water, formaldehyde and ammonia (H_2O, H_2 CO, NH_3) in a ratio of 100:7:1 (mol) with adding minerals (6 mg/ 0.6 mL solution) by simulating primordial materials in comets and asteroids. Aqueous solutions were heated at 150˚C for 24 hours. The resulted products were divided into two parts, the first analyzed using a FT/IR and the other part was acid hydrolyzed, desalted, and subjected to amino acid analysis using a HPLC.

FT/IR spectra indicated that the differences in the spectral intensities are due to synthesis of more organic compounds. In HPLC analysis, various amino acids including glycine and alanine were detected. Presence of non-protein amino acids (β-Ala, γ-ABA) is considered as evidence against terrestrial contamination. Our preliminary results showed that the obtained amount of amino acids was elevated with the presence of minerals. These results suggested that the associated minerals act as catalysts to produce amino acid precursors during aqueous activities in the planetesimals.

References:

1. Cody, G. D. et al. PNAS 108, 19171–19176 (2011).

2. Kebukawa, Y., David Kilcoyne, A. L. & Cody, G. D. The Astrophysical Journal 771, 19 (2013).

3. Kebukawa, Y. & Cody, G. D. Icarus 248, 412–423 (2015).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4. Pearson, V. K. Meteoritics & Planetary Science 37, 1829–1833 (2002).

Keywords: Meteorite, Formaldehyde, Olivine, Serpentine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

模擬海底熱水系環境下でのアミノ酸前駆体からのペプチド生成
Peptide Formation from amino acid precursors under simulated submarine hydrothermal environments

*小林 憲正[1]、内藤 敬介[1]、内藤 弘毅[1]、倉本 想士[1]、今井 栄一[2]、三田 肇[3]、癸生川 陽子[1]
*Kensei Kobayashi[1], Keisuke Naito[1], Koki Naito[1], Soushi Kuramoto[1], Ei-ichi Imai[2], MITA Hajime[3], Yoko Kebukawa[1]

1. 横浜国立大学、2. 長岡技術科学大学、3. 福岡工業大学
1. Yokohama National University, 2. Nagaoka University of Technology, 3. Fukuoka Institute of Technology

海底熱水噴出孔は、加熱と急冷のサイクル、還元的環境、触媒となりうる遷移金属元素の存在といった有機化合物の合成に有利な特長を持っているため、化学進化の場の一つとして注目されている。また模擬星間物質に陽子線を照射した際には、アミノ酸前駆体が含まれる混合有機物が得られることが判明している。これらのことから、星間にて生成したアミノ酸前駆体が隕石や彗星などにより原始地球の海底熱水噴出孔へ至り、反応するという段階が生命誕生までにあった可能性が考えられる。本研究では、海底熱水噴出孔の高温高圧と急冷を模擬したフローリアクター[1]を用いてグリシン(Gly)、その前駆体となるヒダントイン(Hyd)、アミノアセトニトリル(AAN)、模擬星間有機物(CAW)を反応させ、その生成物の分析を行った。

実験：Gly40 mM、Hyd 40 mM、AAN 40 mM、CAW（CO、NH_3、H_2Oの混合気体に陽子線を照射して得られた生成物）各0.25 mLをフローリアクター(FR)に注入し、反応させた。温度は室温または200~400℃、圧力は250 kg cm^{-2}、反応時間は2分とし、キャリア溶液には純水または1 mM塩酸を用いた。注入5分後から13分後までの流出液を回収しイオンペアクロマトグラフィーを用いた分析を行った。また、Gly, Hydそれぞれ をCAWと混合したサンプルについても同様の実験を行い、単独で反応させた場合と結果を比較した。

結果・考察：Gly、Hydを加熱したサンプルからはGlyの二量体であるグリシルグリシン(GlyGly)及びジケトピペラジン(DKP)が検出された。DKP, GlyGlyともにHydを反応させたサンプルについて収量は大きくなり、HydはGlyの重合物の生成においては遊離のGlyに比べ良い出発物質となることが分かった。また、この際の収量は、DKPについては200℃、250℃、GlyGlyについては200℃、どちらも純水中で反応させた場合に最大となった。

GlyとCAWを混合し反応させたサンプルについては、200℃で加熱した場合に純水中、酸中ともにGlyGly, DKPともに収量は増加した。一方、HydとCAWを混合し反応させたサンプルについては、200℃にて酸性中で反応させた場合のみGlyGlyの収量の増加が見られた。同条件でのDKPの収量に関しては、純水中酸性中ともに増加し、酸性中で反応させた場合に特に大きく増加した。

以上の結果より、遊離のGlyに比べ、アミノ酸前駆代であるHydが海底熱水噴出孔におけるペプチド生成に有利であるということ、また星間環境中で生成する複雑有機物が、ある条件においてはペプチド生成を触媒し得るということが示唆された。

[1] Md. N. Islam *et al. Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **76**, 1171 (2003).

キーワード：海底熱水系、化学進化、アミノ酸前駆体、ペプチド、急熱急冷
Keywords: Submarine hydrothermal systems, Chemical Evolution, Amino acid precursors, Peptides, Flash and quench

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡崎 裕典

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

10:45 ~ 11:00

[MIS19-01] 超大陸パンゲア時代の大気循環パターンと縦列砂丘の発達

*庄崎 弘基[1]、長谷川 精[2] (1.国立大学法人　高知大学理学部、2.国立大学法人　高知大学理工学部)

11:00 ~ 11:15

[MIS19-02] 白亜紀の海洋無酸素イベントにおける基礎生産者の挙動

*芳賀 万由子[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2] (1.東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.東邦大学理学部生命圏環境科学科)

11:15 ~ 11:30

[MIS19-03] タリム盆地南西縁部第三系の供給源変動から推定される構造運動と砂漠化の関連性

*佐久間 杏樹[1]、多田 隆治[1]、吉田 知紘[1]、長谷川 精[2]、杉浦 なおみ[1]、烏田 明典[1]、王 可[1]、Zheng Hongbo[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.高知大学理学部、3.雲南大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS19-04] 千葉複合セクションの酸素同位体記録・浮遊性有孔虫群集によるMIS19における北西太平洋の古海洋変動復元

*羽田 裕貴[1]、横川 菜々子[1]、岡田 誠[1]、林 広樹[2]、久保田 好美[3]、菅沼 悠介[4] (1.茨城大学理学部、2.島根大学総合理工学部、3.国立科学博物館、4.国立極地研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS19-05] 千葉複合セクションに記録された磁場逆転境界付近における花粉分析を用いた古気候復元

*岡田 誠[1]、滝沢 ひとみ[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4]、シモン クォンタン[5] (1.茨城大学理学部理学科、2.茨城大学大学院理工学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.エクス−マルセイユ大学)

12:00 ~ 12:15

[MIS19-06] 過去100万年間の西赤道太平洋暖水塊における鉛直水温構造の復元

*水野 文人[1]、佐川 拓也[2]、向田 圭佑[3]、久保田 好美[4]、山崎 俊嗣[5]、黒田 潤一郎[5] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学理工研究域、3.金沢大学理工学域、4.国立科学博物館、5.東京大学大気海洋研究所)

超大陸パンゲア時代の大気循環パターンと縦列砂丘の発達
Development of Longitudinal dunes under the Pangean atmospheric circulation

*庄崎 弘基[1]、長谷川 精[2]
*Hiroki Shozaki[1], Hitoshi Hasegawa[2]

1. 国立大学法人　高知大学理学部、2. 国立大学法人　高知大学理工学部
1. Faculty of Science, Kochi University, 2. Faculty of Science and Technology, Kochi University

超大陸パンゲアが存在していた頃（ペルム紀～ジュラ紀）の地球は，大陸分布が現在とは異なるため，大気循環パターンや気候帯の分布が大きく変化すると考えられている．しかし，当時の大気循環パターンや気候帯分布については，地質記録に基づく復元や気候モデルの再現実験などが数多くなされているものの，様々な見解があり議論が続いている．本研究では，アメリカ中西部に広く分布する下部ジュラ系の風成砂岩（ナバホ砂岩など）を対象として，今まで謎だった超大陸パンゲア時代の地表風系・大気循環パターンの詳細な復元を試みた．修正された古緯度復元に基づくと，ジュラ紀前期には北緯24~33度に砂漠環境が広がっており，復元された砂丘前置面の方向からNNW-SSE配列の縦列砂丘が発達していたことが明らかになった．また復元された古風向パターンの分布から，北東風・北西風・西風の3方向の卓越風系が発達していたことが明らかになり，気候モデルで再現された北半球冬の卓越風系や亜熱帯高圧帯の位置とも整合的であった．この3方向の卓越風系とNNW-SSE配列の縦列砂丘の発達は，北緯30度付近を中心に発達する亜熱帯高圧帯の軸部が，軌道要素スケールで南北移動したことによって形成されたと考えられる．パンゲア時代には超大陸・超海洋の存在により，現在の大陸分布よりも軌道要素スケールの季節的な日射量変化が強く影響し，亜熱帯高圧帯の南北移動は大きかったことが気候モデルでも再現されている．すなわち，風成砂丘記録から復元されたパンゲア超大陸時代の大気循環は，季節変化や軌道要素スケールで赤道非対称に反転する子午面循環パターンであり，気候モデルの再現結果を整合的に説明できることがわかった．また，現世縦列砂丘とジュラ紀前期の縦列砂丘の配列方向の違いの要因は，大陸分布の違いに依存した亜熱帯高圧帯の南北移動の移動幅の違いによって生じたと考えられる．

キーワード：風成砂丘、ナバホ砂岩、超大陸パンゲア、古風系、大気循環
Keywords: Eolian dunes, Navajo sandstone, Pangean supercontinent, Paleowind systems, Atmospheric circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

白亜紀の海洋無酸素イベントにおける基礎生産者の挙動
Response of primary producers in the ocean anoxic events during the Cretaceous

*芳賀 万由子[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]
*Haga Mayuko[1], Eiichi Tajika[1], Kazumi Ozaki[2]

1. 東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. 東邦大学理学部生命圏環境科学科
1. The University of Tokyo, 2. Toho University

白亜紀においては、海洋内部に酸素欠乏状態が拡大する「海洋無酸素イベント(Oceanic Anoxic Events ; OAEs)」と呼ばれる現象が繰り返し生じていたことが知られている。OAEs時の貧酸素環境では、現在のような富酸素環境とは異なる物質循環や生物活動、堆積過程が生じていたはずである。実際、OAEsの地層からはシアノバクテリアや緑色硫黄細菌等の活動を示唆するバイオマーカー(分子化石)が検出されていることから、OAEs発生時における海洋の化学環境や基礎生産者が現在とは全く異なっていたことが示唆されている。OAEsを生物地球化学循環への擾乱現象と見なせば、そこで中心的な機能を担う光合成生態系の応答を理解することは重要である。

白亜紀においては、海洋底拡大速度が速く海水準が高く維持されていたため、浅海域の面積が拡大していた。有機物は浅い海底ほど効率的に埋没するため、広大な大陸棚において必須元素であるリンや窒素などの栄養素が大量に固定される結果、海洋は富栄養になりにくく、より富酸素的になりやすいはずである(Ozaki and Tajika,2013)。しかしながら、そのような白亜紀条件における海洋内部の必須元素分布や基礎生産者の挙動はよくわかっていない。そこで白亜紀条件における海洋生物化学循環モデルに海洋生態系モデルを結合することで、白亜紀において生じたOAEsの条件や必須元素分布、基礎生産者の挙動について調べた。

その結果、白亜紀の平均的な気温条件では、現在海洋と同様に藻類が主な基礎生産者となることがわかった。しかしながら、巨大火成岩区(LIPs)の形成などにより一時的に気温が上昇し貧酸素水塊が発生した場合、海水中の硝酸が枯渇して窒素制限傾向に陥るために藻類の基礎生産は低下し、それに代わって窒素固定を担うシアノバクテリアが主たる基礎生産者となることが示された。また、湧昇域においては、硫酸還元によって発生した硫化水素が有光層にまで上昇し、緑色硫黄細菌が基礎生産を担うようになることが分かった(有光層ユーキシニアの発生)。

すなわち、白亜紀において海洋無酸素イベントが発生した状況では、通常海域ではシアノバクテリアが必然的に活動するようになり、湧昇域においては緑色硫黄細菌が活動するようになるという結果が得られた。

キーワード：海洋無酸素イベント、白亜紀、バイオマーカー、海洋生物化学循環モデル、緑色硫黄細菌、シアノバクテリア
Keywords: ocean anoxic events, Cretaceous, biomarkers, marine biogeochemical cycle modeling, green sulfur bacteria, cyanobacteria

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

タリム盆地南西縁部第三系の供給源変動から推定される構造運動と砂漠化の関連性

The linkage between desertification and tectonism inferred from the provenance change of the terrestrial sediments in the Tarim basin

*佐久間 杏樹[1]、多田 隆治[1]、吉田 知紘[1]、長谷川 精[2]、杉浦 なおみ[1]、烏田 明典[1]、王 可[1]、Zheng Hongbo[3]
*Aki Sakuma[1], Ryuji Tada[1], Tomohiro Yoshida[1], Hitoshi Hasegawa[2], Naomi Sugiura[1], Akinori Karasuda[1], Ke WANG[1], Hongbo Zheng[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 高知大学理学部、3. 雲南大学
1. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, the University of Tokyo, 2. Faculty of Science and Technology, Kochi University, 3. School of Resource Environment and Earth Science, Yunnan University

タリム盆地はチベット高原北西部に位置しており、インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突したことに起因するチベット高原とその周辺地域の隆起とそれに伴う乾燥化が新生代を通じて進行した地域の一つであると、気候モデル実験の結果から推定されている(e.g. Kitoh, 2005)。しかし、タリム盆地の乾燥化とその周辺地域における隆起の関係を裏付ける地質学的な証拠は十分とは言えない。その原因として乾燥化の証拠として用いられている盆地内部の風成層の年代について、文献ごとに異なる見解が示されていることが挙げられる(e.g. Zheng et al., 2015)。そのため、両者の関係を検証するためには、年代モデルの不確かさに影響されずに乾燥化指標と比較をすることが可能な構造運動の指標を同じセクションから取り出すことが有効である。

本研究では、タリム盆地南西縁部Aertashiセクションにおいて、始新世後期～中新世中期にかけて堆積した河川成細粒砂岩の供給源変化を、64-500μm画分中に含まれる石英の電子スピン共鳴(ESR)信号強度・結晶化度(CI)分析、薄片観察から推定した。そして、供給源の変化から後背地における構造運動の時期を推定し、岩相から推定される乾燥化の時期との比較を行うことにより、両者の関係を調べた。

河川によって運搬されたと考えられる64-500μm画分中に含まれる石英のESR信号強度、CI分析の結果、この画分の供給源変動は6段階のステージに区分されることが分かり、それぞれのステージの境界は約35Ma、約33Ma、約26Ma、約21Ma、約17Maであった。薄片観察からは約17Ma前後で構成粒子の組成が大きく変化することが分かった。具体的には岩片の占める割合が増え、火山岩片が含まれるようになり、苦鉄質鉱物や黒雲母の割合が増加するといった違いが見られた。
ESR信号強度、CI測定の結果から見ると、特に約33Ma、約26Ma、約17Maにおける供給源は大きく変化しており、後背地であるパミール高原での構造運動がこれらの時期に起きた可能性が高いと予想される。一方で、岩相から予想されるタリム盆地における乾燥化開始時期は約35Maであり、タリム盆地における初期の乾燥化にパミール高原における構造運動が影響した可能性は低いと予想される。

キーワード：タリム盆地、供給源推定、砂漠化
Keywords: Tarim Basin, provenance change, desertification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千葉複合セクションの酸素同位体記録・浮遊性有孔虫群集による MIS19における北西太平洋の古海洋変動復元

Paleoceanographic reconstruction in the northwestern Pacific during MIS 19 using ultra-high temporal resolution oxygen isotope profiles and planktonic foraminiferal assemblage

*羽田 裕貴[1]、横川 菜々子[1]、岡田 誠[1]、林 広樹[2]、久保田 好美[3]、菅沼 悠介[4]
*Yuki Haneda[1], Nanako Yokokawa[1], Makoto Okada[1], Hiroki Hayashi[2], Yoshimi Kubota[3], Yusuke Suganuma[4]

1. 茨城大学理学部、2. 島根大学総合理工学部、3. 国立科学博物館、4. 国立極地研究所
1. College of Science, Ibaraki University, 2. Interdisciplinary Factulty of Science and Engineering, Shimane University, 3. National Museum of Nature and Science, 4. National Institute of Polar Research

The orbital configuration during Marine Isotope Stage (MIS) 19 are characterized by a weak eccentricity-precession forcing and an obliquity maximum associated with a precession minimum as well as MIS 1, although the both absolute values of obliquity are different. Thus, MIS 19c, one of the sub-stages during MIS 19, is assumed as the best analogue for the present interglacial suggesting the timing of the next glacial inception in the future when the anthropogenic influences are excluded.

The Chiba composite section (CbCS) at east-central Japanese island faces the northwestern Pacific containing the Kuroshio Extension Front (KEF) which is north limit of the Kuroshio Current transporting amount of heat and water from the Equatorial to mid-latitude. Modern observation, climate model, and geologic records reveal that variations of the oceanic fronts in the northwestern Pacific (surface temperature and latitudinal position) and atmospheric circulation in the North Pacific interact. However, response of the KEF to external and internal forcings under the modern orbital configuration remain unclear.

Here, we reconstruct detailed paleoceanographic variations in the northwestern Pacific during MIS 19 using stable oxygen isotope ($\delta^{18}O$) and planktonic foraminiferal assemblage records form the CbCS. Spectral and wavelet analyses were conducted in order to assess periodicity of our new $\delta^{18}O$ records. Vertical water temperature structure and their gradient (ΔT), and relative abundance variation of warm-water species exhibit latitudinal displacements of the KEF on multi-millennial scale across the MIS 20–19 transition and during late MIS 19 (MIS 19b to 19a). Results of the spectral and wavelet analyses for the $\delta^{18}O$ records show periodicities of 2,300–6,000 year during late MIS 19. Similarities of timing and periodicity between paleoceanographic records from the CbCS and North Atlantic indicate that disruption of the Atlantic meridional overturning circulation due to freshwater discharge into the North Atlantic caused the southward displacements of the KEF via atmospheric dynamic. A power of the 9,700 year-periodicity in surface planktonic $\delta^{18}O$ and ΔT is stronger during MIS 19c, which probably originates from tropics caused by equatorial insolation at equinoxes with the orbital perihelion. This result indicates the seasonality of the insolation at low-latitudes paced the sea surface condition at the CbCS throughout MIS 19 and this low-latitude influence became larger especially when the North Atlantic forcing by freshwater discharges and AMOC variability was low. Our result suggests that millennial-scale stability and variation of oceanographic condition along the KEF under this orbital configuration depend on North Atlantic climate variability.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：千葉複合セクション、海洋酸素同位体ステージ19、酸素同位体、浮遊性有孔虫、北西太平洋、黒潮続流前線
Keywords: China composite section, MIS 19, Oxygen isotope, Planktonic foraminifer, northwestern Pacific, Kuroshio Extension Front

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千葉複合セクションに記録された磁場逆転境界付近における花粉分析を用いた古気候復元

Paleoclimate reconstruction using fossil pollen analyses from a sedimentary sequence around the Matuyama-Brunhes polarity transition in the Chiba composite section

*岡田 誠[1]、滝沢 ひとみ[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4]、シモン クォンタン[5]
*Makoto Okada[1], Hitomi Takizawa[1], Yuki Haneda[2], Yusuke Suganuma[3,4], Quentin Simon[5]

1. 茨城大学理学部理学科、2. 茨城大学大学院理工学研究科、3. 国立極地研究所、4. 総合研究大学院大学、5. エクス−マルセイユ大学
1. Department of Earth Sciences, College of Science, Ibaraki University, 2. Graduate school of Science and Technology, Ibaraki University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Graduate University for Advanced Studies, 5. Aix-Marseille University

本研究では地磁気逆転時におけるいわゆるスベンスマルク効果を検討することを目的として、M-B極性反転境界を含む千葉複合セクションにおいて花粉分析を行い，モダンアナログ法により得られる定量的な古気候変動と古地磁気および10Be記録との対比を行った。

本研究で用いた試料は，先行研究 (Suganuma et al., 2018)で用いられた花粉化石データの採取密度が低かった層準区間 (Byk-Eテフラ層の上位 4-31m）における33層準から採取した．試料に対して，前処理としてKOH-アセトリシス処理（Moore et al., 1991）とフッ化水素酸処理を施し，花粉化石の抽出を行った．光学顕微鏡による検鏡の結果，木本花粉1科24属，草本花粉2科1属，胞子2属の計3科27属を同定した．出現した花粉化石は，いずれの層準もPinus（マツ属）が多産し，その他にPicea（トウヒ属），Tsuga（ツガ属），Fagus（ブナ属）等亜寒帯〜冷温帯を主な分布域とする花粉が多く占める結果となった．

花粉データに対しモダンアナログ法（Nakagawa et al., 2002）を適用したところ，復元した古気候パラメータが，全体的に現在の対象地域周辺より低い気温を示した．モダンアナログ法から復元した各種気候パラメータを酸素同位体比変動や日射量変動，銀河宇宙線量を示す10Be，相対古地磁気強度と比較したところ，年平均気温の変動はおよそ浮遊性有孔虫の酸素同位体変動と同期した変化を示し，Kitaba et al. (2017) で報告されたM-B境界における磁場逆転に伴う気温の低下及び寒冷化の継続は確認できなかった．

キーワード：千葉複合セクション、花粉化石分析、松山ーブルン地磁気逆転
Keywords: Chiba Composite Section, fossil pollen analysis, Matuyama-Brunhes reversal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

過去100万年間の西赤道太平洋暖水塊における鉛直水温構造の復元
Reconstruction of vertical thermal structure in the western Pacific warm pool over the last 1 Myr

*水野 文人[1]、佐川 拓也[2]、向田 圭佑[3]、久保田 好美[4]、山崎 俊嗣[5]、黒田 潤一郎[5]
*Fumito Mizuno[1], Takuya Sagawa[2], Keisuke Mukaida[3], Yoshimi Kubota[4], Toshitsugu Yamazaki[5], Junichiro Kuroda[5]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科、2. 金沢大学理工研究域、3. 金沢大学理工学域、4. 国立科学博物館、5. 東京大学大気海洋研究所
1. Graduate School of Natural Science and Technology. Kanazawa University, 2. Institute of Science & Engineering. Kanazawa University, 3. Collage of Science & Engineering. Kanazawa University, 4. National Museum of Nature & Science, 5. Atmosphere and Ocean Research Institute. The University of Tokyo

太平洋熱帯域には東西方向の大気循環（ウォーカー循環）が存在し，その強弱と東西の表層水温（Sea Surface Temperature: SST）勾配，水温躍層勾配が大気海洋相互作用によって密接に関係している．このような大気海洋相互作用はエルニーニョ南方振動（El Niño Southern Oscillation : ENSO）として知られており，数年スケールの振動が熱帯のみならず広範囲の気候に影響を与えている．過去のSSTプロキシ記録によると東西方向のSST勾配は様々な時間スケールで変化しており，現在のENSOに類似した大気海洋相互作用が長時間スケールにおいても存在したと解釈されている．しかしながら，SST勾配の変化がウォーカー循環の強弱を伴っていた決定的な証拠は無い．そこで，本研究ではウォーカー循環の強弱に敏感に応答する水温躍層の変化を復元し，東西のSST勾配との連動性を調べることによって，ENSOに似た大気海洋相互作用が数万～数十万年スケールにおいても卓越していたかを検証した．試料は西太平洋暖水塊（Western Pacific warm pool: WPWP）に位置するオントンジャワ海台で採取されたMR14-02 PC4ピストンコアを用いた．堆積物から拾い出した浮遊性有孔虫*Globigerinoides ruber*と*Pulleniatina obliquiloculata*のMg/Ca分析によって，表層・躍層水温を過去100万年間にわたって復元した．両者の水温差をWPWPにおける鉛直水温勾配（ΔT_{WPWP}）とし，本研究の*G. ruber* SSTと東赤道太平洋ODP Site 846におけるアルケノンSSTの差を東西水温勾配（ΔSST_{W-E}）として比較を行った．その結果，過去のΔT_{WPWP}とΔSST_{W-E}の関係は，現在の数年スケール変動のそれとは一致しないことが示された．これは熱帯太平洋における数万～数十万年スケールの水温構造の変化が，現在のような東西方向の大気海洋相互作用とは異なるメカニズムによって引き起こされていることを示唆する．また，ΔT_{WPWP}とΔSST_{W-E}には氷期一間氷期サイクルよりも長時間スケールの変化が確認され，その周期はおよそ40万年であった．このことは，赤道太平洋の水温構造がミランコビッチサイクルを反映している可能性を示す．本研究の結果から，過去の大気海洋相互作用の動態を理解するためには，東西SST勾配に加えて，鉛直水温構造や緯度方向の水温変化も合わせて議論する必要性が示された．

キーワード：西赤道太平洋暖水塊、浮遊性有孔虫、古水温復元
Keywords: Western Pacific warm pool, Planktonic foraminifera, Reconstruction of old water temperature

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

13:45 ~ 14:00

[MIS19-07] 大気中二酸化炭素増大に伴う２つの気候変化への海洋石灰化生物の応答に関する将来展望

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:22

[MIS19-08] 生物源炭酸カルシウムのホウ素同位体分析に基づく海水pH・大気中CO_2濃度復元

★招待講演

*窪田 薫[1] (1.海洋研究開発機構 高知コア研究所)

14:22 ~ 14:37

[MIS19-09] サンゴ骨格の化学分析に基づくジャワ海における過去70年の環境変動

*源田 亜衣[1]、鈴木 淳[2]、石村 豊穂[3]、池原 実[4]、井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門、3.独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

14:37 ~ 14:52

[MIS19-10] **フィリピンのサンゴ試料を用いた過去220年間の西太平洋熱帯域の古環境復元**

智原 睦美[1]、福嶋 彩香[2]、池原 実[3]、川幡 穂高[2]、鈴木 淳[4]、*井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

14:52 ~ 15:15

[MIS19-11] Ocean deoxygenation from the Last Glacial Maximum to the future global warming: inshight from model simulations

★Invited Papers

*山本 彬友[1]、阿部 彩子[2,1]、大垣内 るみ[1]、伊藤 彰記[1]、重光 雅仁[1]、山中 康裕[3]、岡 顕[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.北海道大学大学院地球環境科学研究院統合環境科学部門)

大気中二酸化炭素増大に伴う２つの気候変化への海洋石灰化生物の応答に関する将来展望

Future perspective on the response of marine calcifiers to “evil twins” of climate change due to increased PCO2

*川幡 穂高[1]
*Hodaka Kawahata[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所
1. Atmosphere Ocean Research Institute, the University of Tokyo

This talk is developed from our comprehensive review paper of PEPS: Kawahata, H., Fujita, K., Iguchi, A, Inoue, M., Iwasaki, S., Kuroyanagi, A., Maeda, A., Manaka, T., Moriya, K., Takagi, H., Toyofuku, T., Yoshimura, T., Suzuki, A. (2019) Perspective on the response of marine calcifiers to global warming and ocean acidification –Behavior of corals and foraminifera in a high CO2 world “hot house”. Progress in Earth and Planetary Science 6: 5 (p.1-37).

Our planet will experience global warming and ocean acidification due to increased partial pressure of CO2 in the atmosphere. They are often referred to as the “evil twins” of climate change, potentially inducing severe threats in the near future.

Generally, majority of marine calcifying organisms show decreases in calcification rates in response to acidified seawater by increased pCO2. However, the response often differs depending on situations, species, and life-cycle stage. Calcification of Calcarina gaudichaudii, generally increased with increased pCO2. As one possible cause of these different sensitivities, Calcarina hosts diatoms as its symbiotic algae. High-CO2 seawater is favorable to diatom growth.

X-ray micro-computed tomography will provide valuable information regarding biomineralization including calcification of planktic and benthic foraminifera in response to ocean acidification as well as regarding carbonate dissolution.

Based upon the analysis of the biogeochemical cycle (today, at P/E boundary and in Cretaceous), “high speed” and “high level” pCO2 are the primary and secondary factors, respectively, leading to acidification in the Earth surface’s system. Over the long-term, it is well known that alkalinity has fluctuated largely in the Earth’s surface environment. Therefore, it is important to quantitatively reconstruct alkalinity, which is another key factor determining the saturation state of carbonate minerals.

キーワード：地球温暖化、海洋酸性化、石灰化生物、炭酸塩、アルカリ度
Keywords: global warming, ocean acidification , calcifiers, carbonate, alkalinity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

生物源炭酸カルシウムのホウ素同位体分析に基づく海水pH・大気中CO_2濃度復元

Reconstruction of seawater pH and atmospheric CO_2 concentration based on boron isotopic composition of biogenic calcium carbonate

*窪田 薫[1]
*Kaoru Kubota[1]

1. 海洋研究開発機構 高知コア研究所
1. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC

造礁サンゴや有孔虫に代表される生物源炭酸カルシウムには微量元素や同位体の形で様々な海洋環境情報が記録されている。中でも、**ホウ素同位体（$\delta^{11}B$）**は海水のpH、さらには大気中CO_2濃度を記録する代替指標として古気候・古海洋学研究で大きな関心を集めている。近年の人為的なCO_2排出のもたらす環境問題（地球温暖化、海洋酸性化など）への関心の高まりとともに、過去の炭素循環研究が盛んに行われており、その中でもホウ素同位体指標は中心的な役割を果たしている。同指標は1980年代にその適用可能性が予見されたものの、当時は微量かつ高精度にホウ素同位体を分析することは困難であった。ホウ素は身の回りにありふれた元素であり（代表的なものはホウケイ酸ガラス）、また生物源炭酸カルシウム中のホウ素の含有量が極めて小さいことから、クリーン環境の向上とともに分析技術が進化して来たという経緯がある。表面電離型質量分析計（**TIMS**）を用いた測定技術が最初に開発され、現在までにマルチコレクター型ICP質量分析計（**MC-ICPMS**）、二次イオン質量分析計（SIMS）、レーザーアブレーション型ICP質量分析計（LA-ICPMS）を用いた測定が可能になっている（他にも多数）。それぞれの分析法で測定可能量・達成できる精度・空間分解能が大きく異なるが、現在なおより微量・より高精度に同位体を測定するための技術開発努力が世界中の研究機関で続けられている。**海洋研究開発機構高知コア研究所**においては、TIMSとMC-ICPMSの二種類を用いた測定が可能になっており、前者は世界最高精度、後者も世界に引けを取らない測定精度・測定可能量を実現している。本講演では、海洋生物の炭酸カルシウム骨格のホウ素同位体が海水pHの指標になる原理と各分析法の特性を説明するとともに、発表者がこれまでに高知コア研究所において行なってきた研究・現在継続中の研究計画について簡単に紹介する。近年、サンゴや有孔虫の石灰化母液のpH可視化技術の進展とともに、ホウ素の取り込みに関するメカニズムの理解もより精緻化しつつある。造礁サンゴについては、ホウ素同位体は石灰化母液のpHの直接指標になる可能性が指摘されており、一方で有孔虫に関しても微小領域のpH変化がホウ素同位体に影響していることが明らかになりつつある。いずれにしても、様々な試料（飼育実験・最近野外で採取された個体・化石試料など）に対して、ホウ素同位体と海水pHとの間の明瞭な相関が確認されており、経験則を正確に把握することで古気候・古海洋学研究に応用されているのが現状である。

キーワード：ホウ素同位体、サンゴ、有孔虫、炭素循環、石灰化、二酸化炭素
Keywords: boron isotope, coral, foraminifera, carbon cycle, calcification, carbon dioxide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サンゴ骨格の化学分析に基づくジャワ海における過去70年の環境変動
A 70 years changes of the Java Sea surface condition based on geochemical analyses of a coral core

*源田 亜衣[1]、鈴木 淳[2]、石村 豊穂[3]、池原 実[4]、井上 麻夕里[1]
*Ai Genda[1], Atsushi Suzuki[2], Toyoho Ishimura[3], Minoru Ikehara[4], Mayuri Inoue[1]

1. 岡山大学大学院自然科学研究科、2. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門、3. 独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校、4. 高知大学海洋コア総合研究センター
1. Graduate School of National Science and Technology, Okayama University, 2. Geological Survey of Japan Natinal Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. National Institute of Technology, Ibaraki College, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

インドネシア多島海は、地形の複雑性などから海洋観測データの蓄積が少ない海域である。そのため、過去数十年以上にわたる海洋環境の変化を理解するためには、間接指標を用いた環境復元が必要である。そこで本研究では、サンゴ骨格中のSr/Ca比, U/Ca比および炭素同位体比（$\delta^{13}C$）の分析から過去70年間の海洋環境の復元を行った。

本研究では、インドネシア・ジャワ海に位置するセリブ諸島周辺の海域から採取された塊状ハマサンゴ（*Porites* sp.）の骨格コアを使用した。骨格中のSr/Ca比は誘導結合プラズマ（ICP）発光分光分析装置、U/Ca比はICP質量分析計、$\delta^{13}C$は安定同位体比質量分析計によって、それぞれ約2か月の時間分解能で分析を行った。

これまでにSr/Ca比とU/Ca比は、水温の指標になることが報告されているが[Beck et al., 1992; Min et al., 1995]、U/Ca比は海水温以外にも、海水のpH [Inoue et al., 2011]や炭酸イオン濃度（$[CO_3^{2-}]$）[Anagnostou et al., 2011]にも依存することが報告されている。したがって、これらの組み合わせから、海水温および炭酸系の復元を試みた。その結果、1970年以降、骨格中のU/Ca比に対する海水のpHあるいは$[CO_3^{2-}]$の影響が大きくなった可能性が考えられ、海洋酸性化の影響が示唆される。同様に、骨格中の$\delta^{13}C$には、^{13}Cスース効果が反映されており、特に1970年以降に$\delta^{13}C$の減少が大きいことが認められた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピンのサンゴ試料を用いた過去220年間の西太平洋熱帯域の古環境復元

Reconstruction of paleoenvironments in the western Pacific for the last 220 years

智原 睦美[1]、福嶋 彩香[2]、池原 実[3]、川幡 穂高[2]、鈴木 淳[4]、*井上 麻夕里[1]
Mutsumi Chihara[1], Ayaka Fukushima[2], Minoru Ikehara[3], Hodaka Kawahata[2], Atsushi Suzuki[4], *Mayuri Inoue[1]

1. 岡山大学大学院自然科学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 高知大学海洋コア総合研究センター、4. 産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Department of Earth Sciences, Okayama University, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 4. Geological Survey of Japan, AIST

サンゴ骨格の酸素同位体比（$\delta^{18}O$）やストロンチウム・カルシウム比（Sr/Ca）は海洋表層の温度などに関する定量的な情報を得られるため、熱帯から亜熱帯域における気候の経年変動を復元するのに適した古気候・古環境指標であるとされている。しかしサンゴ骨格を用いて200年以上にわたる連続的な環境復元を行った研究は限られている。そこで本研究では西太平洋熱帯域のフィリピンで採取されたサンゴ骨格試料について、約2ヶ月の時間分解能でSr/Ca比と、酸素・炭素同位体比($\delta^{13}C$)の分析を行い、過去約220年間の古環境復元を行った。

海水温のみの指標とされているSr/Ca比の測定の結果、複数の寒冷化イベントが認められ、寒冷化の年代から大規模な火山活動との関係が示唆された。同様に、$\delta^{18}O$の結果からも特に19世紀前半に$\delta^{18}O$の急激な上昇が認められ、これは複数の西太平洋の長尺サンゴ記録においても確認されることから、小氷期末にあたるこの時期において西太平洋熱帯域が寒冷・乾燥であった可能性がある。一方、1950年以降においては温暖・湿潤な環境へのシフトが見られた。また$\delta^{13}C$の結果からは20世紀後半に急激な減少傾向が見られ、$\delta^{13}C$値の低い化石燃料放出の影響により大気や海洋表層の$\delta^{13}C$が軽くなるスース効果を反映していると考えられた。時系列解析の結果からは、本研究地域の海水温や$\delta^{18}O$の変動は、ENSOに関連した3~7年程度の変動周期が検出され、本海域はアジアモンスーンなど複数の気候要素が影響しているものの、ENSOの影響が支配的である可能性が示された。

キーワード：西太平洋、サンゴ骨格、古気候
Keywords: the western Pacific, coral skeleton, paleoclimate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean deoxygenation from the Last Glacial Maximum to the future global warming: inshight from model simulations

*山本 彬友[1]、阿部 彩子[2,1]、大垣内 るみ[1]、伊藤 彰記[1]、重光 雅仁[1]、山中 康裕[3]、岡 顕[2]
*Akitomo Yamamoto[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1], Rumi Ohgaito[1], Akinori Ito[1], Masahito Shigemitsu[1], Yasuhiro Yamanaka[3], Akira Oka[2]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 北海道大学大学院地球環境科学研究院統合環境科学部門
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and TechnologyAtmosphere and Ocean Research Institute, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

Global warming is expected to decrease ocean oxygen concentration by less solubility of surface ocean, reduced ventilation and enhanced stratification. The associated expansion of the oxygen minimum zone would have adverse impact on marine organisms and ocean biogeochemical cycles. Earth system models show a consistent deoxygenation trend over the twenty-first century; however, longer-term changes in ocean oxygen are still unclear due to the uncertain response of deep ocean circulation.

During the Last glacial maximum, recent proxy data show that, despite greater oxygen solubility due to sea surface cooling, the oxygen concentrations throughout the deep ocean were generally lower. These records provide the response of oxygen content to climate forcing that are comparable in magnitude to the expected future changes. Therefore, the understanding of glacial deoxygenation will help us to better understand and predict future oxygen changes. In addition, glacial deep-water deoxygenation is crucial to understand glacial-interglacial CO_2 change, since glacial deoxygenation reflects increased accumulation of respired carbon in the glacial deep ocean. However, the mechanisms of deep-water deoxygenation and contribution form the biological pump to glacial CO_2 drawdown are poorly understood due to the difficulties in reproducing glacial deoxygenation.

In this study, we report the importance of glaciogenic dust for the glacial deep-water deoxygenation from our numerical simulation which successfully reproduces the magnitude and large-scale pattern of the observed oxygen changes from the present to Last Glacial Maximum. Sensitivity experiments reveal that physical changes (e.g., more sluggish ocean circulation) contribute to only half of all glacial deep deoxygenation, whereas the other half is driven by enhanced efficiency of the biological pump. We found that iron input from the glaciogenic dust with higher iron solubility is the most significant factor for enhancement of the biological pump and global deep-water deoxygenation. The model-proxy agreement of oxygen change supports the simulated contribution of the enhanced biological pump to the decrease of more than 30 ppm of glacial CO_2.

On the other hand, our model underestimates deoxygenation in the deep Southern Ocean due to enhanced ventilation in the Southern Ocean. Our results suggest that the stratified Southern Ocean is required for reproducing glacial deoxygenation in the Southern Ocean. However, present climate models cannot reproduce the stratified Southern Ocean. A possible reason is that climate models are too coarse to capture the process of dense water formation on the Antarctic shelf and tend to underestimate the strength of stratified Southern Ocean. Similar to glacial oxygen changes, our global warming simulation show that changes in ocean circulation in the Southern Ocean are crucial for long-term projecting future oxygen changes associated with global warming. Therefore, the understanding of glacial oxygen changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

will help us to better understand and predict future oxygen changes.

キーワード：溶存酸素、氷期一間氷期サイクル、地球温暖化、海洋炭素循環、海洋生物地球化学モデル
Keywords: Dissolved oxygen, Glacial-interglacial cycle, Global warming, Ocean carbon cycle, Ocean biogeochemical model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡 顕

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

15:30 ~ 15:52

[MIS19-12] 湖底堆積物の花粉化石から高精度^{14}C年代を抽出する

★招待講演

*大森 貴之[1]、山田 圭太郎[2]、北場 育子[2]、中川 毅[2] (1.東京大学総合研究博物館、2.立命館大学古気候学研究センター)

15:52 ~ 16:07

[MIS19-13] 水月湖に保存された花粉化石の酸素安定同位体比変動

*山田 圭太郎[1]、大森 貴之[2]、北場 育子[1]、中川 毅[1] (1.立命館大学総合科学技術研究機構、2.東京大学総合研究博物館)

16:07 ~ 16:22

[MIS19-14] 珪藻化石記録に基づく最終氷期における琵琶湖湖水位変動の復元

*鈴木 勇志[1]、井内 美郎[2]、大塚 佳祐[1]、川上 薫[3] (1.早稲田大学大学院人間科学研究科、2.早稲田大学人間科学学術院、3.北海道大学大学院環境科学院)

16:22 ~ 16:45

[MIS19-15] 沿岸域におけるマイクロプラスチックの堆積フラックス

★招待講演

*日向 博文[1]、加 三千宣[1]、桝本 一成[1]、川又 勇人[1] (1.愛媛大学)

16:45 ~ 17:00

[MIS19-16] 別府湾堆積物: 人新世-完新世境界の補助ストラトタイプ候補としてのポテンシャル

*加 三千宣[1]、鈴木 克明[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.早稲田大学教育・総合科学学術院地球化学専修)

湖底堆積物の花粉化石から高精度^{14}C年代を抽出する
Extraction of high-quality ^{14}C data from terrestrial sediments containing pollen fossils

*大森 貴之[1]、山田 圭太郎[2]、北場 育子[2]、中川 毅[2]
*Takayuki Omori[1], Keitaro Yamada[2], Ikuko Kitaba[2], Takeshi Nakagawa[2]

1. 東京大学総合研究博物館、2. 立命館大学古気候学研究センター
1. The University Museum, The University of Tokyo, 2. Research Centre for Palaeoclimatology, Ritsumeikan University

堆積物に含まれる花粉化石の高精度放射性炭素（^{14}C）年代測定の実現は，古気候復元の時間解像度を飛躍的に向上させ，古気候学における研究戦略さえも大きく変革させるポテンシャルを秘めている。様々な堆積物で認められる花粉化石を短時間でかつ効率的に回収できれば，堆積物コアの任意の深度で時間情報の抽出が可能となり，年代モデルの高精度化やイベント年代の決定が自由自在となる。花粉化石を用いた^{14}C年代測定の応用研究はこれまでも報告されてきたが，花粉回収法や試料調製法の煩雑さ，試料の高純度化や処理工程の効率化における困難さから，花粉化石が主要な分析対象として認識されるには至っていない。我々は，医学や生物学において特定細胞の選別に利用されるセルソーターを用い，^{14}C年代測定に必要十分な花粉化石を迅速かつ簡便に濃縮し，高精度分析を可能とする手法までを確立した。

セルソーターは，選別対象粒子にレーザーを照査し，得られた蛍光特性や形状をもとに，粒子の選別を可能とする。一般に細胞の選別を行うセルソーターに対し，土壌から抽出した有機質分画を投入すると動作不良を引き起こすが，装置の機能改良および試料調製法の最適化から花粉化石濃縮への実用化を果たし，約半日で純度99%以上の花粉化石を100万粒の濃縮することに成功した。

濃縮花粉化石の^{14}C年代測定は，福井県に所在する水月湖にて掘削され，これまでに800点を超える^{14}Cデータが報告される年縞堆積物コアを用い，分析手法の信頼性を検証した。炭素量で約50-100μgに相当する花粉化石を，およそ20-30gの堆積物コアから濃縮し，^{14}C微量測定のための試料調製を行った後，東京大学総合研究博物館のコンパクトAMSシステム(NEC 0.5 MV 1.5SDH-1)にて分析を行った。花粉化石から得られた^{14}C年代は，先行研究で報告された大型植物化石の^{14}Cデータを完全に復元し，本分析手法が堆積物コアの実用的手段であることが示された。また，花粉化石による^{14}C年代測定の応用は，年代モデルの高精度化に留まらず，大型植物化石や鍾乳石の^{14}Cデータで示される気候変動シグナルを新たな視点で評価する手段を提供する。

キーワード：放射性炭素年代、花粉化石、セルソーター、水月湖
Keywords: Radiocarbon dating, Pollen fossil, Cell sorter, Suigetsu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水月湖に保存された花粉化石の酸素安定同位体比変動
Oxygen isotope fluctuations of pollen fossils from Lake Suigetsu, Japan

*山田 圭太郎[1]、大森 貴之[2]、北場 育子[1]、中川 毅[1]
*Keitaro Yamada[1], Takayuki Omori[2], Ikuko Kitaba[1], Takeshi Nakagawa[1]

1. 立命館大学総合科学技術研究機構、2. 東京大学総合研究博物館
1. Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University, 2. The University museum, The University of Tokyo

大気・海洋・陸域・極域の相互作用は、気候変動メカニズムを考えるうえで重要な要素である（Lowe et al., 2008）。花粉分析は、陸域の古気候情報を復元する手法の一つとして古くから使われてきた。しかしながら、気候変動に対する植生応答は非線形的である。これによって生じる植生の応答ラグは、花粉組成に基づく古気候記録とそれ以外の古気候記録の前後関係の検証を困難にしていた。このような背景の中、花粉化石の安定同位体比は、他の古気候記録とも高精度対比が可能な古気候指標として有力視されてきた（Loader and Hemming, 2004）。しかし、堆積物から花粉化石を単離することは容易ではなく、古気候学研究への応用は実現していなかった。本研究では、“セルソーター”を用いて花粉化石を濃縮し、その安定同位体比を測定することで、年代モデルが確立している福井県水月湖における1-2万年前の古気候変動の復元を試みた。

水月湖は3 km四方の湖で、最大水深は34 mに達する。水月湖では“年縞”と呼ばれる、一年ごとに縞を形成する堆積物が過去7万年間に渡って堆積している。これまで水月湖では、複数の掘削が行われてきた。特に水月湖の中央付近で掘削された、SG93とSG06と呼ばれる二つのコアは、800点を超える放射性炭素年代測定、精密な縞の計数、歴史記録やテフラの対比などに基づき、極めて精密な年代が決定されている（e.g. Staff et al., 2011; Bronk Ramsey et al., 2012; Marshall et al., 2012; Schlolaut et al., 2012）。本研究では、年代や花粉の含有率が既知なSG06コアから花粉化石を抽出した。

花粉の抽出を行ったセルソーターは、導入した粒子のフォトルミネッセンスに基づき、一粒子毎に分別することができる。花粉化石を主として構成するスポロポレニンは、可視光に対して自家蛍光する。そのため、花粉化石は蛍光色素を使わずにセルソーターで分取することが可能で（Tennant et al., 2013）、年代測定や安定同位体比測定用の試料として供することができる。そこで、堆積物試料に対して化学的・物理的な前処理を行ったのち、セルソーターに導入し、1サンプルあたり約50万粒の花粉化石を抽出した。抽出した花粉化石を乾燥及び定量分取したのち、Thermo Scientific社製の熱分解型元素分析計を用いて、酸素の安定同位体比の測定を行った。

得られた花粉化石の酸素安定同位体比は、1-2万年前にかけて大きな増減を示した。変動はNGRIPやHulu Caveの酸素安定同位体比と大局的には同様の変動傾向を示しており、気候変動のシグナルを保存している可能性を示唆している。安定同位体比を用いることで、花粉化石からも各地域間における気候変動の前後関係について、より定量的に見積もれる可能性がある。また、花粉組成に基づく植生復元と組み合わせることで、気候変動とそれに伴う植生の応答ラグを定量化できる可能性がある。今後、花粉化石の安定同位体比を分析することで、新たな陸域の古気候情報を得られる可能性がある。

キーワード：古気候、安定同位体、花粉、セルソーター、水月湖
Keywords: Palaeoclimate, Stable isotope, Pollen, Cell sorter, Suigetsu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

珪藻化石記録に基づく最終氷期における琵琶湖湖水位変動の復元
Reconstruction of lake-level changes during the last glaciation based on fossil diatom record in Lake Biwa

*鈴木 勇志[1]、井内 美郎[2]、大塚 佳祐[1]、川上 薫[3]
*Takashi Suzuki[1], Yoshio Inouchi[2], Keisuke Otsuka[1], Kaoru Kawakami[3]

1. 早稲田大学大学院人間科学研究科、2. 早稲田大学人間科学学術院、3. 北海道大学大学院環境科学院
1. Graduate School of Human Science, Waseda University, 2. Faculty of Human Sciences, Waseda University, 3. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

琵琶湖愛知川河口から北東約5 km沖の水深23.45 mの湖底から採取されたボーリングコア試料と愛知川河口沖の水深5～30 mの湖底から水深5 m毎に採取された湖底表層試料を用いて，珪藻，含砂率，C/N比について分析をおこない，湖底表層試料の分析結果に基づき，珪藻群集中の浮遊性珪藻の相対頻度（%）から水深（m）を導く変換式を作成した．その変換式を，ボーリングコア試料中の珪藻化石群集に適用して，琵琶湖の最終氷期（約1～5万年前）における湖水位変動の復元を試みた．

変換式に基づいて復元した琵琶湖の最終氷期における湖水位の変動と，中国のSanbao & Hulu cave の石筍の酸素同位体比とグリーンランドのNGRIPの酸素同位体比とを対比した結果，琵琶湖における相対的な高湖水位期とハインリッヒ・イベントをはじめとした急激な寒冷期との間には対応関係がみられた．この結果から，最終氷期における琵琶湖の湖水位の変動が，琵琶湖集水域における冬季降雪量の増減を伴う東アジア冬季モンスーンの消長を反映したものであることが示唆される．

キーワード：琵琶湖、浮遊性珪藻、変換式、湖水位変動、東アジア冬季モンスーン
Keywords: Lake Biwa, Planktonic diatom, Transfer Function, Lake-level change, East Asian winter monsoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸域におけるマイクロプラスチックの堆積フラックス
An estimation of microplatcis sedimentation flux in a coastal sea

*日向 博文[1]、加 三千宣[1]、桝本 一成[1]、川又 勇人[1]
*Hirofumi Hinata[1], Michinobu Kuwae[1], Issei Masumoto[1], Hayato Kawamata[1]

1. 愛媛大学
1. Ehime University

1. はじめに

年間480 –1270万トンのプラスチックが海洋へ流出していると見積もられている[1)]．海洋に流出したプラスチックは酸素や紫外線によって性状が劣化し微細化する．微細化したプラスチックのうちサイズが0.3–5mmのものをマイクロプラスチック（以下，MP）と呼ぶ．一般に，プラスチックは漂流中に海水中の残留性有機化合物（POPs）を吸着するため，MPの誤飲誤食等による生態系への悪影響が懸念されている[2)]．海洋生態系への影響を明らかにするためには海洋環境中におけるMPの動態を明らかにすることが必要不可欠である．最近，海底がMPのシンクになっている可能性が示唆されており[3)]，実際に海底から高い数密度でMPが抽出されている[4), 5)]．ただし，沈降フラックスや沈降過程の詳細はほとんど明らかになっていない．これまで，コアサンプリングに基づく底質中での数密度の深度分布を求めた研究例[5)]はあるが，堆積層の年代測定は行われておらず，MPの堆積フラックスは見積もられていない．そこで，我々は，海底堆積層が乱されていない別府湾湾奥部で底質コアを採取し，MPを抽出すると供に，堆積層の年代測定を行い，別府湾におけるMPの堆積フラックスを見積もった．

2. 調査概要

本研究では，海底堆積層が乱されておらず，コアサンプリングによる年代測定の実績[6)] がある別府湾湾奥を調査海域に選定した．別府湾は，湾奥部ですり鉢状の海底地形を有し，最深部は水深70m程度であるのに対し，湾口部は水深45mと比較的浅くなっている．この地形的特徴により，成層期には湾奥部に貧酸素水塊が安定的に形成される．今回の調査（2017/10/12）では別府湾最深部の水深70m地点で調査を行ない，グラビティーコアラー（内径11cm，長さ50cm）を用いて5本のコア資料を採取した．

年代測定サンプル（1本）の堆積層の年代を決定するために^{210}Pb法を用いた．年代測定サンプル以外の4本のサンプルの年代は，各コアサンプルで共通して見られるタービダイト層の年代を用いて決定した．帯磁率（泥を主体とする堆積物で，砂粒子が多く含まれる層で数値は大きい）をもとに各コアサンプルのタービダイト層の同時間面対比を行った[6)]．

３．結果と考察

今回採取した40cmの堆積物は，1998年以降のものであることが明らかになった．4本のMP数密度測定用サンプルからMPを抽出した結果，トータルで142 個のMPが検出された．抽出した個数と各底質コアサンプルの年代測定より，2017-1998年間のMP数密度の推移を5年間隔で計算した．その結果，各期間での数密度には有意な差が認められず，20年間の平均堆積フラックスを計算したところ年間223 (個/m^2)となった．日本のプラスチック生産量は1990年頃からほぼ横ばいであるため，1998年以降の堆積フラックスも時間的に大きく変化していないと推察される．

別府湾堆積域の面積（410 km^2）[7)]に，今回の調査で見積もった年間の堆積速度223 (個/m^2・年)を掛けると，年間約900億個のMPが別府湾海底に堆積していることになる．これは全海洋の表層に漂流しているとされるプラスチック量（>5.25兆個）[8)]の1~2%程度に相当する．沿岸域がほとんど含まれていないためこの見積もりは過小評価である可能性は高いが，一方で我々の調査では，堆積フラックスの精度に影響するMP数密度の標準誤差が大きいため，今後，追加調査を行いデータの精度を向上させていく必要がある．将来的には，堆積フラックスの経年変化を明らかにすることで，プラスチック生産量と海底への堆積フラックスとの関係を明らかにしていきたい．そのためには，（1940年代まで遡れるような）より長いコアを用いた底質のサンプリングが必要となる．我々は，2018年の夏季に同じ別府湾で120cmの長さのコアを用いて底質を採取した．可能であれば公演時にはこれらの成果についても報告したいと考えている．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1) Jambeck et al., *Science*, 2015.
2) Andrady, *Marine pollution bulletin*, 2011.
3) Cózar et al., *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014.
4) Sagawa et al., *Marine pollution bulletin*, 2018.
5) Matsuguma et al., *Archives of environmental contamination and toxicology*, 2017.
6) Kuwae et al., *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013.
7) 柳哲雄, 瀬戸内海の海底環境, 恒星社厚生閣, 2008.
8) Eriksen et al., PloS ONE, 2014.

キーワード：マイクロプラスチック、堆積フラックス
Keywords: microplastics, sedimentation flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

別府湾堆積物: 人新世-完新世境界の補助ストラトタイプ候補としてのポテンシャル

Beppu Bay sediments: Potential palaeoenvironmental archives for a candidate auxiliary stratotype for Anthropocene-Holocene boundary

*加 三千宣[1]、鈴木 克明[2]
*Michinobu Kuwae[1], Yoshiaki Suzuki[2]

1. 愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2. 早稲田大学教育・総合科学学術院地球化学専修
1. Center for Marine Environmental Studies, Ehime Univ., 2. Department of Eearth Scieces, Fuculty of Education and Integrated Arts and Sciences, Waseda Univ.

近年著しく増加してきた人間活動による地球システムの撹乱，生態系改変は全球におよび，新しい地質時代「Anthropocene」を提唱するに値するほど大きな地球史イベントであるとして注目されている．Anthropoceneの始まりを示す地質境界の模式地（Global Boundary Stratotype Section and Point: GSSP）について，国際層序委員会（ICS）の下部組織（第四紀層序小委員会）のAnthropocene Working Group (AWG)を中心に現在検討されている．その模式地については，氷床コアやサンゴ骨格，年輪に記録される1950年代に始まる核実験による^{14}C濃度や^{239}Pu濃度の急激な増加が有力な候補としてあがっているが，核実験による放射能汚染が必ずしも地球システムや生物相を大きく変えるほどの影響ではなかったことや，地球温暖化で氷の記録媒体そのものが消失したり，10万年，100万年もの間に半減期の短い^{14}Cのシグナルも消失すると考えられるため，地質学的時間スケールでも安定して存在する記録媒体と補助指標を持つ補助模式地（Auxiliary stratotype）がGSSP設定に不可欠である．地質境界はしばしば海底堆積物の生物群集や大気・海洋環境の劇的な変化で与えられてきたが，その記録媒体の選定対象として貧酸素な海底堆積物記録が注目されている．また，補助指標はPOPsや海洋マイクロプラスチック，化石燃料燃焼起源の球状微粒炭，海洋生態系シフトの指標となる微化石群集，絶滅種など，地球規模でその変化が対比できるものが含まれる(Lewis and Maslin, 2015; Waters et al., 2018)．貧酸素海底堆積物の補助模式地候補として，幾つかの海域の堆積物が検討されているが，日本の貧酸素下海底堆積物の存在は知られておらず，候補にも上がっていない．本研究では，日本の沿岸海洋で唯一貧酸素環境下で年縞に相当する葉理構造が発達する別府湾堆積物に着目し，これまでの層序学的知見とその優位性を述べ，補助模式地候補としてAnthropoceneマーカーのデータセットの構築の必要性について述べる．

キーワード：人新世、別府湾海底堆積物、補助模式地
Keywords: Anthropocene, Beppu Bay sediments, auxiliary stratotype

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)

地震および火山噴火に先行した電磁現象の報告は古くから存在し、特に電離層に関する異常については、統計的有意性を示す論文が多数出版されてい る。しかしながら先行現象を説明するメカニズムは依然として仮説の段階である。本セッションでは震源域や火山からの電磁放射や地震・火山噴火前の大気圏・電離圏異常などの電磁現象を総合的に論じる。また近年，地震活動を臨界現象として扱い、地震活動度変化等に長距離相関という概念が持ち込まれるようになった。このようなアプローチも歓迎する。

[MIS22-P01] 巨大地震前に起こるTEC変化：標準曲線の導出とそれが示唆する物理過程

*高坂 宥輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[MIS22-P02] HFドップラーを用いた異なる高度での東北地方太平洋沖地震に伴う電離圏擾乱の解析

*大野 夏樹[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、冨澤 一郎[2]、細川 敬祐[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.電気通信大学、3.情報通信研究機構)

[MIS22-P03] 短期・直前地震発生予測を目指したVLF帯パルス電磁波の観測

*長尾 年恭[1]、井筒 潤[2]、鴨川 仁[3]、織原 義明[1]、杉浦 繁貴[4]、近藤 斎[4] (1.東海大学海洋研究所、2.中部大学中部高等学術研究所 国際GISセンター、3.東京学芸大学物理学分野、4.（株）コンポン研究所)

[MIS22-P04] DEMETER衛星によって検知された地震先行的VLF強度現象時のELF帯電波強度について

*鴨川 仁[1]、児玉 哲哉[2]、長尾 年恭[3] (1.東京学芸大学教育学部物理学科、2.宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3.東海大学海洋研究所)

巨大地震前に起こるTEC変化：標準曲線の導出とそれが示唆する物理過程
Ionospheric TEC changes immediately before large earthquakes: Derivation of the standard curve and discussion on the physical mechanisms

*高坂 宥輝[1]、日置 幸介[1]
*Yuki Takasaka [1], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, Hokkaido University

2011年東北沖地震を契機に、大地震の前兆が地球の超高層大気である電離圏の全電子数（Total Electron content、TEC）変化として直前に現れることが、GNSS（Global Navigation Satellite System）衛星の2周波マイクロ波の位相差から見いだされた(Heki, 2011)。その後の数多くの地震前後のTECデータの解析により観測事実は充実していったが(e.g. He & Heki, 2017)、原因となる物理過程に関しては未解明な部分が多い。この前兆の存在は、本格的な断層滑りが始まる前に地震の最終的なサイズがある程度決まっていることを示唆し、地震学的にも重要である。

現在考えられている地震直前のTEC変化のシナリオは以下のようなものである。地震直前に断層を一方の端から侵食（弱化）する過程が起こる際に、微小な割目や食い違いが岩石中に生じる。そこで過酸化架橋と呼ばれる格子欠陥が切断されて生じた電子の空隙（正孔）が電子の移動とともに岩石中を移動し、互いの反発によって拡散した結果地表に蓄積する。蓄積した正孔は大気中に上向き電場を作り、地震断層が大きい場合電場は超高層大気に達する。電離圏内では磁力線に沿った電気抵抗が極めて小さいため、磁力線に沿って荷電粒子が移動してその方向の外部電場を打ち消す誘導電場が生じる。その過程で震源上空の電離圏下端の電子密度が上昇し、逆に高高度の電離圏では電子密度が減少する。この構造は電離圏トモグラフィーで推定した2015年Illapel地震直前の電子密度異常の3次元構造からも支持される(He and Heki, 2018)。

本研究では地震直前TEC変化の物理過程の解明に向けて、地震直前直後のTEC変化を、前兆が認められた18の地震（Mw7.3-9.2）について比較し、それらの間のスケーリング則を議論する。またそれらをスタックしたTEC変化標準曲線を導出し、物理過程のヒントを探す。上述のシナリオから考えると、地震とともに応力が解放され、新たな食い違いや割れ目の発生が起こらなくなると、地表の正電荷蓄積も停止し、TEC異常の成長も頭打ちになるだろう。導出した標準曲線から、地震発生時から音波擾乱が生じる約十分後までの間は、予測どおりTECは増加せず、ほぼ一定で推移することが示唆された。

またTEC異常の蓄積曲線は地域性を持つ可能性がある。陸域に対する海域の割合が大きい地域の地震では、電気伝導度の高い海水中の電荷拡散が速く、電荷が地表に蓄積しにくい。そのためTEC異常の成長も早期に定常状態になるだろう。逆に陸域では電荷の消散が遅く、地震まで継続してTEC異常が成長するかも知れない。TEC標準曲線と各々の地震におけるTEC変化曲線との形の比較から、一見かなり違って見える各地震の地震前TEC上昇曲線の形の差異は小さく、地域性はそれほど顕著ではないことが示唆された。

キーワード：電離圏の全電子数（TEC）、地震前TEC変化
Keywords: Total Electron Content (TEC), TEC changes immediately before large earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

HFドップラーを用いた異なる高度での東北地方太平洋沖地震に伴う電離圏擾乱の解析

Examination of ionospheric disturbances at different altitudes associated with Tohoku earthquake using HF Doppler sounding

*大野 夏樹[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、冨澤 一郎[2]、細川 敬祐[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3]
*Natsuki Ono[1], Hiroyuki Nakata[1], Hiroyo Ohya[1], Toshiaki Takano[1], Ichiro Tomizawa[2], Keisuke Hosokawa[2], Takuya Tsugawa[3], Michi Nishioka[3]

1. 千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2. 電気通信大学、3. 情報通信研究機構
1. Department of Electrical and Electronic Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. The University of Electro-Communications, 3. NICT

大規模な地震の発生後に地面変動や津波により生じた音波や大気重力波が電離圏高度まで伝搬し電離圏擾乱が発生することが知られているが，地震発生後の電離圏中での鉛直方向の伝搬を捉えた例は多くない．本研究で用いる HFドップラー(HFD)では， 異なる送信周波数(5.006，6.055，8.006，9.595 MHz)の電波を用いることで複数の高度での変動を観測することが可能である．国土地理院のGNSS連続観測システム(GNSS Earth Observation Network : GEONET)により導出されるGPS-TECのデータと合わせて，地震に伴う電離圏擾乱の変動について高度方向の変化に注目し,解析を行った．

2011年3月11日 14:46(JST)に発生したM9.0の東北地方太平洋沖地震において，観測点(HFDの電波反射点)直下付近の地震計に変動が確認された．HFDでは地震計に表面波が到達した約9分後に菅平，木曽受信点の両データに変動を確認しGPS-TECでは約10分後に変動を確認した．津波から直接音波が到達するには約20分かかるため,変動初期の10分は地面の変動により励起された音波が上空に伝搬して発生したと考えられる。さらにHFD, GPS-TEC, 地震計のデータにより観測された擾乱の周波数解析を行った．地震計および比較的低高度電離圏で反射したHFDデータ(5.006，6.055 MHz)の変動は，3～20 mHzまで周波数成分を含んでいたが高高度で反射したHFDデータ(8.006，9.595 MHz)は3～5 mHzの周波数成分が卓越していることが分かった．3～5 mHzは多くの地震に伴うTEC変動で卓越する周波数帯であり本イベントでも同様の変動が確認され，高高度で反射したHFDデータにおいて近い周波数成分をもつ変動が確認された．7～20 mHzの周波数成分は，地震波が励起した音波は高い周波数ほど高高度で減衰するため，8.006，9.595 MHzのデータでは変動が減衰したと考えられる．この変動について，他の受信点のHFDデータとGPS-TECデータ, 地震計データを用いて比較・解析を行っており，発表ではその結果について報告する予定である．

キーワード：電離圏、地震、HFドップラー、電離圏全電子数
Keywords: ionosphere, earthquake, HF Doppler, TEC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

短期・直前地震発生予測を目指したVLF帯パルス電磁波の観測
Electromagnetic observation addressed to the short-term earthquake prediction research in VLF band

*長尾 年恭[1]、井筒 潤[2]、鴨川 仁[3]、織原 義明[1]、杉浦 繁貴[4]、近藤 斎[4]
*Toshiyasu Nagao[1], Jun Izutsu[2], Masashi Kamogawa[3], Yoshiaki Orihara[1], Shigeki Sugiura[4], Hitoshi Kondo[4]

1. 東海大学海洋研究所、2. 中部大学中部高等学術研究所 国際GISセンター、3. 東京学芸大学物理学分野、4. （株）コンポン研究所
1. Institute of Oceanic Research and development, Tokai University, 2. Intl. Digital Earth Applied Sci. Res. Ctr, Chubu Inst. for Advanced Studies, Chubu Univ., 3. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 4. Genesis Research Institute, Inc.

地震発生の数日前より、電磁放射によるノイズかが増加することか〝1980 年代になり報告されるようになってきた。尾池和夫によれば、これらは地震発生の数日前からノイズの増加が始まり、地震発生の後に次第に終了するという特徴があると述べていた。しかしなか〝ら当時の観測では、VLF帯のノイズの増加が、単に空電を観測しているだけで、地震活動との相関は擬似的なものであるとの意見も根強かった。

東海大学では、VLF帯の観測装置を１９９４年ごろから開発し、水平磁場2成分波形を測定し、見かけ到来方位を決定できるシステムを構築した。観測はその後、立案者の死去や、観測担当教官の異動などもあり中断する事となったが、本手法は検証すべきであると、国の予知研究を統括している、「地震予知・火山噴火予知研究協議会」て〝認められ、２０１４年度から新たな研究が開始された。浅田らは直線偏波の電磁波のみを解析していたため、ゴニオメーター法で、波源の推定を行っていたが、今回の計測装置は時計の精度が極めて高く、かつ100MHzサンプリングが可能なため、電磁波の到達時間差を用いた波源決定法を採用した。今回の発表では、現時点で観測ネットワーク内で発生した最大の内陸地震である2017年6 月23日の長野県の地震（M5.6）についての解析結果を主に報告する。予察的な結果として、地震発生２日前の６月２３日に震央付近から到来する電磁波を観測する事ができた。

本研究は文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」、東海大学海洋研究所・２０１８年度コア研究プロジェクトおよび（株）コンポン研究所の支援を受けて実施されました。

キーワード：短期予測、地震予知、VLF帯
Keywords: short-term prediction, earthquake prediction, VLF band

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DEMETER衛星によって検知された地震先行的VLF強度現象時のELF帯電波強度について
ELF electric field intensity at the time of VLF precursor in the DEMETER data

*鴨川 仁[1]、児玉 哲哉[2]、長尾 年恭[3]
*Masashi Kamogawa[1], Tetsuya Kodama[2], Toshiyasu Nagao[3]

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. 宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3. 東海大学海洋研究所
1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. Japan Space Exploration Agency, 3. Tokai University

地震に関連する電磁気現象として大気圏および電離圏擾乱は1980年代後半ごろから指摘されてきた。これらの擾乱は、比較的大きなマグニチュードの地震前でも変動が微少であるので、先行現象の存否を示すには大量なイベント収集による統計的な評価が求められる。その意味で、2004年6月にフランスCNESによって地震電磁気衛星DEMETERが打ち上げられ、地震に先行する夜間VLF帯電磁波強度減少現象がM4.8以上の地震、震央距離が500 km以内、地震発生前4時間前に見いだされた (Nemec et al., GRL, 2008)。このVLF帯電波強度減少現象は我々の先行研究によってD領域の電子密度上昇によって引き起こされていることが示唆されている。本研究では、D領域の変動が発生しているのであればELF帯電波強度にも変動があると予想し、ELFデータを用いて、先行現象発生時の強度現象について解析を行った。

キーワード：地震、電離圏、DEMETER衛星
Keywords: Earthquake, Ionosphere, DEMETER satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)

地震および火山噴火に先行した電磁現象の報告は古くから存在し、特に電離層に関する異常については、統計的有意性を示す論文が多数出版されてい る。しかしながら先行現象を説明するメカニズムは依然として仮説の段階である。本セッションでは震源域や火山からの電磁放射や地震・火山噴火前の大気圏・電離圏異常などの電磁現象を総合的に論じる。また近年，地震活動を臨界現象として扱い、地震活動度変化等に長距離相関という概念が持ち込まれるようになった。このようなアプローチも歓迎する。

[MIS22-P01] 巨大地震前に起こるTEC変化：標準曲線の導出とそれが示唆する物理過程

*高坂 宥輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[MIS22-P02] HFドップラーを用いた異なる高度での東北地方太平洋沖地震に伴う電離圏擾乱の解析

*大野 夏樹[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、冨澤 一郎[2]、細川 敬祐[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.電気通信大学、3.情報通信研究機構)

[MIS22-P03] 短期・直前地震発生予測を目指したVLF帯パルス電磁波の観測

*長尾 年恭[1]、井筒 潤[2]、鴨川 仁[3]、織原 義明[1]、杉浦 繁貴[4]、近藤 斎[4] (1.東海大学海洋研究所、2.中部大学中部高等学術研究所 国際GISセンター、3.東京学芸大学物理学分野、4.（株）コンポン研究所)

[MIS22-P04] DEMETER衛星によって検知された地震先行的VLF強度現象時のELF帯電波強度について

*鴨川 仁[1]、児玉 哲哉[2]、長尾 年恭[3] (1.東京学芸大学教育学部物理学科、2.宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3.東海大学海洋研究所)

巨大地震前に起こるTEC変化：標準曲線の導出とそれが示唆する物理過程
Ionospheric TEC changes immediately before large earthquakes: Derivation of the standard curve and discussion on the physical mechanisms

*高坂 宥輝[1]、日置 幸介[1]
*Yuki Takasaka [1], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, Hokkaido University

2011年東北沖地震を契機に、大地震の前兆が地球の超高層大気である電離圏の全電子数（Total Electron content、TEC）変化として直前に現れることが、GNSS（Global Navigation Satellite System）衛星の2周波マイクロ波の位相差から見いだされた(Heki, 2011)。その後の数多くの地震前後のTECデータの解析により観測事実は充実していったが(e.g. He & Heki, 2017)、原因となる物理過程に関しては未解明な部分が多い。この前兆の存在は、本格的な断層滑りが始まる前に地震の最終的なサイズがある程度決まっていることを示唆し、地震学的にも重要である。

現在考えられている地震直前のTEC変化のシナリオは以下のようなものである。地震直前に断層を一方の端から侵食（弱化）する過程が起こる際に、微小な割目や食い違いが岩石中に生じる。そこで過酸化架橋と呼ばれる格子欠陥が切断されて生じた電子の空隙（正孔）が電子の移動とともに岩石中を移動し、互いの反発によって拡散した結果地表に蓄積する。蓄積した正孔は大気中に上向き電場を作り、地震断層が大きい場合電場は超高層大気に達する。電離圏内では磁力線に沿った電気抵抗が極めて小さいため、磁力線に沿って荷電粒子が移動してその方向の外部電場を打ち消す誘導電場が生じる。その過程で震源上空の電離圏下端の電子密度が上昇し、逆に高高度の電離圏では電子密度が減少する。この構造は電離圏トモグラフィーで推定した2015年Illapel地震直前の電子密度異常の3次元構造からも支持される(He and Heki, 2018)。

本研究では地震直前TEC変化の物理過程の解明に向けて、地震直前直後のTEC変化を、前兆が認められた18の地震（Mw7.3-9.2）について比較し、それらの間のスケーリング則を議論する。またそれらをスタックしたTEC変化標準曲線を導出し、物理過程のヒントを探す。上述のシナリオから考えると、地震とともに応力が解放され、新たな食い違いや割れ目の発生が起こらなくなると、地表の正電荷蓄積も停止し、TEC異常の成長も頭打ちになるだろう。導出した標準曲線から、地震発生時から音波擾乱が生じる約十分後までの間は、予測どおりTECは増加せず、ほぼ一定で推移することが示唆された。

またTEC異常の蓄積曲線は地域性を持つ可能性がある。陸域に対する海域の割合が大きい地域の地震では、電気伝導度の高い海水中の電荷拡散が速く、電荷が地表に蓄積しにくい。そのためTEC異常の成長も早期に定常状態になるだろう。逆に陸域では電荷の消散が遅く、地震まで継続してTEC異常が成長するかも知れない。TEC標準曲線と各々の地震におけるTEC変化曲線との形の比較から、一見かなり違って見える各地震の地震前TEC上昇曲線の形の差異は小さく、地域性はそれほど顕著ではないことが示唆された。

キーワード：電離圏の全電子数（TEC）、地震前TEC変化
Keywords: Total Electron Content (TEC), TEC changes immediately before large earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

HFドップラーを用いた異なる高度での東北地方太平洋沖地震に伴う電離圏擾乱の解析

Examination of ionospheric disturbances at different altitudes associated with Tohoku earthquake using HF Doppler sounding

*大野 夏樹[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、冨澤 一郎[2]、細川 敬祐[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3]
*Natsuki Ono[1], Hiroyuki Nakata[1], Hiroyo Ohya[1], Toshiaki Takano[1], Ichiro Tomizawa[2], Keisuke Hosokawa[2], Takuya Tsugawa[3], Michi Nishioka[3]

1. 千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2. 電気通信大学、3. 情報通信研究機構
1. Department of Electrical and Electronic Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. The University of Electro-Communications, 3. NICT

大規模な地震の発生後に地面変動や津波により生じた音波や大気重力波が電離圏高度まで伝搬し電離圏擾乱が発生することが知られているが，地震発生後の電離圏中での鉛直方向の伝搬を捉えた例は多くない．本研究で用いる HFドップラー(HFD)では， 異なる送信周波数(5.006，6.055，8.006，9.595 MHz)の電波を用いることで複数の高度での変動を観測することが可能である．国土地理院のGNSS連続観測システム(GNSS Earth Observation Network : GEONET)により導出されるGPS-TECのデータと合わせて，地震に伴う電離圏擾乱の変動について高度方向の変化に注目し,解析を行った．

2011年3月11日 14:46(JST)に発生したM9.0の東北地方太平洋沖地震において，観測点(HFDの電波反射点)直下付近の地震計に変動が確認された．HFDでは地震計に表面波が到達した約9分後に菅平，木曽受信点の両データに変動を確認しGPS-TECでは約10分後に変動を確認した．津波から直接音波が到達するには約20分かかるため,変動初期の10分は地面の変動により励起された音波が上空に伝搬して発生したと考えられる。さらにHFD, GPS-TEC, 地震計のデータにより観測された擾乱の周波数解析を行った．地震計および比較的低高度電離圏で反射したHFDデータ(5.006，6.055 MHz)の変動は，3～20 mHzまで周波数成分を含んでいたが高高度で反射したHFDデータ(8.006，9.595 MHz)は3～5 mHzの周波数成分が卓越していることが分かった．3～5 mHzは多くの地震に伴うTEC変動で卓越する周波数帯であり本イベントでも同様の変動が確認され，高高度で反射したHFDデータにおいて近い周波数成分をもつ変動が確認された．7～20 mHzの周波数成分は，地震波が励起した音波は高い周波数ほど高高度で減衰するため，8.006，9.595 MHzのデータでは変動が減衰したと考えられる．この変動について，他の受信点のHFDデータとGPS-TECデータ, 地震計データを用いて比較・解析を行っており，発表ではその結果について報告する予定である．

キーワード：電離圏、地震、HFドップラー、電離圏全電子数
Keywords: ionosphere, earthquake, HF Doppler, TEC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

短期・直前地震発生予測を目指したVLF帯パルス電磁波の観測
Electromagnetic observation addressed to the short-term earthquake prediction research in VLF band

*長尾 年恭[1]、井筒 潤[2]、鴨川 仁[3]、織原 義明[1]、杉浦 繁貴[4]、近藤 斎[4]
*Toshiyasu Nagao[1], Jun Izutsu[2], Masashi Kamogawa[3], Yoshiaki Orihara[1], Shigeki Sugiura[4], Hitoshi Kondo[4]

1. 東海大学海洋研究所、2. 中部大学中部高等学術研究所 国際GISセンター、3. 東京学芸大学物理学分野、4. （株）コンポン研究所
1. Institute of Oceanic Research and development, Tokai University, 2. Intl. Digital Earth Applied Sci. Res. Ctr, Chubu Inst. for Advanced Studies, Chubu Univ., 3. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 4. Genesis Research Institute, Inc.

地震発生の数日前より、電磁放射によるノイズかが増加することか〝1980 年代になり報告されるようになってきた。尾池和夫によれば、これらは地震発生の数日前からノイズの増加が始まり、地震発生の後に次第に終了するという特徴があると述べていた。しかしなか〝ら当時の観測では、VLF帯のノイズの増加が、単に空電を観測しているだけで、地震活動との相関は擬似的なものであるとの意見も根強かった。

東海大学では、VLF帯の観測装置を１９９４年ごろから開発し、水平磁場2成分波形を測定し、見かけ到来方位を決定できるシステムを構築した。観測はその後、立案者の死去や、観測担当教官の異動などもあり中断する事となったが、本手法は検証すべきであると、国の予知研究を統括している、「地震予知・火山噴火予知研究協議会」て〝認められ、２０１４年度から新たな研究が開始された。浅田らは直線偏波の電磁波のみを解析していたため、ゴニオメーター法で、波源の推定を行っていたが、今回の計測装置は時計の精度が極めて高く、かつ100MHzサンプリングが可能なため、電磁波の到達時間差を用いた波源決定法を採用した。今回の発表では、現時点で観測ネットワーク内で発生した最大の内陸地震である2017年6 月23日の長野県の地震（M5.6）についての解析結果を主に報告する。予察的な結果として、地震発生２日前の６月２３日に震央付近から到来する電磁波を観測する事ができた。

本研究は文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」、東海大学海洋研究所・２０１８年度コア研究プロジェクトおよび（株）コンポン研究所の支援を受けて実施されました。

キーワード：短期予測、地震予知、VLF帯
Keywords: short-term prediction, earthquake prediction, VLF band

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DEMETER衛星によって検知された地震先行的VLF強度現象時のELF帯電波強度について
ELF electric field intensity at the time of VLF precursor in the DEMETER data

*鴨川 仁[1]、児玉 哲哉[2]、長尾 年恭[3]
*Masashi Kamogawa[1], Tetsuya Kodama[2], Toshiyasu Nagao[3]

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. 宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3. 東海大学海洋研究所
1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. Japan Space Exploration Agency, 3. Tokai University

地震に関連する電磁気現象として大気圏および電離圏擾乱は1980年代後半ごろから指摘されてきた。これらの擾乱は、比較的大きなマグニチュードの地震前でも変動が微少であるので、先行現象の存否を示すには大量なイベント収集による統計的な評価が求められる。その意味で、2004年6月にフランスCNESによって地震電磁気衛星DEMETERが打ち上げられ、地震に先行する夜間VLF帯電磁波強度減少現象がM4.8以上の地震、震央距離が500 km以内、地震発生前4時間前に見いだされた (Nemec et al., GRL, 2008)。このVLF帯電波強度減少現象は我々の先行研究によってD領域の電子密度上昇によって引き起こされていることが示唆されている。本研究では、D領域の変動が発生しているのであればELF帯電波強度にも変動があると予想し、ELFデータを用いて、先行現象発生時の強度現象について解析を行った。

キーワード：地震、電離圏、DEMETER衛星
Keywords: Earthquake, Ionosphere, DEMETER satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)、座長:児玉 哲哉、長尾 年恭

地震および火山噴火に先行した電磁現象の報告は古くから存在し、特に電離層に関する異常については、統計的有意性を示す論文が多数出版されてい る。しかしながら先行現象を説明するメカニズムは依然として仮説の段階である。本セッションでは震源域や火山からの電磁放射や地震・火山噴火前の大気圏・電離圏異常などの電磁現象を総合的に論じる。また近年，地震活動を臨界現象として扱い、地震活動度変化等に長距離相関という概念が持ち込まれるようになった。このようなアプローチも歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[MIS22-01] **高温火成岩の圧力誘起電荷計測: 地震前電離層擾乱への影響**

*山中 千博[1]、前薗 大聖[1] (1.大阪大学大学院　理学研究科)

15:45 ~ 16:00

[MIS22-02] 1983〜2018年の柿岡観測点におけるULF磁場の異常変動と地震との相関に関する統計解析と地震前兆性の評価

*服部 克巳[1]、高橋 恵[2]、韓 鵬[3] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.千葉大学理学部、3.中国南方科技大学)

16:00 ~ 16:15

[MIS22-03] 2011東北沖地震発生薬10分後のパルス津波・電磁気現象について

*榎本 祐嗣[1]、山辺 典昭[1]、杉浦 繁貴[2]、近藤 斎[2] (1.信州大学　上田キャンパス　Fii、2.コンポン研究所)

16:15 ~ 16:30

[MIS22-04] なまずの会による地下水異常と地震との関係についての再調査

*織原 義明[1]、鴨川 仁[2]、長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所、2.東京学芸大学物理学科)

16:30 ~ 16:45

[MIS22-05] S-Booster2018参加報告

*児玉 哲哉[1] (1.宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)

16:45 ~ 17:00

[MIS22-06] IUGGインターナショナルワーキング・グループ, EMSEVの目指すもの

*長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所)

高温火成岩の圧力誘起電荷計測: 地震前電離層擾乱への影響

Stress-induced charges in gabbro at high temperature

*山中 千博[1]、前薗 大聖[1]
*Chihiro Yamanaka[1], Daiki Maezono[1]

1. 大阪大学大学院　理学研究科
1. Graduate School of Science, Osaka University

2011年に日置によって報告された巨大地震直前の30-40分前における電離層総電子密度（TEC）異常現象（Heki’s TEC anomalies）は、巨大地震との相関が高く、強い関心をもたれている。TECは日常的に変動していることが知られているが、この現象は地震震源上空に固定された空間で見られることから、全地球的な磁気嵐や局所的な移動性電離層擾乱（TID）とは区別が可能である。また1994年以来の18回の地震で観測されており、地震の規模が大きいほど観測の確率が高く、Mw8.5を越えた5回の地震ではその全てでこの現象が見られている。さらにTEC異常の大きさ（地震直前のTEC増大量）と現象の先行時間において、地震のM依存性が見られる事も興味深い。観測的には、電離層のトモグラフィー観測や磁気共役点での同時観測データーなどが報告され、電離層下部における電子密度上昇現象であること、その領域の大きさ、地磁気に沿った電磁気的な現象であることなどが判明している。

我々は地殻の応力誘起の結果、地表面に薄く広く分布した電荷が電離層下部に影響を与える可能性を考え、室内実験による岩石の応力誘起分極を実測するとともに、関与する電磁場シミュレーションを行ってきた。今回、圧電効果を持たない斑レイ岩を用い、含水率をゼロとした上で、試料を震源地殻の温度となる350℃付近まで加温し、冷却中における誘起分極を測定した。本実験では、試料岩石（10×10×3 cm^3）の両端にタンタル電極を固定し、その間に流れるピコアンペア相当の電流をエレクトロメーターで測定した。

まず予備加圧として、一軸圧縮試験機を用いて、試料左端付近の位置の上下面から0.56 MPa を印加して、エレクトロメーターの応答が安定したのちに、荷重速度0.24 MPa/secで10 MPaまで加圧し、そこで200秒静止した。次いで同じ荷重速度で減圧し、0.56 MPaで100秒静止後、再荷重を繰り返し室温まで冷却した。

結果は、加圧時、減圧時ではそれぞれ等しい大きさの反対電流が流れること、また室温から470Kまでは、電流が増大（～250 pA）するが、それ以上の温度では、電流は減少し、550Kでは室温と同程度の電流（～50 pA）となった。このときの電荷の拡散に必要な活性化エネルギーとして0.27-028 eV　が得られた。高温における電流量の抑制は、電気伝導度ではなく、電荷発生の抑制であると考えられる。講演では実験結果と計算機シミュレーションを用いてHeki’s TEC anomalyのメカニズムを議論する。

[1] K. Heki, (2011), *Geophys. Res. Lett. 38*, L17312.
[2] L. He and K. Heki（2017), J. Geophys. Res. Space Phys., 122, 8659-8678.
[3] K. Heki and Y. Enomoto（2015) , J. Geophys. Res. Space Phys., 120, 7006-7020.
[4] L. He and K. Heki（2017), J. Geophys. Res. Space Phys., 123, 4015-4025.

キーワード：電離層擾乱、日置テック異常現象、応力誘起電荷
Keywords: Ionosphere disturbance, Heki’s TEC anomaly, stress induced charges

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1983～2018年の柿岡観測点におけるULF磁場の異常変動と地震との相関に関する統計解析と地震前兆性の評価
Evaluation of ULF seismo-magnetic precursor phenomena at Kakioka, Japan over 1983 –2018 by using SEA and Molchan’s error diagram

*服部 克巳[1]、高橋 恵[2]、韓 鵬[3]
*Katsumi Hattori[1], Kei Takahashi[2], Peng Han[3]

1. 千葉大学大学院理学研究院、2. 千葉大学理学部、3. 中国南方科技大学
1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University, 3. Southern University of Science and Technology, China

To clarify and verify the ultralow frequency (ULF) seismo-magnetic phenomena, we have performed statistical studies on the geomagnetic data observed at the Kakioka (KAK) station, Japan, during 1983-2017. We investigated the energy of ULF geomagnetic signals of the frequency around 0.01 Hz using wavelet transform analysis. To minimize the influences of artificial noises and global magnetic perturbations, we used only the geomagnetic data observed at midnight time (LT 2:30 A.M. to 4:00 A.M.).We define the geomagnetic anomalies when the Z components of geomagnetic data exceeds median + 1.5 IQR, where IQR is the interquartile range. Considering that ionospheric disturbances may also lead to enhancements in the Z component, we exclude the anomaly when the energy of H component exceeds median + 3.0 IQR. Statistical analysis of superposed epoch analysis have indicated that ULF magnetic anomalies are more likely to appear before sizable isolated earthquake events (Es>−−−−−−−−−− and no earthquake events during ±45 days) rather than after them, especially 6-10 days before the events. Finally, we have evaluated the precursory information of ULF geomagnetic signals for local sizable earthquakes using Molchan’s error diagram. The results show that the ULF seismo-magnetic phenomena at Kakioka clearly contain precursory information and have a possibility of improving forecasting of large earthquakes. The details will be given in the presentation.

キーワード：地震前兆現象、統計的有意性、Molchan's Error Diagram Analysis
Keywords: Earthquake Precursor Phenomena, Statistical Significance, Molchan's Error Diagram Analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011東北沖地震発生薬10分後のパルス津波・電磁気現象について
On the tsunami and electromagnetic pulses appeared abound 10min. after the 2011 Tohoku earthquake

*榎本 祐嗣[1]、山辺 典昭[1]、杉浦 繁貴[2]、近藤 斎[2]
*Yuji Enomoto[1], Tsuneaki Yamabe[1], Shigeki Sugiura[2], Hitoshi Kondo[2]

1. 信州大学　上田キャンパス　Fii、2. コンポン研究所
1. Shinshu Univeristy, Ueda Campus Fii, 2. Genesis Reserach Institute, Inc.

2011年東北沖地震発生から約7-10分経って津波の発生とそれに伴って地磁気（偏角と水平成分）や電離層電子数に正のピーク変動（Heki, GRL, 2011;Utada et al. EPS　Lett., 2011;Tsunagawa et al. EPS Lett., 2011）が現れた。電離層への擾乱は津波による大気重力波が影響したと考えられている。しかしこのモデルで、江刺で観測された地磁気の変動は説明できていない。そこで地磁気変動の説明のために筆者らは津波パルスの発生に伴って正帯電のミストが大気重力波とともに大気電場に沿って上昇したとのモデルを提示する。

キーワード：地震電磁気、津波、地磁気変動
Keywords: Seismo-electromagneic phenomena, Tsunami, Geomagnetic change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なまずの会による地下水異常と地震との関係についての再調査
Reinvestigation of correlation between groundwater anomalies and earthquakes carried out by an amateur network in Japan

*織原 義明[1]、鴨川 仁[2]、長尾 年恭[1]
*Yoshiaki Orihara[1], Masashi Kamogawa[2], Toshiyasu Nagao[1]

1. 東海大学海洋研究所、2. 東京学芸大学物理学科
1. Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University, 2. Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ.

地震予知を目指した一般民間人による地下水観測のグループ「なまずの会」は1976年に始まった。神奈川県・東京都・静岡県の住民を中心に、のべ200以上の個人や団体が参加して主に浅井戸の水位観測が行われた。観測者は定期的に観測結果をハガキで事務局へ報告し、集計されたデータは神奈川県温泉地学研究所報告（観測だより）で公表された。この「観測だより」にある地下水観測データは、観測者ごとに日毎に異常あり・なしの形で示されている。「観測だより」にあるデータは1977年2月から1987年12月までの10年10ヶ月分である。期間中に地震先行異常を捉えたとする地震としては、1978年の伊豆大島近海地震（M7.0）、同年の宮城県沖地震（M7.4）などである。これらの地下水異常と地震との関係については、Oki and Hiraga (1988) で紹介されている。しかし、地震前に着目した分析が中心であり、異常あり・なしと、地震あり・なしとの4つの組み合わせすべてを比較した検証とはなっていない。そこで、本研究では「観測だより」に示されたデータを用いて統計的な検証を行うこととした。本発表ではその結果を報告する。

謝辞：本研究は東京大学地震研究所共同利用の援助をうけました。

キーワード：なまずの会、地震予知、地下水、統計的検証
Keywords: the catfish club, earthquake prediction, groundwater, statistical evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-Booster2018参加報告
Participation Report of S-Booster 2018

*児玉 哲哉[1]
*Tetsuya Kodama[1]

1. 宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット
1. Research Unit I, Research and Development Directorate, Japan Space Exploration Agency

内閣府主催のS-Booster2018（宇宙ビジネスアイデアコンテスト）に応募した「静止測位衛星による津波早期警戒サービス」と「超小型衛星群とグローバル地上局ネットワークによる地震発生予測」はいずれも最終選考に残った。経緯と結果について報告する。

キーワード：S-Booster、津波、地震予測、みちびき3号、超小型衛星
Keywords: S-Booster, tsunami, earthquake prediction, QZS-3, microsatellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IUGGインターナショナルワーキング・グループ, EMSEVの目指すもの
The future direction of EMSEV, IUGG International Working Group

*長尾 年恭[1]
*Toshiyasu Nagao[1]

1. 東海大学海洋研究所
1. Institute of Oceanic Research and development, Tokai University

EMSEV（Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes）は国際測地学・地球物理学連合(IUGG)傘下の３協会（IAGA:国際地球電磁気・超高層物理学協会、IASPEI:国際地震学・地球内部物理学会および`IAVCEI:国際火山学および`地球内部科学協会）を母体として2001年に発足した。それまで地震予知研究において、電磁気学的な先行現象の報告が多数なされていたが、決して地震学コミュニティーに認められるような状況ではなかった。

そのため、国際的に研究をプロモートする必要があると草の根的な動きが広がってきた。そこでIUGGの中に電磁気学的な現象を中心として、地震予知ならびに火山噴火予知を研究する団体の設立を働きかけ、２００１年に正式に発足の運びとなった。その後、2003年のIUGG札幌大会で正式な第１回会合を持った。

そしてEMSEVの初代議長を東京大学名誉教授の上田誠也氏が務める事となり、その後、2007年からはフランス国立科学研究センターのJacques Zlotnicki博士が議長を務めた。

2018年にイタリア、ポテンザでEMSEVの２年に一度の総会が開催され、2019年からは長尾年恭が議長を務める事が提案され、その後メーリングリストを通じての議論で承認の運びとなった。
今後のEMSEVでは、近年活発な議論が行われ、データの蓄積も進んでいる電離圏の異常と地震との間の統計的な相関関係をまず示し、その後、なぜ電離圏にまで地震の先行現象が発現するのかといった地圏ー大気圏ー電離圏カップリング仮説を証明していくという事になろう。特に衛星からの観測では2004年にフランスがDEMETER衛星を打ち上げ、地震直前のVLF帯の異常の統計的有意性を示し、それに触発された中国が2018年にCSES（Chinese Seismo-Electromagnetic Satellite）衛星を打ち上げるなど新しい段階に入っている。また次回EMSEVの総会は2020年秋に台湾で開催される事も決定している。

キーワード：IUGG、EMSEV、地震予知
Keywords: IUGG, EMSEV, Earthquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)

Data assimilation is an inversion approach to estimate the evolution of a system by utilizing a constraint given by a dynamical simulation model. Data assimilation is now widely used not only in meteorology and oceanography but also other fields of geosciences such as hydrology, solid earth science, and space science. This session aims at providing an opportunity for discussion on data assimilation studies among researchers of various field of geosciences. We encourage contributions addressing novel methods and theoretical developments of data assimilation. Contributions dealing with useful applications of data assimilation are also welcome.

[MGI30-P01] Superposition of atmospheric states using information redundancy for Numerical Weather Prediction

*石橋 俊之[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P02] **Numerical Weather Prediction Experiments using a Coupled Atmosphere-Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI** (3)

*石橋 俊之[1]、入口 武史[1]、藤井 陽介[1]、安田 珠幾[1]、高谷 祐平[1]、齊藤 直彬[1]、大野木 敏和[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P03] **Accurate estimation of posterior error covariance in a 4D-Var inverse analysis**

*丹羽 洋介[1,2]、藤井 陽介[2,3] (1.国立環境研究所、2.気象庁気象研究所、3.統計数理研究所)

[MGI30-P04] Assimilation CO_2 concentration data in the Kanto region using AIST-MM model and for the estimation of CO_2 emissions

*新井 豊[1]、今須 良一[1]、近藤 裕昭[2]、丹羽 洋介[3] (1.東京大学大気海洋研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立環境研究所)

[MGI30-P05] **Application of data assimilation method on parameter estimation of flow and nutrient behavior in watershed model**

*堀江 陽介[1] (1.日本工営株式会社)

[MGI30-P06] Bayesian inference of grain growth prediction via multi-phase-field models

*伊藤 伸一[1]、長尾 大道[1]、黒河 天[1]、糟谷 正[1]、井上 純哉[1] (1.東京大学)

[MGI30-P07] GNSS data assimilation for the Bungo channel Long-term SSEs using Ensemble Kalman Filter (EnKF)

*藤田 萌実[1]、西村 卓也[2]、平原 和朗[3]、宮崎 真一[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構)

[MGI30-P08] A data assimilation library with Python for parallel computing

*中野 慎也[1]、有吉 雄哉[2]、樋口 知之[1] (1.情報・システム研究機構　統計数理研究所、2.日本文理大学工学部)

Superposition of atmospheric states using information redundancy for Numerical Weather Prediction

*石橋 俊之[1]
*Toshiyuki Ishibashi[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute/Japan Meteorological Agency

Atmospheric state analysis is a difficult scientific problem due to our limited ability in computation and observation, and analysed atmospheric states are fluctuating around the true state. The purpose of this paper is to analyse atmospheric state as a superposition of possible atmospheric states using information redundancy, and evaluate its accuracy in the context of numerical weather prediction (NWP). This atmospheric state analysis approach has two novel aspects. First, it uses only real atmospheric information, and no-artificial perturbations unlike existing ensemble based methods. Second, it does not require specific error structures of our knowledge of the atmosphere. We performed this method on a global numerical weather prediction system of Japan Meteorological Agency. The experimental results show the method can clearly reduce forecast root means square errors about 3-5% in average within 2 day forecast compared to existing methods (CNTL). Furthermore, forecast RMSEs of ensemble means of ensemble forecasts using only a few members generated by this method are significantly smaller than CNTL from the forecast initial time.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical Weather Prediction Experiments using a Coupled Atmosphere-Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI (3)

*石橋 俊之[1]、入口 武史[1]、藤井 陽介[1]、安田 珠幾[1]、高谷 祐平[1]、齊藤 直彬[1]、大野木 敏和[1]
*Toshiyuki Ishibashi[1], Takeshi Iriguchi[1], Yosuke Fujii[1], Tamaki Yasuda[1], Yuhei Takaya[1], Naoki Saito[1], Toshikazu Onogi[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute/Japan Meteorological Agency

An atmosphere-ocean coupled data assimilation system (CDAS) has been developed at the JMA/MRI to investigate feasibility of a CDAS as a future DAS for seamless numerical prediction including both numerical weather prediction (NWP) and numerical seasonal climate prediction (NCP), and for reanalysis of the atmosphere-ocean. Our CDAS (**MRI-CDA1**) has two features. 1) It composed of the JMA operational systems, the global atmospheric DAS (MRI-NAPEX) based on 4D-Var, the global ocean DAS (MOVE-G2) based on 3D-Var, and the atmosphere- ocean coupled global forecast model (CGCM: JMA/MRI-CGCM2). 2) Coupling strategy is “weak coupling” with two different data assimilation window lengths for the atmosphere and ocean. Here, “weak coupling” denotes the approximation that ignores correlations of atmosphere and ocean background forecast errors. Following the previous reports in JpGU2018 and JpGU-AGU joint meeting 2017 (Ishibashi et al. 2018; 2017), we will report basic property of MRI-CDA1 in NWP.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Accurate estimation of posterior error covariance in a 4D-Var inverse analysis

*丹羽 洋介[1,2]、藤井 陽介[2,3]
*Yosuke Niwa[1,2], Yosuke Fujii[2,3]

1. 国立環境研究所、2. 気象庁気象研究所、3. 統計数理研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 3. The Institute of Statistical Mathematics

The four-dimensional variational method (4D-Var) is one prominent data assimilation/inversion method. However, it is a non-trivial task for a conventional 4D-Var to estimate a posterior error variance-covariance matrix. This study developed a method to estimate a posterior error variance-covariance matrix especially focusing on its off-diagonal elements, i.e., covariance. Off-diagonal elements are usually difficult to be estimated but provide error correlations that are beneficial for interpreting optimized parameter variations. The method was developed within a 4D-Var framework using a quasi-Newton method with the Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno (BFGS) formula. This study newly introduces numerical techniques that ensure conjugacy among the set of increment vector pairs in the BFGS formula. Through application to an inverse problem of atmospheric CO_2, the developed method was evaluated with three diagnostic measures and compared against existing methods. The evaluation revealed that the developed method could provide accurate estimates of the posterior variance-covariance matrix, in terms not only of the diagonal but also of the off-diagonal elements. Although far more expensive than optimal state estimation, the computational efficiency was found reasonable for practical use, especially in conjunction with an ensemble approach.

キーワード：逆解析、データ同化、解析誤差共分散
Keywords: inversion, data assimilation, posterior error covariance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assimilation CO_2 concentration data in the Kanto region using AIST-MM model and for the estimation of CO_2 emissions

*新井 豊[1]、今須 良一[1]、近藤 裕昭[2]、丹羽 洋介[3]
*Yutaka Arai[1], Ryoichi Imasu[1], Hiroaki Kondo[2], Yosuke Niwa[3]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 国立環境研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. National Institute for Environmental Studies, Independent Administrative Institutions

Atmospheric carbon dioxide (CO_2) known as greenhouse gas is the most important gas for global warming. For the reason, there have been many researches about CO_2 such as model calculations, satellite observations and direct observations recently. As computer spec get higher, the CO_2 model has been more improved and 3D distributions of CO_2 has been calculated in more detail. In Japan, the satellite observation has been high resolution by satellite, Greenhouse Observing SATellite-2 (GOSAT-2). But in urban area, CO_2 distributions are complicated because of complexed CO_2 emission source and sink around the area. Especially, in the Kanto district mega city, Tokyo is located, CO_2 emissions from power plants and human activities are very huge. Furthermore, around the city there are forests and mountains which strongly affect to CO_2 concentrations in the atmosphere through their respiration and photosynthesis. In case to calculate such the district with high spatial resolutions, the models are required to be able to represent the temporal and spatial variations of the respiration and photosynthesis of the plants precisely. It has been also pointed out that representativeness of the vertical transport of CO_2 in the models is a key subject. About satellite observations, it is not always possible to observe CO2 distributions because of to be influenced by the weather and the frequencies of them are limited, and what ca be observed are not 3 dimensional but 2 dimensional namely vertical column densities of CO_2. On the other hand, the accuracy of the in-situ observations, is best, but there are very limited observation points. These are obstacles to grasping the detailed behavior of CO_2 concentration.

In this study, a regional transport model, AIST-MM has been used to investigate the behavior of CO_2 concentrations in Kanto district (Kondo et al., 2001). Firstly, AIST-MM computes CO_2 concentrations in the outer area (630 km×550 km), and then calculates CO_2 concentrations in the inner area (216 km×216 km) using the results from the former.
Firstly, the model was improved to be able to calculate the CO_2 seasonal variations through a year in order to estimate CO_2 emission source which contained large error. It was found that AIST-MM had uncertainty in the part of plant activities especially respiration in summer. As the calculation of plant respiration strongly depends on the temperature, when the temperature becomes high, the respiration of plants unrealistically increases. So the plant respiration parameter was tuned.
In order to compensate for the CO_2 influx from outside of the calculation region, the result of a global model, NICAM-TM (GL5) were used as the boundary conditions when calculating outer region. This modification led to improve the calculation of the vertical transport.
Furthermore, constant sea surface temperature was replaced with the satellite observation data derived from AVHRR-AMSR. In order to improve the simulating performance, we adjusted many detailed emission information by distinguishing between holidays and weekdays.
Secondly, Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF) which is one of data assimilation methods is adapted to the adjusted AIST-MM and try to calculate CO_2 concentrations using in-situ observations, satellite observations, and ground remote sensing observations. In the near future, the CO_2 emissions will be estimated using Kalman smoother method.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：CO2領域輸送モデル、植物の呼吸、データ同化、局所アンサンブル変換カルマンフィルター、関東領域
Keywords: regional CO2 transport model, plant respiration, data assimilation, Local Ensemble Transform Kalman Filter, Kanto region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of data assimilation method on parameter estimation of flow and nutrient behavior in watershed model

*堀江 陽介[1]
*Yosuke Horie[1]

1. 日本工営株式会社
1. Nippon Koei Co., Ltd.

In schemes for nutrient reduction from watershed such as Japanese total volume control framework on nutrient or master plan for sewerage system propagation, hydrologic and nutrient behavior in watershed is critical to make an effective plan to fulfill environmental standard of water body. However, there are many uncertainties in constructing a watershed model as follows. First, observation frequency of concentration of water quality, which is a target of such scheme on nutrient reduction, is not enough because they can be obtained in public water quality observation system only about once a month. Second, pollutant load unit, which is used for quantifying pollutant load from watershed, can be fluctuated from place to place. Third, there are many parameters of watershed models which should be calibrated. To resolve these problems, this study applied EnKF, one of data assimilation method, to SWAT (Soil and Water Assessment Tools) model, which can simulate hydrologic and nutrient cycle in watershed, and conducted parameter estimation to achieve more robust result from watershed model under the uncertainties above.

キーワード：データ同化、流域モデル、水質シミュレーション、SWAT
Keywords: Data assimilation, watershed model, water quality simulation, SWAT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bayesian inference of grain growth prediction via multi-phase-field models

*伊藤 伸一[1]、長尾 大道[1]、黒河 天[1]、糟谷 正[1]、井上 純哉[1]
*Shin-ichi Ito[1], Hiromichi Nagao[1], Takashi Kurokawa[1], Tadashi Kasuya[1], Junya Inoue[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

We propose a Bayesian inference methodology to evaluate unobservable parameters involved in multi-phase-field models with the aim of accurately predicting the observed grain growth, such as in metals and rocks. This approach integrates models and a set of observational image data of grain structures. Since the set of image data is not a time series, directly applying conventional inference techniques that require time series as the input data is difficult. The key idea in our methodology to overcome this difficulty is to construct a time series with an appropriate statistic that characterizes static image data of grain structures. Our methodology implements the empirical Bayes method. It can estimate not only a probability density function of the parameters but also an initial phase-field, which is generally unobservable in real experiments. After validating the proposed method through numerical tests using synthetic data, we apply it to real experimental images of grain structures in a steel alloy. The proposed method properly estimates unobservable parameters together with their uncertainties, and successfully selects the initial phase-field that best explains the experimental data from among candidate initial phase-fields.

キーワード：粒成長、ベイズ推論、データ同化、フェーズフィールドモデル
Keywords: Grain growth, Bayesian inference, Data assimilation, Phase-field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSS data assimilation for the Bungo channel Long-term SSEs using Ensemble Kalman Filter (EnKF)

*藤田 萌実[1]、西村 卓也[2]、平原 和朗[3]、宮崎 真一[1]
*Megumi Fujita[1], Takuya NISHIMURA[2], Kazuro Hirahara[3], SHINICHI MIYAZAKI[1]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構
1. Graduate School of Science , Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Institute of Education, Research and Regional Cooperation for crisis Management Shikoku, Kagawa University

Long-term Slow Slip Events (L-SSEs) in the Bungo channel, southwest Japan occur in the down-dip side of the seismogenic zones on the megathrust plate interface. Although L-SSEs release accumulated strain in the L-SSE zones, they can increase strain in the up-dip seismogenic locked zones. Therefore, better understanding of the temporal evolution of L-SSEs is very important for earthquake hazard assessment. Hirahara, and Nishikiori (JpGU, 2018) developed a method for estimating slip evolution and frictional properties on L-SSE area in the Bungo channel, by applying a data assimilation method EnKF (Ensemble Kalman Filter), which has been developed in meteorology and oceanology, to the synthetic GNSS data. Although they used the surface velocity data as GNSS data, the actual data which we can observe at GNSS station is the surface displacement data, not surface velocity data. In order to apply EnKF to the actual GNSS observational data, we conducted two numerical experiments, as follows.

i)We used the surface velocity data converted from the synthetic surface displacement data as observational data.

ii) We used the surface displacement data, not the surface velocity data as observational data.

We used the same model settings in above two numerical experiments as Hirahara and Nishikiori (2018) did. Firstly, we set a plane fault in homogeneous isotropic elastic body, whose angle of dip is 15 degrees. The frictional force on the plane fault follows a Rate and State Friction (RSF) law with an aging law [Dieterich,1979; Ruina,1983]. We set a velocity weakening (A-B<0) circular patch, whose radius R is 35 km, in the velocity strengthen (A-B>0) fault plane. We reproduced the observed L-SSEs in the Bungo Channel, using the frictional parameters in such a way that R is smaller than the critical nucleation size R_c [Rubin and Ampuero (2005), Chen and Lapusta (2009)]. Secondly, we considered the effect the seismogenic locked zones in the up-dip side of the L-SSEs zone. We set a locked zone at the up-dip of the L-SSE fault, whose back-slip rate is 6.0 cm/yr.

As the common analysis settings, we selected several pairs of frictional parameters in a wide range of parameter space which reproduce L-SSEs for the initial ensemble members of frictional parameters. We made the daily synthetic GNSS surface displacement data for 93 GEONET stations around the Bungo channel by calculating the surface displacements using true synthetic frictional parameters and adding random Gaussian noise. We set the assimilation interval to 10 days.

In experiment i), we calculated 31 day moving averages of the synthetic GNSS displacement data, and we obtained the surface velocities at GNSS stations from the derivatives of a 150-day cubic spline function fitting the moving averaged surface displacements. Then we applied EnKF to the obtained surface velocities and we successfully estimated slip evolution and frictional parameters. This result suggests this method for converting the surface displacement data into the surface velocity data at GNSS stations might

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

be applicable.

In experiment ii), we applied EnKF to the synthetic GNSS displacement data directly. When we conducted experiment ii), we changed some analysis settings for stabilizing the assimilation. Firstly, when the slip velocity at the center of fault plane is low, we added larger random noise to the innovations artificially. Secondly, when the slip velocity at the center of fault plane is high, we reduced the assimilation interval to 1 day and introduced additive inflation to prevent the prediction errors from being too small. As a result, we also successfully estimated slip evolution and frictional parameters using the surface displacements, although the experiment sometime fails depending on the start timing of the analysis. Therefore, this method has not been fully stabilized yet, and we need to improve it for robust estimation.

Finally, we applied EnKF to the real GNSS data before the 2011 Tohoku-oki earthquake in the same settings as experiment i) and ii) respectively. We corrected offsets of major earthquakes and antenna changes in the GNSS data. However, both experiments stopped during the assimilation due to negative slip velocities. It manifests an importance of correction of GNSS data including removing annual and semiannual components for a stable assimilation of real GNSS data. Furthermore, we need to consider the realistic model settings including the geometry of the subducting Philippine Sea plate interface and distribution of both L-SSE and locked zones.

Acknowledgement: We used GNSS of GEONET provided by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI).

キーワード：GNSS、アンサンブルカルマンフィルタ、長期的SSE、豊後水道
Keywords: GNSS, Ensemble Kalman Filter (EnKF), Long-term SSEs, the Bungo channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A data assimilation library with Python for parallel computing

*中野 慎也[1]、有吉 雄哉[2]、樋口 知之[1]
*Shin ya Nakano[1], Yuya Ariyoshi[2], Tomoyuki Higuchi[1]

1. 情報・システム研究機構　統計数理研究所、2. 日本文理大学工学部
1. The Institute of Statistical Mathematics, 2. Faculty of Engineering, Nippon Bunri University

Parallel computing is essential to reduce the computational time in the ensemble-based data assimilation. However, it requires skills in parallel programming. It is sometimes a hard task to attain high computational efficiency with ensemble-based data assimilation. In particular, the particle filter (PF) algorithm, which is applicable to nonlinear and/or non-Gaussian problems, contains a procedure difficult to parallelize.
It is thus challenging to achieve high computational efficiency with the PF even for experienced users.

We have developed a Python library named P-cubed (Python Parallelized Particle Filter Library), that enables us to use parallel-ready PF algorithms with high parallel efficiency. Now we are also planning to attach a module of other data assimilation algorithms such as the ensemble Kalman filter to this library. In this presentation, we introduce the parallelized PF algorithms which are already available in P-cubed and explain the design and characteristics of the library. Future prospects of this library will also be discussed.

キーワード：data assimilation、particle filter、parallel computing、Python
Keywords: data assimilation, particle filter, parallel computing, Python

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)

Data assimilation is an inversion approach to estimate the evolution of a system by utilizing a constraint given by a dynamical simulation model. Data assimilation is now widely used not only in meteorology and oceanography but also other fields of geosciences such as hydrology, solid earth science, and space science. This session aims at providing an opportunity for discussion on data assimilation studies among researchers of various field of geosciences. We encourage contributions addressing novel methods and theoretical developments of data assimilation. Contributions dealing with useful applications of data assimilation are also welcome.

[MGI30-P01] Superposition of atmospheric states using information redundancy for Numerical Weather Prediction

*石橋 俊之[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P02] **Numerical Weather Prediction Experiments using a Coupled Atmosphere-Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI** (3)

*石橋 俊之[1]、入口 武史[1]、藤井 陽介[1]、安田 珠幾[1]、高谷 祐平[1]、齊藤 直彬[1]、大野木 敏和[1] (1.気象庁気象研究所)

[MGI30-P03] **Accurate estimation of posterior error covariance in a 4D-Var inverse analysis**

*丹羽 洋介[1,2]、藤井 陽介[2,3] (1.国立環境研究所、2.気象庁気象研究所、3.統計数理研究所)

[MGI30-P04] Assimilation CO_2 concentration data in the Kanto region using AIST-MM model and for the estimation of CO_2 emissions

*新井 豊[1]、今須 良一[1]、近藤 裕昭[2]、丹羽 洋介[3] (1.東京大学大気海洋研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立環境研究所)

[MGI30-P05] **Application of data assimilation method on parameter estimation of flow and nutrient behavior in watershed model**

*堀江 陽介[1] (1.日本工営株式会社)

[MGI30-P06] Bayesian inference of grain growth prediction via multi-phase-field models

*伊藤 伸一[1]、長尾 大道[1]、黒河 天[1]、糟谷 正[1]、井上 純哉[1] (1.東京大学)

[MGI30-P07] GNSS data assimilation for the Bungo channel Long-term SSEs using Ensemble Kalman Filter (EnKF)

*藤田 萌実[1]、西村 卓也[2]、平原 和朗[3]、宮崎 真一[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構)

[MGI30-P08] A data assimilation library with Python for parallel computing

*中野 慎也[1]、有吉 雄哉[2]、樋口 知之[1] (1.情報・システム研究機構　統計数理研究所、2.日本文理大学工学部)

Superposition of atmospheric states using information redundancy for Numerical Weather Prediction

*石橋 俊之[1]
*Toshiyuki Ishibashi[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute/Japan Meteorological Agency

Atmospheric state analysis is a difficult scientific problem due to our limited ability in computation and observation, and analysed atmospheric states are fluctuating around the true state. The purpose of this paper is to analyse atmospheric state as a superposition of possible atmospheric states using information redundancy, and evaluate its accuracy in the context of numerical weather prediction (NWP). This atmospheric state analysis approach has two novel aspects. First, it uses only real atmospheric information, and no-artificial perturbations unlike existing ensemble based methods. Second, it does not require specific error structures of our knowledge of the atmosphere. We performed this method on a global numerical weather prediction system of Japan Meteorological Agency. The experimental results show the method can clearly reduce forecast root means square errors about 3-5% in average within 2 day forecast compared to existing methods (CNTL). Furthermore, forecast RMSEs of ensemble means of ensemble forecasts using only a few members generated by this method are significantly smaller than CNTL from the forecast initial time.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical Weather Prediction Experiments using a Coupled Atmosphere-Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI (3)

*石橋 俊之[1]、入口 武史[1]、藤井 陽介[1]、安田 珠幾[1]、高谷 祐平[1]、齊藤 直彬[1]、大野木 敏和[1]
*Toshiyuki Ishibashi[1], Takeshi Iriguchi[1], Yosuke Fujii[1], Tamaki Yasuda[1], Yuhei Takaya[1], Naoki Saito[1], Toshikazu Onogi[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute/Japan Meteorological Agency

An atmosphere-ocean coupled data assimilation system (CDAS) has been developed at the JMA/MRI to investigate feasibility of a CDAS as a future DAS for seamless numerical prediction including both numerical weather prediction (NWP) and numerical seasonal climate prediction (NCP), and for reanalysis of the atmosphere-ocean. Our CDAS (**MRI-CDA1**) has two features. 1) It composed of the JMA operational systems, the global atmospheric DAS (MRI-NAPEX) based on 4D-Var, the global ocean DAS (MOVE-G2) based on 3D-Var, and the atmosphere- ocean coupled global forecast model (CGCM: JMA/MRI-CGCM2). 2) Coupling strategy is “weak coupling” with two different data assimilation window lengths for the atmosphere and ocean. Here, “weak coupling” denotes the approximation that ignores correlations of atmosphere and ocean background forecast errors. Following the previous reports in JpGU2018 and JpGU-AGU joint meeting 2017 (Ishibashi et al. 2018; 2017), we will report basic property of MRI-CDA1 in NWP.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Accurate estimation of posterior error covariance in a 4D-Var inverse analysis

*丹羽 洋介[1,2]、藤井 陽介[2,3]
*Yosuke Niwa[1,2], Yosuke Fujii[2,3]

1. 国立環境研究所、2. 気象庁気象研究所、3. 統計数理研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 3. The Institute of Statistical Mathematics

The four-dimensional variational method (4D-Var) is one prominent data assimilation/inversion method. However, it is a non-trivial task for a conventional 4D-Var to estimate a posterior error variance-covariance matrix. This study developed a method to estimate a posterior error variance-covariance matrix especially focusing on its off-diagonal elements, i.e., covariance. Off-diagonal elements are usually difficult to be estimated but provide error correlations that are beneficial for interpreting optimized parameter variations. The method was developed within a 4D-Var framework using a quasi-Newton method with the Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno (BFGS) formula. This study newly introduces numerical techniques that ensure conjugacy among the set of increment vector pairs in the BFGS formula. Through application to an inverse problem of atmospheric CO_2, the developed method was evaluated with three diagnostic measures and compared against existing methods. The evaluation revealed that the developed method could provide accurate estimates of the posterior variance-covariance matrix, in terms not only of the diagonal but also of the off-diagonal elements. Although far more expensive than optimal state estimation, the computational efficiency was found reasonable for practical use, especially in conjunction with an ensemble approach.

キーワード：逆解析、データ同化、解析誤差共分散
Keywords: inversion, data assimilation, posterior error covariance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assimilation CO_2 concentration data in the Kanto region using AIST-MM model and for the estimation of CO_2 emissions

*新井 豊[1]、今須 良一[1]、近藤 裕昭[2]、丹羽 洋介[3]
*Yutaka Arai[1], Ryoichi Imasu[1], Hiroaki Kondo[2], Yosuke Niwa[3]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 国立環境研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. National Institute for Environmental Studies, Independent Administrative Institutions

Atmospheric carbon dioxide (CO_2) known as greenhouse gas is the most important gas for global warming. For the reason, there have been many researches about CO_2 such as model calculations, satellite observations and direct observations recently. As computer spec get higher, the CO_2 model has been more improved and 3D distributions of CO_2 has been calculated in more detail. In Japan, the satellite observation has been high resolution by satellite, Greenhouse Observing SATellite-2 (GOSAT-2). But in urban area, CO_2 distributions are complicated because of complexed CO_2 emission source and sink around the area. Especially, in the Kanto district mega city, Tokyo is located, CO_2 emissions from power plants and human activities are very huge. Furthermore, around the city there are forests and mountains which strongly affect to CO_2 concentrations in the atmosphere through their respiration and photosynthesis. In case to calculate such the district with high spatial resolutions, the models are required to be able to represent the temporal and spatial variations of the respiration and photosynthesis of the plants precisely. It has been also pointed out that representativeness of the vertical transport of CO_2 in the models is a key subject. About satellite observations, it is not always possible to observe CO2 distributions because of to be influenced by the weather and the frequencies of them are limited, and what ca be observed are not 3 dimensional but 2 dimensional namely vertical column densities of CO_2. On the other hand, the accuracy of the in-situ observations, is best, but there are very limited observation points. These are obstacles to grasping the detailed behavior of CO_2 concentration.

In this study, a regional transport model, AIST-MM has been used to investigate the behavior of CO_2 concentrations in Kanto district (Kondo et al., 2001). Firstly, AIST-MM computes CO_2 concentrations in the outer area (630 km×550 km), and then calculates CO_2 concentrations in the inner area (216 km×216 km) using the results from the former.
Firstly, the model was improved to be able to calculate the CO_2 seasonal variations through a year in order to estimate CO_2 emission source which contained large error. It was found that AIST-MM had uncertainty in the part of plant activities especially respiration in summer. As the calculation of plant respiration strongly depends on the temperature, when the temperature becomes high, the respiration of plants unrealistically increases. So the plant respiration parameter was tuned.
In order to compensate for the CO_2 influx from outside of the calculation region, the result of a global model, NICAM-TM (GL5) were used as the boundary conditions when calculating outer region. This modification led to improve the calculation of the vertical transport.
Furthermore, constant sea surface temperature was replaced with the satellite observation data derived from AVHRR-AMSR. In order to improve the simulating performance, we adjusted many detailed emission information by distinguishing between holidays and weekdays.
Secondly, Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF) which is one of data assimilation methods is adapted to the adjusted AIST-MM and try to calculate CO_2 concentrations using in-situ observations, satellite observations, and ground remote sensing observations. In the near future, the CO_2 emissions will be estimated using Kalman smoother method.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：CO2領域輸送モデル、植物の呼吸、データ同化、局所アンサンブル変換カルマンフィルター、関東領域
Keywords: regional CO2 transport model, plant respiration, data assimilation, Local Ensemble Transform Kalman Filter, Kanto region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of data assimilation method on parameter estimation of flow and nutrient behavior in watershed model

*堀江 陽介[1]
*Yosuke Horie[1]

1. 日本工営株式会社
1. Nippon Koei Co., Ltd.

In schemes for nutrient reduction from watershed such as Japanese total volume control framework on nutrient or master plan for sewerage system propagation, hydrologic and nutrient behavior in watershed is critical to make an effective plan to fulfill environmental standard of water body. However, there are many uncertainties in constructing a watershed model as follows. First, observation frequency of concentration of water quality, which is a target of such scheme on nutrient reduction, is not enough because they can be obtained in public water quality observation system only about once a month. Second, pollutant load unit, which is used for quantifying pollutant load from watershed, can be fluctuated from place to place. Third, there are many parameters of watershed models which should be calibrated. To resolve these problems, this study applied EnKF, one of data assimilation method, to SWAT (Soil and Water Assessment Tools) model, which can simulate hydrologic and nutrient cycle in watershed, and conducted parameter estimation to achieve more robust result from watershed model under the uncertainties above.

キーワード：データ同化、流域モデル、水質シミュレーション、SWAT
Keywords: Data assimilation, watershed model, water quality simulation, SWAT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bayesian inference of grain growth prediction via multi-phase-field models

*伊藤 伸一[1]、長尾 大道[1]、黒河 天[1]、糟谷 正[1]、井上 純哉[1]
*Shin-ichi Ito[1], Hiromichi Nagao[1], Takashi Kurokawa[1], Tadashi Kasuya[1], Junya Inoue[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

We propose a Bayesian inference methodology to evaluate unobservable parameters involved in multi-phase-field models with the aim of accurately predicting the observed grain growth, such as in metals and rocks. This approach integrates models and a set of observational image data of grain structures. Since the set of image data is not a time series, directly applying conventional inference techniques that require time series as the input data is difficult. The key idea in our methodology to overcome this difficulty is to construct a time series with an appropriate statistic that characterizes static image data of grain structures. Our methodology implements the empirical Bayes method. It can estimate not only a probability density function of the parameters but also an initial phase-field, which is generally unobservable in real experiments. After validating the proposed method through numerical tests using synthetic data, we apply it to real experimental images of grain structures in a steel alloy. The proposed method properly estimates unobservable parameters together with their uncertainties, and successfully selects the initial phase-field that best explains the experimental data from among candidate initial phase-fields.

キーワード：粒成長、ベイズ推論、データ同化、フェーズフィールドモデル
Keywords: Grain growth, Bayesian inference, Data assimilation, Phase-field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSS data assimilation for the Bungo channel Long-term SSEs using Ensemble Kalman Filter (EnKF)

*藤田 萌実[1]、西村 卓也[2]、平原 和朗[3]、宮崎 真一[1]
*Megumi Fujita[1], Takuya NISHIMURA[2], Kazuro Hirahara[3], SHINICHI MIYAZAKI[1]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構
1. Graduate School of Science , Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Institute of Education, Research and Regional Cooperation for crisis Management Shikoku, Kagawa University

Long-term Slow Slip Events (L-SSEs) in the Bungo channel, southwest Japan occur in the down-dip side of the seismogenic zones on the megathrust plate interface. Although L-SSEs release accumulated strain in the L-SSE zones, they can increase strain in the up-dip seismogenic locked zones. Therefore, better understanding of the temporal evolution of L-SSEs is very important for earthquake hazard assessment. Hirahara, and Nishikiori (JpGU, 2018) developed a method for estimating slip evolution and frictional properties on L-SSE area in the Bungo channel, by applying a data assimilation method EnKF (Ensemble Kalman Filter), which has been developed in meteorology and oceanology, to the synthetic GNSS data. Although they used the surface velocity data as GNSS data, the actual data which we can observe at GNSS station is the surface displacement data, not surface velocity data. In order to apply EnKF to the actual GNSS observational data, we conducted two numerical experiments, as follows.

i)We used the surface velocity data converted from the synthetic surface displacement data as observational data.

ii) We used the surface displacement data, not the surface velocity data as observational data.

We used the same model settings in above two numerical experiments as Hirahara and Nishikiori (2018) did. Firstly, we set a plane fault in homogeneous isotropic elastic body, whose angle of dip is 15 degrees. The frictional force on the plane fault follows a Rate and State Friction (RSF) law with an aging law [Dieterich,1979; Ruina,1983]. We set a velocity weakening (A-B<0) circular patch, whose radius R is 35 km, in the velocity strengthen (A-B>0) fault plane. We reproduced the observed L-SSEs in the Bungo Channel, using the frictional parameters in such a way that R is smaller than the critical nucleation size R_c [Rubin and Ampuero (2005), Chen and Lapusta (2009)]. Secondly, we considered the effect the seismogenic locked zones in the up-dip side of the L-SSEs zone. We set a locked zone at the up-dip of the L-SSE fault, whose back-slip rate is 6.0 cm/yr.

As the common analysis settings, we selected several pairs of frictional parameters in a wide range of parameter space which reproduce L-SSEs for the initial ensemble members of frictional parameters. We made the daily synthetic GNSS surface displacement data for 93 GEONET stations around the Bungo channel by calculating the surface displacements using true synthetic frictional parameters and adding random Gaussian noise. We set the assimilation interval to 10 days.

In experiment i), we calculated 31 day moving averages of the synthetic GNSS displacement data, and we obtained the surface velocities at GNSS stations from the derivatives of a 150-day cubic spline function fitting the moving averaged surface displacements. Then we applied EnKF to the obtained surface velocities and we successfully estimated slip evolution and frictional parameters. This result suggests this method for converting the surface displacement data into the surface velocity data at GNSS stations might

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

be applicable.

In experiment ii), we applied EnKF to the synthetic GNSS displacement data directly. When we conducted experiment ii), we changed some analysis settings for stabilizing the assimilation. Firstly, when the slip velocity at the center of fault plane is low, we added larger random noise to the innovations artificially. Secondly, when the slip velocity at the center of fault plane is high, we reduced the assimilation interval to 1 day and introduced additive inflation to prevent the prediction errors from being too small. As a result, we also successfully estimated slip evolution and frictional parameters using the surface displacements, although the experiment sometime fails depending on the start timing of the analysis. Therefore, this method has not been fully stabilized yet, and we need to improve it for robust estimation.

Finally, we applied EnKF to the real GNSS data before the 2011 Tohoku-oki earthquake in the same settings as experiment i) and ii) respectively. We corrected offsets of major earthquakes and antenna changes in the GNSS data. However, both experiments stopped during the assimilation due to negative slip velocities. It manifests an importance of correction of GNSS data including removing annual and semiannual components for a stable assimilation of real GNSS data. Furthermore, we need to consider the realistic model settings including the geometry of the subducting Philippine Sea plate interface and distribution of both L-SSE and locked zones.

Acknowledgement: We used GNSS of GEONET provided by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI).

キーワード：GNSS、アンサンブルカルマンフィルタ、長期的SSE、豊後水道
Keywords: GNSS, Ensemble Kalman Filter (EnKF), Long-term SSEs, the Bungo channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A data assimilation library with Python for parallel computing

*中野 慎也[1]、有吉 雄哉[2]、樋口 知之[1]
*Shin ya Nakano[1], Yuya Ariyoshi[2], Tomoyuki Higuchi[1]

1. 情報・システム研究機構　統計数理研究所、2. 日本文理大学工学部
1. The Institute of Statistical Mathematics, 2. Faculty of Engineering, Nippon Bunri University

Parallel computing is essential to reduce the computational time in the ensemble-based data assimilation. However, it requires skills in parallel programming. It is sometimes a hard task to attain high computational efficiency with ensemble-based data assimilation. In particular, the particle filter (PF) algorithm, which is applicable to nonlinear and/or non-Gaussian problems, contains a procedure difficult to parallelize.
It is thus challenging to achieve high computational efficiency with the PF even for experienced users.

We have developed a Python library named P-cubed (Python Parallelized Particle Filter Library), that enables us to use parallel-ready PF algorithms with high parallel efficiency. Now we are also planning to attach a module of other data assimilation algorithms such as the ensemble Kalman filter to this library. In this presentation, we introduce the parallelized PF algorithms which are already available in P-cubed and explain the design and characteristics of the library. Future prospects of this library will also be discussed.

キーワード：data assimilation、particle filter、parallel computing、Python
Keywords: data assimilation, particle filter, parallel computing, Python

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)、座長:三好 建正(理化学研究所計算科学研究機構)、中野 慎也(情報・システム研究機構 統計数理研究所)

Data assimilation is an inversion approach to estimate the evolution of a system by utilizing a constraint given by a dynamical simulation model. Data assimilation is now widely used not only in meteorology and oceanography but also other fields of geosciences such as hydrology, solid earth science, and space science. This session aims at providing an opportunity for discussion on data assimilation studies among researchers of various field of geosciences. We encourage contributions addressing novel methods and theoretical developments of data assimilation. Contributions dealing with useful applications of data assimilation are also welcome.

13:45 ~ 14:00

[MGI30-01] Recent progresses and applications of geomagnetic data assimilation

★Invited Papers

*Julien Aubert[1]、Vincent Lesur[1]、Alexandre Fournier[1]、Gauthier Hulot[1] (1.Institut de Physique du Globe de Paris, France)

14:00 ~ 14:15

[MGI30-02] Accounting for non-locality of vertical error correlation within ETKF through eigen-spectral localization

★Invited Papers

*堀田 大介[1] (1.気象庁気象研究所)

14:15 ~ 14:30

[MGI30-03] Data assimilation experiments with MODIS LAI observations and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM over Siberia

★Invited Papers

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、澤田 洋平[1,2]、三好 建正[1] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.気象庁気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MGI30-04] アジョイント法による定常トレーサー分布から海洋鉛直拡散係数分布を推定する試み

★招待講演

*岡 顕[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

14:45 ~ 15:00

[MGI30-05] Nonlinear data assimilation with 4DEnVar using iterative weather forecast model

*横田 祥[1]、小泉 耕[1]、國井 勝[2,1]、伊藤 耕介[3,1] (1.気象庁気象研究所、2.気象庁予報部数値予報課、3.琉球大学)

15:00 ~ 15:15

[MGI30-06] Development of Data Assimilation System for Atmospheric Density to Improve Satellite's Orbit Prediction Accuracy

*加藤 博司[1]、日南川 英明[1]、秋山 恭平[1]、秋山 祐貴[1]、中野 将弥[2]、大日向 大地[2]、中村 信一[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.富士通株式会社)

Recent progresses and applications of geomagnetic data assimilation

*Julien Aubert[1], Vincent Lesur[1], Alexandre Fournier[1], Gauthier Hulot[1]

1. Institut de Physique du Globe de Paris, France

Over the past ten years, numerical simulations of Earth’ s core magnetohydrodynamics have advanced to a point where their output can be compared in detail to the geomagnetic field behaviour over time scales ranging from a few years to centuries. Motivated by this progress, geomagnetic data assimilation is an emerging discipline that aims at optimally combining the statistical output of such simulations with geomagnetic data. Among the many possible outcomes of this approach, the main goals are to infer the hidden dynamical properties of Earth’ s core from the surface observations, forecast the future evolution of the geomagnetic field in a dynamically consistent way and at horizons of a few years to a century, and improve the quality of source separation in analyses of the geomagnetic field. We will present a few examples to emphasize the value added by statistics extracted from Earth-like geodynamo simulations when attempting to tackle these underdetermined geophysical inverse problems. We will also put these works in context of forthcoming contributions to the 13th iteration of the International Reference Geomagnetic Field (IGRF 2020).

Keywords: Geomagnetism, Numerical Simulations, Earth's core, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Accounting for non-locality of vertical error correlation within ETKF through eigen-spectral localization

*堀田 大介[1]
*Daisuke Hotta[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

Covariance localization is an indispensable component of any EnKF and it is most straightforwardly formulated as tapering of the sampled background error covariance matrix by means of Schur product (B-loc). However, within most (L)ETKF implementations, this operation is substituted by artificial inflation of R-matrix for observations distant from the analyzed grid-point (R-loc) due to the computational the difficulty of B-loc approach. Recently studies (Bocquet et al. 2016; Bishop et al. 2017) have derived an efficient way to implement B-loc within an ETKF, so that B-loc within ETKF is now a feasible option.

The author's recent work has focused on clarifying the differences between B-loc and R-loc, and showed with idealized 1D models that B-loc can increase the effective rank of the background covariance while R-loc cannot and that B-loc can more faithfully reproduce canonical KF analysis than R-loc does when the observation operator is non-local, suggesting that B-loc is particularly advantageous in cases where the desired amount of assimilated observations are much larger than the affordable ensemble size and/or the observation operator is highly non-local.

This work extends the B-loc approach to accommodate situations where the true background error covariance is not well localized (i.e., the correlation between two grid-points is not given in terms of the physical distance between them). In the proposed scheme, the state vector of each background ensemble is first linearly transformed into the space spanned by the (truncated) eigenbasis of the climatological background error covariance prior to performing data assimilation. The transformed ensemble is then used to form sample covariance to which we apply localization (i.e., control on sampling noises) by neglecting all the off-diagonal components. This method reposes on two assumptions: (1) the true covariance, when expressed in its eigen-space, is diagonal, so that, in this space, any off-diagonal component present in the sample covariance from ensemble is a sign of sampling error, and (2) the eigenstructure of the true covariance is close to its climatological expectation.

In this presentation, I will show several preliminary verifications of this approach using an idealized 1-dimensional system and discuss its

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

promise and limitations.

キーワード：データ同化、共分散局所化、アンサンブル・カルマンフィルタ
Keywords: data assimilation, covariance localization, EnKF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data assimilation experiments with MODIS LAI observations and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM over Siberia

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、澤田 洋平[1,2]、三好 建正[1]
*Hazuki Arakida[1], Shunji Kotsuki[1], Shigenori Otsuka[1], Yohei Sawada[1,2], Takemasa Miyoshi[1]

1. 理化学研究所 計算科学研究センター、2. 気象庁気象研究所
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Meteorological Research Institute

In the previous study, Arakida et al. (2017) developed a data assimilation system with the SEIB-DGVM (Spatially Explicit Individual-Based Dynamic Global Vegetation Model, Sato et al. 2007) and assimilated satellite-observed Leaf Area Index (LAI) successfully at a flux measurement site in Siberia. In this study, we extend the experiment to a large domain in Siberia and estimate the vegetation functions and structures, and model parameters related to the phenology of the deciduous needle-leaved tree and the undergrowth. At the annual meeting in 2017, we presented the results of total LAI, tree LAI, above ground biomass, carbon flux, and the model parameters. This year, we present further comparisons with the previous studies: carbon flux (FLUXCOM: Tramontana et al., 2016, Jung et al., 2017) estimated by a machine learning method using in-situ flux measurements and various explanatory data, tree LAI (Delbart et al., 2005, Kobayashi et al., 2010) estimated by a radiative transfer model and satellite observations, and above ground biomass (Liu et al., 2015) estimated by satellite observations. The results showed high correlations between this study and the previous studies except for above ground biomass. This is probably because above ground biomass of Liu et al. [2015] is estimated from microwave-based observations, different from optical-based observations in this study, Kobayashi et al. [2010], and FLUXCOM. The results suggest that the type of the satellite sensor affect the estimation results. Most of the estimated variables by DA were highly correlated with the observed LAI and the previous studies, indicating that the DA system generally performed well over Siberia.

Arakida, H., T. Miyoshi, T. Ise, S. I. Shima, and S. Kotsuki (2017), Non-Gaussian data assimilation of satellite-based leaf area index observations with an individual-based dynamic global vegetation model, Nonlinear Proc. Geoph., 24, 553-567, doi:10.5194/npg-24-553-2017.

Delbart, N., L. Kergoat, T. L. Toan, J. Lhermitte, and G. Picard (2005), Determination of phenological dates in boreal regions using normalized difference water index, Remote Sens. Environ., 97, 26-38, doi:10.1016/j.rse.2005.03.011.

Jung, M., M. Reichstein, C. R. Schwalm, C. Huntingford, S. Sitch, A. Ahlström, A. Arneth, G. Camps-Valls, P. Ciais, P. Friedlingstein, F. Gans, K. Ichii, A. K. Jain, E. Kato, D. Papale, B. Poulter, B. Raduly, C. Rödenbeck, G. Tramontana, N. Viovy, Y. P. Wang, U. Weber, S. Zaehle and N. Zeng (2017), Compensatory water effects link yearly global land CO_2 sink changes to temperature, Nature, 541, 516-520, doi:10.1038/nature20780.

Kobayashi, H., N. Delbart, R. Suzuki, and K. Kushida (2010), A satellite-based method for monitoring seasonality in the overstory leaf area index of Siberian larch forest, J. Geophys. Res., 115, G01002, doi: 10.1029/2009JG000939.

Liu, Y. Y., A. I. J. M. van Dijk, R. A. M. de Jeu, J. G. Canadell, M. F. McCabe, J. P. Evans, and G. Wang (2015), Recent reversal in loss of global terrestrial biomass. Nat. Clim. Change, 5, 470-474,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

doi:10.1038/nclimate2581.

Sato, H., A. Itoh, and T. Kohyama (2007), SEIB–DGVM: A new Dynamic Global Vegetation Model using a spatially explicit individual-based approach, Ecol. Model., 200, 279–307, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2006.09.006.

Tramontana, G., M. Jung, C. R. Schwalm, K. Ichii, G. Camps-Valls, B. Ráduly, M. Reichstein, M. A. Arain, A. Cescatti, G. Kiely, L. Merbold, P. Serrano-Ortiz, S. Sickert, S. Wolf, and D. Papale (2016), Predicting carbon dioxide and energy fluxes across global FLUXNET sites with regression algorithms, Biogeosciences, 13, 4291-4313, doi:10.5194/bg-13-4291-2016.

キーワード：データ同化、植生モデル、衛星データ
Keywords: data assimilation, vegetation model, satellite data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アジョイント法による定常トレーサー分布から海洋鉛直拡散係数分布を推定する試み

Inversion of the ocean vertical diffusivity from steady-state tracer distributions by using an adjoint method

*岡 顕[1]
*Akira Oka[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

海洋中の鉛直拡散係数の値は、温度・塩分などのトレーサー分布や、海洋深層循環の強さをコントロールする重要な要素である。近年の研究から、その分布は空間的な非一様性が高いことが明らかになってきているが、分布の詳細や定量的な値についてはよく分かっていない。一方、温度・塩分をはじめとするトレーサー分布についての観測データは近年飛躍的に増加しており、全球をカバーした良質なデータセットが利用可能である。先行研究では、観測データから得られるトレーサー分布の情報から海洋の流速場を逆推定する試みもなされてきている（Wunsch,1996など）。流速場と合わせて、鉛直拡散係数分布についても逆推定した試みもあるが(Ganachaud and Wunsch, 2000)、その３次元分布について詳細に議論した研究は少ないと思われる。本発表では、温度、塩分、炭素同位体分布（Δ14C）の３つのトレーサー分布を用いて、鉛直拡散係数の３次元分布をどの程度逆推定することができるか、その可能性について議論するとともに現段階での試みを紹介する。

キーワード：海洋鉛直拡散係数、アジョイント法、海洋トレーサーモデル
Keywords: ocean vertical diffusivity, adjoint method, ocean tracer model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Nonlinear data assimilation with 4DEnVar using iterative weather forecast model

*横田 祥[1]、小泉 耕[1]、國井 勝[2,1]、伊藤 耕介[3,1]
*Sho Yokota[1], Ko Koizumi[1], Masaru Kunii[2,1], Kosuke Ito[3,1]

1. 気象庁気象研究所、2. 気象庁予報部数値予報課、3. 琉球大学
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Numerical Prediction Division, Forecast Department, Japan Meteorological Agency, 3. University of the Ryukyus

En4DVar and 4DEnVar are two popular ensemble-based variational data assimilation methods for the numerical weather prediction. Although the ensemble-based forecast error covariance can be reflected in the analyses of both methods, En4DVar calculates the gradient of the cost function with the adjoint of tangent linear forecast model, which requires large development and computational costs. Such costs are generally not required in 4DEnVar because 4DEnVar does not use the tangent linear forecast model. However, 4DEnVar analyses are generally worse than those of adjoint-based En4DVar probably because 4DEnVar does not iteratively calculate the nonlinear forecast model. In this study, therefore, we developed 4DEnVar with iterative nonlinear forecast model (hereafter, 4DEnVar-IF). In 4DEnVar-IF, the nonlinear forecast model is iteratively calculated to gain the non-quadratic cost function and its gradient in each iteration. The 4DEnVar-IF applied to the Lorenz63 model showed that the 4DEnVar-IF analysis can be better than those of En4DVar and general 4DEnVar when nonlinearity is strong and ensemble perturbations are appropriate. Moreover, we also applied 4DEnVar-IF to JMA nonhydrostatic model-based 4DVar data assimilation (JNoVA) system. The single-observation assimilation experiments with JNoVA showed that 4DEnVar-IF can make the cost function smaller than En4DVar when the assimilated observation has the strong nonlinearity as like potential temperature associated with cloud microphysics. In the assimilation experiment of multiple real observations with 4DEnVar-IF of the small localization scale, however, the minimization of the cost function was not sufficiently succeeded. As a next step, we will develop the localization and hybrid of forecast error covariance matrix.

キーワード：データ同化、アンサンブル予報、非線形、4次元アンサンブル変分法
Keywords: data assimilation, ensemble forecast, nonlinear, 4DEnVar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of Data Assimilation System for Atmospheric Density to Improve Satellite's Orbit Prediction Accuracy

*加藤 博司[1]、日南川 英明[1]、秋山 恭平[1]、秋山 祐貴[1]、中野 将弥[2]、大日向 大地[2]、中村 信一[1]
*Hiroshi Kato[1], Hideaki Hinagawa[1], Kyohei Akiyama[1], Yuki Akiyama[1], Masaya Nakano[2], Daichi Obinata[2], Shinichi Nakamura[1]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 富士通株式会社
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. FUJITSU LIMITED

低軌道環境には、わずかに大気が存在する。そのため、低軌道衛星の軌道予測の高精度化には、大気から受ける抵抗（大気抵抗）を高精度に予測することが必要不可欠となっている。大気抵抗は、大気密度、各衛星の弾道係数（質量、断面積、抵抗係数）から計算できるが、大気密度の不確かさが、大気抵抗予測の不確かさの大部分を占めると言われている。

大気密度の予測モデルは、これまで、いくつか提案されている。それらは、低軌道環境の観測情報は、非常に乏しいが、わずかに存在する衛星観測情報に基づいている。しかし、大気密度を高精度の予測することは、困難であり、衛星運用者は、軌道決定値に基づき、なんらかの補正量を求めることで、軌道予測精度を高めている。

JAXAは、2018年度から、大気密度再解析システム（データ同化システム）の開発を開始している。本システムは、地上から推定できる衛星軌跡上の大気密度平均情報と、各大気密度モデルの計算情報から、大気密度の再解析を実現するものである。大気密度観測情報としては、米国NORADが提供している各衛星の軌道情報（Two Line Element）に基づき推定することができる。大気密度モデルは、軌道分野で使われているNRLMSIS-00モデルとJacchia Bowman 2008モデルを利用している。そして、データ同化手法としては、アンサンブルカルマンフィルター、アンサンブル変換カルマンフィルタを実装している。

本発表では、大気密度再解析システムの詳細を紹介するとともに、システム検証として進めている双子実験（数値実験）の結果について報告する。

キーワード：衛星軌道予測、大気密度、データ同化
Keywords: Satellite orbit prediction, Atmospheric density, Data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 104 1F

[M-GI30] Data assimilation: A fundamental approach in geosciences

コンビーナ:中野 慎也(情報・システム研究機構　統計数理研究所)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、宮崎 真一(京都大学理学研究科)、三好 建正(理化学研究所)、座長:宮崎 真一(京都大学)、藤井 陽介

Data assimilation is an inversion approach to estimate the evolution of a system by utilizing a constraint given by a dynamical simulation model. Data assimilation is now widely used not only in meteorology and oceanography but also other fields of geosciences such as hydrology, solid earth science, and space science. This session aims at providing an opportunity for discussion on data assimilation studies among researchers of various field of geosciences. We encourage contributions addressing novel methods and theoretical developments of data assimilation. Contributions dealing with useful applications of data assimilation are also welcome.

15:30 ~ 15:45

[MGI30-07] An LETKF-based ocean reanalysis for the Asia-Oceania region using Himawari-8 SSTs and SMOS/SMAP SSS

★Invited Papers

*大石 俊[1]、日原 勉[2]、相木 秀則[1]、石坂 丞二[1]、宮澤 泰正[2]、可知 美佐子[3] (1.名古屋大学、2.JAMSTEC、3.JAXA)

15:45 ~ 16:00

[MGI30-08] Validation of JCOPE-T DA ocean assimilation product

*日原 勉[1]、Varlamov Sergey[1]、宮澤 泰正[1]、美山 透[1]、可知 美佐子[2]、村上 浩[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

16:00 ~ 16:15

[MGI30-09] **Do surface lateral flows matter for land data assimilation?: Implication for hyper-resolution land modeling and observation**

*澤田 洋平[1] (1.気象庁気象研究所)

16:15 ~ 16:30

[MGI30-10] Geodynamo data assimilation for candidate models of IGRF13-SV from Japan team

*南 拓人[1]、中野 慎也[2]、高橋 太[3]、松島 政貴[4]、清水 久芳[1]、藤 浩明[5] (1.東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2.統計数理研究所、3.九州大学大学院理学研究院、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系、5.京都大学大学院理学研究科)

16:30 ~ 16:45

[MGI30-11] A pilot study of geomagnetic data assimilation into a geodynamo model

*中野 慎也[1]、南 拓人[2]、高橋 太[3]、松島 政貴[4]、藤 浩明[5]、清水 久芳[2] (1.情報・システム研究機構　統計数理研究所、2.東京大学地震研究所、3.九州大学大学院理学研究院、4.東京工業大学理学院、5.京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター)

16:45 ~ 17:00

[MGI30-12] Bayesian parameter estimation of a physics-based model of postseismic crustal deformation

★Invited Papers

*福田 淳一[1]、Johnson Kaj[2] (1.東京大学地震研究所、2.Department of Earth and Atmospheric Sciences, Indiana University)

An LETKF-based ocean reanalysis for the Asia-Oceania region using Himawari-8 SSTs and SMOS/SMAP SSS

*大石 俊[1]、日原 勉[2]、相木 秀則[1]、石坂 丞二[1]、宮澤 泰正[2]、可知 美佐子[3]
*Shun Ohishi[1], Tsutomu Hihara[2], Hidenori AIKI[1], Joji Ishizaka[1], Yasumasa Miyazawa[2], Misako Kachi[3]

1. 名古屋大学、2. JAMSTEC、3. JAXA
1. Nagoya University, 2. JAMSTEC, 3. JAXA

With the global spread of the Argo floats and development of high-resolution ocean models, global ocean reanalysis datasets have been released. Although regional high-resolution ocean reanalysis datasets also have been established around the North Pacific, most of their coverage area is limited to regions north of 10˚N. We suggest that reanalysis datasets for tropical-subtropical oceans are yet to be constructed for coastal environmental monitoring and typhoon researches around the Asia-Oceania region.
Since July 2015, a geostationary satellite “Himawari-8” has been measuring sea surface temperatures (SSTs) with a high spatial and temporal resolution of 2 km and 10 min. in the western Pacific region using an infrared sensor. Because of the high temporal resolution, daily composite map shows that coverage area of Himawari-8 exceeds that of an orbital satellite “GCOM-W” with a microwave sensor. The infrared sensor enables us to capture fine nearshore SST structure, such as localized cool SSTs induced by Ekman upwelling along the Vietnam coast during the southwesterly summer monsoon.
We have established a one-way nest high-resolution ocean data assimilation system based on LETKF (Hunt et al. 2007) with 20 ensemble members at 1-day interval. The southeast Asia coastal region [98˚–115˚E, 0˚–22˚N] has been modeled at a spatial resolution of 1/36˚ and 47 layers with an intent to be applied for fishery and marine environmental monitoring, while the large-scale western Pacific region [95˚E–165˚W, 50˚S–50˚N] has been constructed at a spatial resolution of 1/12˚ and 47 layers to make contributions to tropical cyclone studies. Himawari-8 SSTs and sea surface salinity (SSS) derived from SMOS and SMAP satellites as well as sea surface height, and temperature/salinity derived from GTSPP and AQC Argo dataset have been assimilated. To improve the salinity field, freshwater fluxes also have been incorporated. To avoid generation of spurious gravity waves, the Incremental analysis Update (IAU) filter (Bloom et al. 1996) have been implemented. We will introduce low salinity water transport from the Mekong river in the southeast Asia system and the SST cooling with the passage of tropical cyclones in the western Pacific system.

キーワード：東南アジア、西部太平洋、データ同化、LETKF、ひまわり８号、SMOS/SMAP
Keywords: southeast Asia, western Pacific, data assimilation, LETKF, Himawari-8, SMOS/SMAP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Validation of JCOPE-T DA ocean assimilation product

*日原 勉[1]、Varlamov Sergey[1]、宮澤 泰正[1]、美山 透[1]、可知 美佐子[2]、村上 浩[2]
*Tsutomu Hihara[1], Sergey Varlamov[1], Yasumasa Miyazawa[1], Toru Miyama[1], Misako Kachi[2], Hiroshi Murakami[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Aerospace Exploration Agency

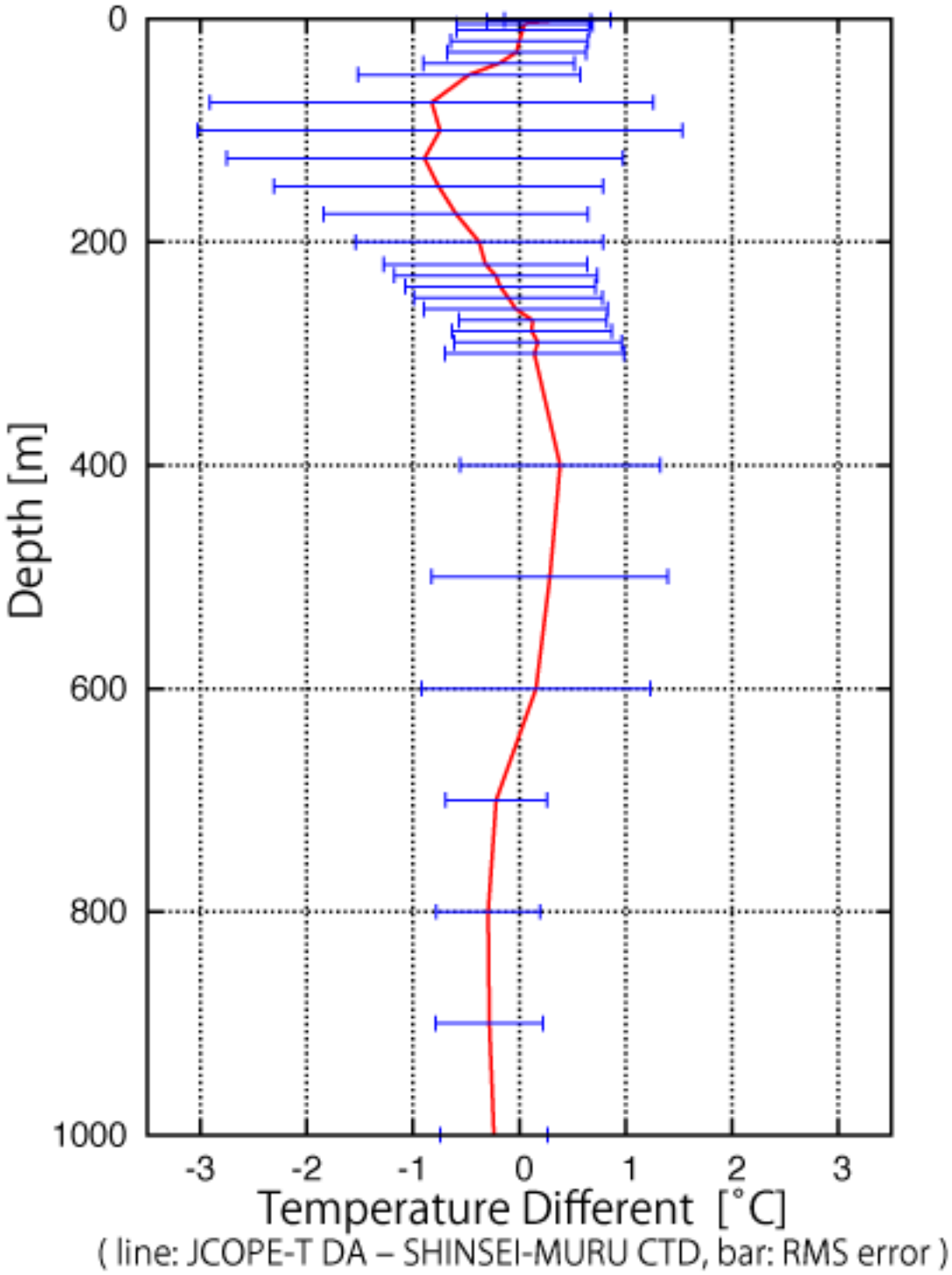
We constructed the high resolution (3km, 1hour) ocean data assimilation system named as JCOPE-T DA which targets around Japan. This system is running operationally and that’ s outputs have been provided by JAXA through the Himawari Monitor website and P-Tree System since November 2018. One of the aims in this system is to make the useful ocean analysis and forecast data by assimilating satellite SST data provided by JAXA directly. We assimilate the satellite SST data observed by Himawari/AHI, GCOM-W/AMSR2, GPM main satellite/GMI, and Coriolis/WindSAT. Multi-3DVAR (Miyazawa et al. 2017) and IAU are applied in this system.

We will show the results of validation of JCOPE-T DA using independent in situ data observed by buoys and ship in this presentation. The results of comparison with CTD data observed by SHINSEI-MARU off the Kii Channel show that JCOPE-T DA ocean temperature data are good estimate in upper layer (Figure 1). Biases and RMS error are lower than ±0.2 deg.C and 0.7 deg.C in 2 –40m depth respectively. On the other hand, there are negative bias and large RMS difference (over 1 deg.C) in thermocline (5 –200 m depth). These mean that mixed layer of JCOPE-T DA is deeper than that of observation.
JCOPE-T DA clearly show the internal tide because the ocean model of JCOPE-T DA considers the tide effects. Especially, we find that the channel between Taiwan and Philippines causes strong internal tide which is made change of several degree Celsius at 500m depth in a day.

In the future plan, we are going to construct the higher resolution (1km grid) ocean model with CaMa-Flood river flow data. And also, we are going to assimilate the GCOM-C/SGLI SST data which have 250m resolution. Furthermore, we will construct a nest model for coastal area.

キーワード：データ同化、衛星海面水温データ、領域海洋モデル
Keywords: Data assimilation, Satellite SST data, Regional ocean model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Do surface lateral flows matter for land data assimilation?: Implication for hyper-resolution land modeling and observation

*澤田 洋平[1]
*Yohei Sawada[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

Hyper-resolution land modeling is expected to innovate the simulation of terrestrial water, energy, and carbon cycles. One of the major advantages of existing hyper-resolution land models against conventional 1-demensional land surface models is that surface and subsurface lateral water flows can be explicitly simulated. Despite a lot of efforts on assimilating hydrological observations into the hyper-resolution integrated surface-groundwater land models, how and in what case topography-driven surface water flows matter for data assimilation of soil moisture observations has yet to be clarified. In this study, I perform a minimalist synthetic numerical experiment, in which shallow soil moisture observations are assimilated into an integrated surface-groundwater land model by an ensemble Kalman filter. Propagation of a background error due to surface lateral water flows is crucially important to adjust the unobserved model state and parameter variables by horizontally propagating the information of soil moisture observations. However, the non-Gaussianity of the background error induced by the nonlinear dynamics of topography-driven surface flows harms the performance of an ensemble Kalman filter and the efficiency of data assimilation strongly depends on soil characteristics. The new capability of data assimilation with the hyper-resolution land models found in this study may improve the monitoring and prediction of flash floods caused by local severe rainfalls.

Sawada, Y. (2018), Do surface lateral flows matter for data assimilation of soil moisture observations into hyperresolution land models?, *EarthArXiv,* https://doi.org/10.31223/osf.io/byguf

キーワード：陸域データ同化
Keywords: land data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geodynamo data assimilation for candidate models of IGRF13-SV from Japan team

*南 拓人[1]、中野 慎也[2]、高橋 太[3]、松島 政貴[4]、清水 久芳[1]、藤 浩明[5]
*Takuto Minami[1], Shin ya Nakano[2], Futoshi Takahashi[3], Masaki Matsushima[4], Hisayoshi Shimizu[1], Hiroaki TOH[5]

1. 東京大学地震研究所海半球観測研究センター、2. 統計数理研究所、3. 九州大学大学院理学研究院、4. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、5. 京都大学大学院理学研究科
1. Ocean Hemisphere Research Institute, Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. The Institute of Statistical Mathematics, 3. Faculty of Science, Kyushu University, 4. School of Science, Tokyo Institute of Technology, 5. Graduate School of Science, Kyoto University

International Geomagnetic Reference Field (IGRF) is a series of standard global geomagnetic field models that consist of Gauss coefficients to represent spatial distribution. International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA) produces IGRF every five years, the last version of which, the 12th generation of IGRF (IGRF-12), was released in December 2014 (Thebault et al., 2015). Each generation of IGRF comprises not only the main field part but secular variation (SV) part (first time derivative of the main field) to forecast evolution of the geomagnetic field for the next five years to come. The next generation, IGRF-13, will be published around December 2019, comprising the spatial distribution of the field at epoch 2020.0 and its secular variation in the period from 2020.0 to 2025.0. We plan to submit a candidate SV model to contribute for determining IGRF13-SV.
We employ data assimilation with geodynamo calculations to generate a SV candidate model for the period from 2020.0 to 2025.0. Although the two standard approaches, (1) adoption of SV at the IGRF release time and (2) spline extrapolation of the main field in the future, are common for generating SV candidates, they are not “physics-based” forecasts, and, intrinsically, cannot alleviate the effect of sudden changes in the SV field called “geomagnetic jerks” (Mandea et al., 2010). In this context, data assimilation is one of novel approach to obtain an appropriate initial condition for geodynamo calculations at the time of IGRF release time. Since the parameters used in geodynamo calculations are apart by some orders of magnitude from those for the Earth's core, it is not appropriate to take geodynamo solutions as they are for the predictions. Nevertheless, it is possible to rescale the time-axis of geodynamo calculations using the ratio of the so-called “secular-variation time-scale” (Chlistensen and Tilgner, 2004) between the geomagnetic field and geodynamo calculations. In this presentation, we are going to show candidate models of secular variation obtained by geodynamo data assimilation with discussions on the time-scales, the method of assimilation, and data-set employed for the assimilation.

キーワード：IGRF、データ同化、ダイナモ
Keywords: IGRF, Data assimilation, dynamo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A pilot study of geomagnetic data assimilation into a geodynamo model

*中野 慎也[1]、南 拓人[2]、高橋 太[3]、松島 政貴[4]、藤 浩明[5]、清水 久芳[2]
*Shin ya Nakano[1], Takuto Minami[2], Futoshi Takahashi[3], Masaki Matsushima[4], Hiroaki TOH[5], Hisayoshi Shimizu[2]

1. 情報・システム研究機構　統計数理研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 九州大学大学院理学研究院、4. 東京工業大学理学院、5. 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター
1. The Institute of Statistical Mathematics, 2. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 3. Faculty of Science, Kyushu University, 4. School of Science, Tokyo Institute of Technology, 5. Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Graduate School of Science, Kyoto University

Geomagnetic secular variation is a long-term variation of the Earth's magnetic field. The magnetic field of the Earth is originated from a dynamo in the outer core. Modeling of geodynamo process is thus a straightforward approach for predicting geomagnetic secular variations. However, it is intrinsically difficult to resolve the current state of the geodynamo from observable magnetic field and to predict future evolution of geodynamo. We are developing a framework for estimating the current state of the geodynamo by using a data assimilation approach. As a preliminary study, we performed data assimilation experiments using synthetic geomagnetic data in order to evaluate if data assimilation methods are effective for estimating the state of the geodynamo. Some data assimilation schemes based on ensemble-based variational method were applied and compared. Preliminary results of the experiments will be demonstrated.

キーワード：ensemble-based data assimilation、geodynamo model、secular variation
Keywords: ensemble-based data assimilation, geodynamo model, secular variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bayesian parameter estimation of a physics-based model of postseismic crustal deformation

*福田 淳一[1]、Johnson Kaj[2]
*Jun'ichi Fukuda[1], Kaj Johnson[2]

1. 東京大学地震研究所、2. Department of Earth and Atmospheric Sciences, Indiana University
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Department of Earth and Atmospheric Sciences, Indiana University

Recent development GPS and other geodetic networks makes it possible to capture transient crustal deformation at high resolution in both space and time. A primary example of geodetically observed transient deformation in plate boundary zones is postseismic deformation following large earthquakes. Two primary processes that are responsible for observed postseismic deformation are viscoelastic relaxation of in the asthenosphere and afterslip on the plate interface surrounding the coseismic rupture. Both of the processes are triggered by stress changes induced by an earthquake and the evolution of the two processes is governed by rheological properties of the asthenosphere and frictional properties of the plate interface as well as coseismic stress perturbations.

In this study, we develop a physics-based model of postseismic deformation following the 2011 Mw9.0 Tohoku-oki earthquake that incorporates stress-driven afterslip and viscoelastic relaxation. In this model, the evolution of afterslip is assumed to be governed by a velocity-strengthening friction law that is characterized with a friction parameter. Viscoelastic relaxation of the asthenosphere is modeled with a biviscous Burgers rheology that is characterized with steady-state and transient viscosities. The evolution of afterslip and viscoelastic relaxation is calculated using coseismic slip distribution as an initial condition. We treat the friction parameters, viscosity parameters, coseismic slip distribution, and a smoothing parameter for coseismic slip distribution as unknown parameters and estimate them using coseismic and postseismic GPS and seafloor geodetic data.

In order to quantify uncertainties of the model, we adopt a Bayesian approach and estimate the posterior probability density function (PDF) of the model parameters. In principle, the Markov chain Monte Carlo (MCMC) methods can be used for this purpose. However, the MCMC methods require many forward calculations and the forward model employed in this study is computationally intensive. Therefore, it is difficult to sample the posterior PDF within a realistic computation time. We thus combine a surrogate modeling approach with the MCMC methods to efficiently sample the posterior PDF. In this approach, we first obtain a function approximation to the posterior PDF by fitting a surrogate function to the posterior probability densities calculated for sample points in the model parameter space. Then a MCMC method is used to sample the surrogate posterior PDF. By using this approach, we obtain the posterior PDFs of the model parameters that successfully reproduce the observed coseismic and time-dependent postseismic displacement fields. Our results suggest that such approaches may be useful for parameter estimation and uncertainty quantification of computationally intensive forward models.

キーワード：Bayesian inference、parameter estimation、GPS、postseismic crustal deformation
Keywords: Bayesian inference, parameter estimation, GPS, postseismic crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[M-GI36] ソーシャルメディアと地球惑星科学

コンビーナ:天野 一男(茨城大学理学部地球生命環境科学科)、小口 高(東京大学空間情報科学研究センター)、伊藤 昌毅(東京大学生産技術研究所)、山本 佳世子(国立大学法人　電気通信大学)

ソーシャルメディアは、研究情報の収集や研究の推進に活用されているばかりでなく、研究成果の社会へのアウトリーチなどにも大いに利用されている。本セッションは、2011年以降毎年開催され、今回で9回目になる。本年もソーシャルメディアの急速な発展を踏まえつつ、従来の事例紹介・手法の開発・レビュー・意見表明などに加えて、環境問題・防災対策等への応用にまでテーマを広げ、学際的な議論を展開したい。幅広い分野にわたる発表を歓迎する。

[MGI36-P01] 防災チャットボットの研究開発

*東 宏樹[1]、萩行 正嗣[2]、大竹 清敬[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.株式会社ウェザーニューズ、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[MGI36-P02] 極地研究所における画像プラットフォームとソーシャルメディアとの連携

*照井 健志[1]、南山 泰之[2]、肥田野 正輝[3] (1.国立極地研究所、2.東京財団政策研究所、3.インフォ・ラウンジ株式会社)

[MGI36-P03] 日本地理学会のツイッターアカウントの開設と初期運用

*小口 高[1]、西村 雄一郎[2]、河本 大地[3]、新名 阿津子[4]、齋藤 仁[5] (1.東京大学空間情報科学研究センター、2.奈良女子大学人文科学系研究院、3.奈良教育大学、4.伊豆半島ジオパーク推進協議会、5.関東学院大学経済学部)

[MGI36-P04] 茨城県北ジオパーク構想におけるJGC認定取り消し後のSNSの活用

*天野 一男[1]、細井 淳[2] (1.日本大学文理学部自然科学研究所、2.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

防災チャットボットの研究開発
Research and Development on Chatbot for Disaster Response

*東 宏樹[1]、萩行 正嗣[2]、大竹 清敬[3]
*Hiroki Azuma[1], Masatsugu Hangyo[2], Kiyonori Ohtake[3]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 株式会社ウェザーニューズ、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Weathernews Inc., 3. National Institute of Information and Communications Technology

災害時には、災害対応機関の人的・時間的リソースが限られる。このためソーシャルメディア等のICT技術を活用した効率的な災害対応が求められる。本研究では、大きく分けて二つの課題に取り組む。一つ目は、防災チャットボットが被災者との対話を通して、様々な被災状況を収集し、自動で要約し災害対応機関に提供するシステムの開発である。二つ目は、防災チャットボットが被災者との対話を通して得た、被災者の状況に基づき、被災者一人ひとりに最適化された情報を被災者に提供するシステムの開発である。本発表では、技術的背景とともに、ソーシャルメディア活用技術の社会実装の事例として、本研究テーマを紹介する。

キーワード：災害対応、チャットボット、社会実装
Keywords: Disaster response, Chatbot, Social implementation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

第2期SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」

共同研究開発機関：株式会社ウェザーニューズ
国立研究開発法人情報通信研究機構

対話型災害情報流通基盤の研究開発



2018年度～ 防災チャットボットをつくっています。



【研究の概要】
●個人が避難や活動に必要な情報をスマホ等での対話システムを介して入手・提供できるようにすることで、迅速・確実な避難を実現するとともに、その情報に基づいて災害対応機関の業務を効率化する情報流通基盤を研究開発する。
●①個人の状況・要望に応じて情報提供する技術（個人適応型対話技術）、②社会動態を観測する情報収集・要約技術（対話からの社会動態抽出技術）を開発し、個人との自動対話システムとして確立する。



●各種災害情報と発話情報の融合処理と、対話を介することで誤情報等を排除しながら効果的に情報収集を行い、社会動態として抽出

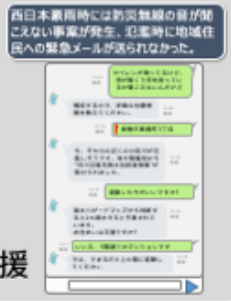
●LINE等、普段使いのメッセージングアプリ等で数十万人規模で実現



防災チャットボットはどんな課題を解決するの？

こんなことを実現する予定です。

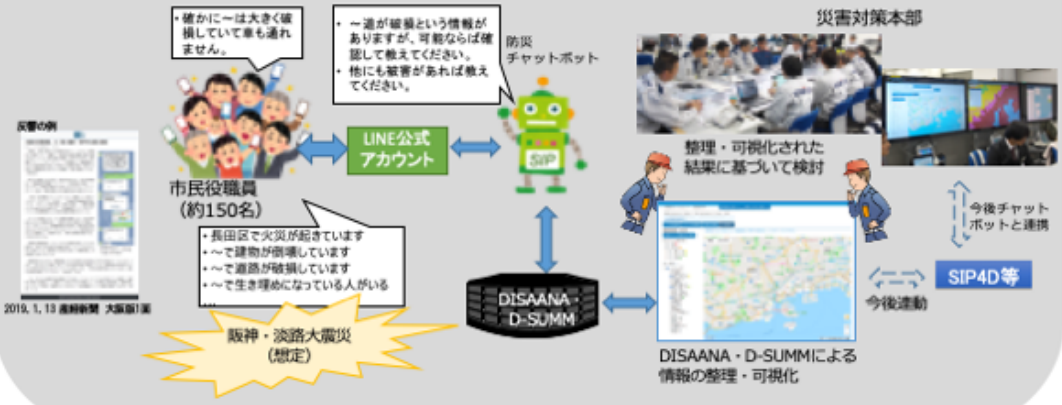
- 国民一人ひとりに最適化された避難等の支援
- 逐次変化する状況/要望に合わせた最適な情報提供
- 従来のセンサーでは得られなかった情報の取得
- 大量の個別要望等を短時間に自動処理し、人的資源が不足する災害対応機関の業務効率化を支援



すでに始まっている取り組みを教えて

神戸市での実証実験（2018.12.21）をおこないました。

- SIP第2期で開発中の防災チャットボットのプロトタイプを用いてコンセプトを実証しました
- 防災チャットボットの有用性を確認しました
- 神戸の震災で救援の対応をされた経験のある危機管理室長から、「大変わかりやすく、阪神淡路大震災の時とは隔世の感がある」とコメントをいただきました



NIED 国立研究開発法人 防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

極地研究所における画像プラットフォームとソーシャルメディアとの連携
Collaboration between NIPR image platform service and social media

*照井 健志[1]、南山 泰之[2]、肥田野 正輝[3]
*Takeshi Terui[1], Yasuyuki Minamiyama[2], Masaki Hidano[3]

1. 国立極地研究所、2. 東京財団政策研究所、3. インフォ・ラウンジ株式会社
1. National Institute of Polar Research, 2. Tokyo Foundation for Policy Research, 3. Info Lounge Corporation

国立極地研究所では南極・北極観測の歴史を記録した画像データ及びそのメタデータの公開プラットフォームを開発中である。NIPR Image Archive (https://image.nipr.ac.jp)として試験的に公開されている。画像プラットフォームで公開される画像は南極・北極における記録写真や映像が含まれており、両極における日本の公的活動を記録してきた画像データである。これらの画像データの利活用やメタデータ流通を効率的に行うため各種外部Webサービスとの連携を視野に入れている。そのため標準規格となるIIIFやWeb API, JSON-LDへの対応を行い、Web上での流通の試験中である。将来的には一般的な画像検索サービスを通じてソーシャルメディア(FlickerやInstagramなど)や各種クラウドサービス上での検索や共有などの流通の強化について対応予定である。本研究発表では、研究機関による画像データの公開の推進に期待されるデータ流通への効果と、ソーシャルメディアや検索エンジンとの連携強化に期待をしている事を紹介する。

キーワード：画像検索、データ流通、Omeka、極域、IIIF、Web API
Keywords: Image Search, Data Dissemination, Omeka, Polar Region, IIIF, Web API

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本地理学会のツイッターアカウントの開設と初期運用
Twitter account of the Association of Japanese Geographers: History of establishment and operation

*小口 高[1]、西村 雄一郎[2]、河本 大地[3]、新名 阿津子[4]、齋藤 仁[5]
*Takashi Oguchi[1], Yuichiro Nishimura[2], Daichi Kohmoto[3], Atsuko Niina[4], Hitoshi Saito[5]

1. 東京大学空間情報科学研究センター、2. 奈良女子大学人文科学系研究院、3. 奈良教育大学、4. 伊豆半島ジオパーク推進協議会、5. 関東学院大学経済学部
1. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, 2. Division of Humanities and Social Sciences, Nara Women's University, 3. Nara University of Education, 4. Izu Peninsula Geopark Promotion Council, 5. College of Economics, Kanto Gakuin University

日本地理学会が運用しているツイッターアカウント（@ajgeog）は約1万5千人がフォローしており、諸学会のアカウントの中でも知名度が高く、一定の影響力を持っている。このアカウントは多くの学会のアカウントとは異なり、地理学に関連した一般的なツイートを多数リツイートしたり、フォローを返したりすることが多い。アカウントの運用は同学会の広報専門委員会が担当しており、過去5年間以上にわたり地理学に関する情報の伝達に継続的に寄与してきた。本発表では、2012年9月の同アカウントの開設と、その後の初期運用において中心的な役割を担った5名が、当時の経緯と背後で行われていた議論の内容を紹介する。

キーワード：日本地理学会、ツイッター、歴史
Keywords: Association of Japanese Geographers, Twitter, History

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

茨城県北ジオパーク構想におけるJGC認定取り消し後のSNSの活用
Utilization of SNS for the North-Ibaraki Geopark Plan after canceling the certification of JGC

*天野 一男[1]、細井 淳[2]
*Kazuo Amano[1], Jun Hosoi[2]

1. 日本大学文理学部自然科学研究所、2. 産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. The Institute of Natural Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon Univ., 2. Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

「茨城県北ジオパーク」は，2017年に日本ジオパークネットワーク(JGN)のメンバーの認定を日本ではじめて取り消された。現時点で，認定取り消しになった唯一のジオパークである。現在は，早期の再認定をめざして「茨城県北ジオパーク構想」として，活動を継続的に展開している。認定取り消しの理由について虚心坦懐に分析することは，茨城県北ジオパークの再認定に向けても重要であるが，日本におけるジオパークのあり方について考える際にもさまざまな示唆を与えるものと考える。本講演では，再認定に向けた活動の内，SNSの活用に焦点をしぼって報告する。

茨城県北ジオパーク構想で使われている主なSNSは，Website, Twitter, Facebook, Facebook Pageである。推進協議会公式のものは，WebsiteとTwitterで，FacebookとFacebook Pageは，非公式のものである。公式のWebsite，Twitterでは，基本的には推進協議会で決定した事項にしたがった報告がなされている。Twitterは，早い情報提供をめざして，ジオツアーの予告，報告を中心に活用している。正規の情報提供の道具としては効果的であった。一方，非公開のFacebookでは，かなり自由な議論が展開されている。非公開のFacebookで，公開しても問題のないテーマについては，非公式のFacebook Pageで報告した。このFacebook Pageは，推進協議会の公式のものでないため，投稿者の自由な意見が反映されていて興味深い。組織の公式のSNSと非公式のSNSの特性を把握した上で，両者を組み合わせて活用してきた。

非公開のSNSでは，ジオパークのしくみ，認定制度のあり方，自治体の関わり方，市民の関わり方など議論が展開されてきた。これらについて主要なものについて報告し，今後の日本のジオパークのあり方についても議論したい。

キーワード：SNS、茨城県北ジオパーク、日本ジオパークネットワーク
Keywords: SNS, North Ibaraki Geopark, Japan Gepark Network

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

[M-GI36] ソーシャルメディアと地球惑星科学

コンビーナ:天野 一男(茨城大学理学部地球生命環境科学科)、小口 高(東京大学空間情報科学研究センター)、伊藤 昌毅(東京大学生産技術研究所)、山本 佳世子(国立大学法人　電気通信大学)

ソーシャルメディアは、研究情報の収集や研究の推進に活用されているばかりでなく、研究成果の社会へのアウトリーチなどにも大いに利用されている。本セッションは、2011年以降毎年開催され、今回で9回目になる。本年もソーシャルメディアの急速な発展を踏まえつつ、従来の事例紹介・手法の開発・レビュー・意見表明などに加えて、環境問題・防災対策等への応用にまでテーマを広げ、学際的な議論を展開したい。幅広い分野にわたる発表を歓迎する。

[MGI36-P01] 防災チャットボットの研究開発

*東 宏樹[1]、萩行 正嗣[2]、大竹 清敬[3] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.株式会社ウェザーニューズ、3.国立研究開発法人情報通信研究機構)

[MGI36-P02] 極地研究所における画像プラットフォームとソーシャルメディアとの連携

*照井 健志[1]、南山 泰之[2]、肥田野 正輝[3] (1.国立極地研究所、2.東京財団政策研究所、3.インフォ・ラウンジ株式会社)

[MGI36-P03] 日本地理学会のツイッターアカウントの開設と初期運用

*小口 高[1]、西村 雄一郎[2]、河本 大地[3]、新名 阿津子[4]、齋藤 仁[5] (1.東京大学空間情報科学研究センター、2.奈良女子大学人文科学系研究院、3.奈良教育大学、4.伊豆半島ジオパーク推進協議会、5.関東学院大学経済学部)

[MGI36-P04] 茨城県北ジオパーク構想におけるJGC認定取り消し後のSNSの活用

*天野 一男[1]、細井 淳[2] (1.日本大学文理学部自然科学研究所、2.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

防災チャットボットの研究開発
Research and Development on Chatbot for Disaster Response

*東 宏樹[1]、萩行 正嗣[2]、大竹 清敬[3]
*Hiroki Azuma[1], Masatsugu Hangyo[2], Kiyonori Ohtake[3]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 株式会社ウェザーニューズ、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Weathernews Inc., 3. National Institute of Information and Communications Technology

災害時には、災害対応機関の人的・時間的リソースが限られる。このためソーシャルメディア等のICT技術を活用した効率的な災害対応が求められる。本研究では、大きく分けて二つの課題に取り組む。一つ目は、防災チャットボットが被災者との対話を通して、様々な被災状況を収集し、自動で要約し災害対応機関に提供するシステムの開発である。二つ目は、防災チャットボットが被災者との対話を通して得た、被災者の状況に基づき、被災者一人ひとりに最適化された情報を被災者に提供するシステムの開発である。本発表では、技術的背景とともに、ソーシャルメディア活用技術の社会実装の事例として、本研究テーマを紹介する。

キーワード：災害対応、チャットボット、社会実装
Keywords: Disaster response, Chatbot, Social implementation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

第2期SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」

共同研究開発機関：株式会社ウェザーニューズ
国立研究開発法人情報通信研究機構

対話型災害情報流通基盤の研究開発



2018年度～ 防災チャットボットをつくっています。



【研究の概要】
●個人が避難や活動に必要な情報をスマホ等での対話システムを介して入手・提供できるようにすることで、迅速・確実な避難を実現するとともに、その情報に基づいて災害対応機関の業務を効率化する情報流通基盤を研究開発する。
●①個人の状況・要望に応じて情報提供する技術（個人適応型対話技術）、②社会動態を観測する情報収集・要約技術（対話からの社会動態抽出技術）を開発し、個人との自動対話システムとして確立する。



●各種災害情報と発話情報の融合処理と、対話を介することで誤情報等を排除しながら効果的に情報収集を行い、社会動態として抽出

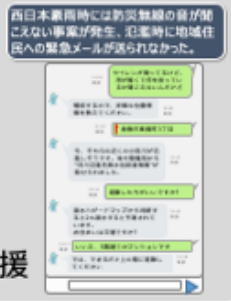
●LINE等、普段使いのメッセージングアプリ等で数十万人規模で実現



防災チャットボットはどんな課題を解決するの？

こんなことを実現する予定です。

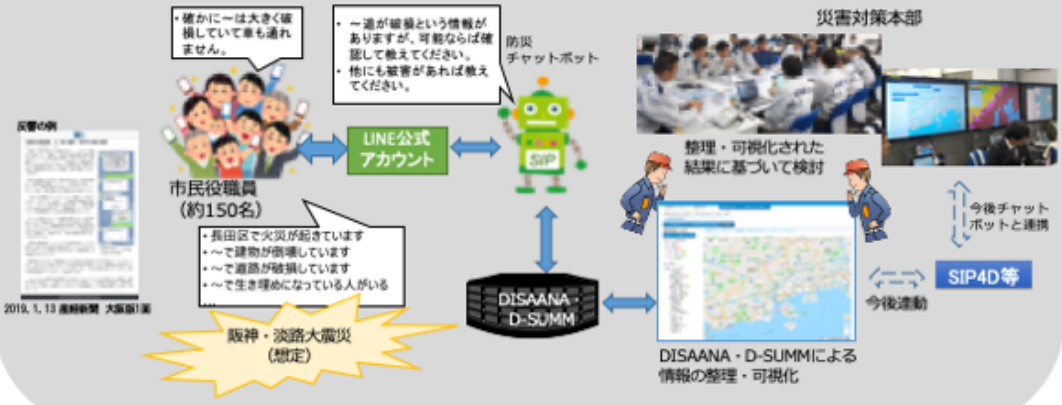
- 国民一人ひとりに最適化された避難等の支援
- 逐次変化する状況/要望に合わせた最適な情報提供
- 従来のセンサーでは得られなかった情報の取得
- 大量の個別要望等を短時間に自動処理し、人的資源が不足する災害対応機関の業務効率化を支援



すでに始まっている取り組みを教えて

神戸市での実証実験（2018.12.21）をおこないました。

- SIP第2期で開発中の防災チャットボットのプロトタイプを用いてコンセプトを実証しました
- 防災チャットボットの有用性を確認しました
- 神戸の震災で救援の対応をされた経験のある危機管理室長から、「大変わかりやすく、阪神淡路大震災の時とは隔世の感がある」とコメントをいただきました



NIED 国立研究開発法人 防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

極地研究所における画像プラットフォームとソーシャルメディアとの連携
Collaboration between NIPR image platform service and social media

*照井 健志[1]、南山 泰之[2]、肥田野 正輝[3]
*Takeshi Terui[1], Yasuyuki Minamiyama[2], Masaki Hidano[3]

1. 国立極地研究所、2. 東京財団政策研究所、3. インフォ・ラウンジ株式会社
1. National Institute of Polar Research, 2. Tokyo Foundation for Policy Research, 3. Info Lounge Corporation

国立極地研究所では南極・北極観測の歴史を記録した画像データ及びそのメタデータの公開プラットフォームを開発中である。NIPR Image Archive (https://image.nipr.ac.jp)として試験的に公開されている。画像プラットフォームで公開される画像は南極・北極における記録写真や映像が含まれており、両極における日本の公的活動を記録してきた画像データである。これらの画像データの利活用やメタデータ流通を効率的に行うため各種外部Webサービスとの連携を視野に入れている。そのため標準規格となるIIIFやWeb API, JSON-LDへの対応を行い、Web上での流通の試験中である。将来的には一般的な画像検索サービスを通じてソーシャルメディア(FlickerやInstagramなど)や各種クラウドサービス上での検索や共有などの流通の強化について対応予定である。本研究発表では、研究機関による画像データの公開の推進に期待されるデータ流通への効果と、ソーシャルメディアや検索エンジンとの連携強化に期待をしている事を紹介する。

キーワード：画像検索、データ流通、Omeka、極域、IIIF、Web API
Keywords: Image Search, Data Dissemination, Omeka, Polar Region, IIIF, Web API

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本地理学会のツイッターアカウントの開設と初期運用
Twitter account of the Association of Japanese Geographers: History of establishment and operation

*小口 高[1]、西村 雄一郎[2]、河本 大地[3]、新名 阿津子[4]、齋藤 仁[5]
*Takashi Oguchi[1], Yuichiro Nishimura[2], Daichi Kohmoto[3], Atsuko Niina[4], Hitoshi Saito[5]

1. 東京大学空間情報科学研究センター、2. 奈良女子大学人文科学系研究院、3. 奈良教育大学、4. 伊豆半島ジオパーク推進協議会、5. 関東学院大学経済学部
1. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, 2. Division of Humanities and Social Sciences, Nara Women's University, 3. Nara University of Education, 4. Izu Peninsula Geopark Promotion Council, 5. College of Economics, Kanto Gakuin University

日本地理学会が運用しているツイッターアカウント（@ajgeog）は約1万5千人がフォローしており、諸学会のアカウントの中でも知名度が高く、一定の影響力を持っている。このアカウントは多くの学会のアカウントとは異なり、地理学に関連した一般的なツイートを多数リツイートしたり、フォローを返したりすることが多い。アカウントの運用は同学会の広報専門委員会が担当しており、過去5年間以上にわたり地理学に関する情報の伝達に継続的に寄与してきた。本発表では、2012年9月の同アカウントの開設と、その後の初期運用において中心的な役割を担った5名が、当時の経緯と背後で行われていた議論の内容を紹介する。

キーワード：日本地理学会、ツイッター、歴史
Keywords: Association of Japanese Geographers, Twitter, History

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

茨城県北ジオパーク構想におけるJGC認定取り消し後のSNSの活用
Utilization of SNS for the North-Ibaraki Geopark Plan after canceling the certification of JGC

*天野 一男[1]、細井 淳[2]
*Kazuo Amano[1], Jun Hosoi[2]

1. 日本大学文理学部自然科学研究所、2. 産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. The Institute of Natural Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon Univ., 2. Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

「茨城県北ジオパーク」は，2017年に日本ジオパークネットワーク(JGN)のメンバーの認定を日本ではじめて取り消された。現時点で，認定取り消しになった唯一のジオパークである。現在は，早期の再認定をめざして「茨城県北ジオパーク構想」として，活動を継続的に展開している。認定取り消しの理由について虚心坦懐に分析することは，茨城県北ジオパークの再認定に向けても重要であるが，日本におけるジオパークのあり方について考える際にもさまざまな示唆を与えるものと考える。本講演では，再認定に向けた活動の内，SNSの活用に焦点をしぼって報告する。

茨城県北ジオパーク構想で使われている主なSNSは，Website, Twitter, Facebook, Facebook Pageである。推進協議会公式のものは，WebsiteとTwitterで，FacebookとFacebook Pageは，非公式のものである。公式のWebsite，Twitterでは，基本的には推進協議会で決定した事項にしたがった報告がなされている。Twitterは，早い情報提供をめざして，ジオツアーの予告，報告を中心に活用している。正規の情報提供の道具としては効果的であった。一方，非公開のFacebookでは，かなり自由な議論が展開されている。非公開のFacebookで，公開しても問題のないテーマについては，非公式のFacebook Pageで報告した。このFacebook Pageは，推進協議会の公式のものでないため，投稿者の自由な意見が反映されていて興味深い。組織の公式のSNSと非公式のSNSの特性を把握した上で，両者を組み合わせて活用してきた。

非公開のSNSでは，ジオパークのしくみ，認定制度のあり方，自治体の関わり方，市民の関わり方など議論が展開されてきた。これらについて主要なものについて報告し，今後の日本のジオパークのあり方についても議論したい。

キーワード：SNS、茨城県北ジオパーク、日本ジオパークネットワーク
Keywords: SNS, North Ibaraki Geopark, Japan Gepark Network

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:本多 嘉明

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。
この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TF）」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。
ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

9:00 ~ 9:05

Introduction

9:05 ~ 9:20

[MSD44-01] 気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム

*三好 建正[1]、小槻 峻司[1]、寺崎 康児[1]、大塚 成徳[1]、本田 匠[1]、岡崎 淳史[1]、高玉 孝平[1] (1.理化学研究所)

9:20 ~ 9:35

[MSD44-02] 次世代降水観測レーダの技術実証ミッション

*牛尾 知雄[1]、井口 俊夫[2]、中村 健治[4]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、上土井 大介[3] (1.首都大学東京（東京都立大学）、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.獨協大学)

9:35 ~ 9:50

[MSD44-03] 災害およびモニタリングへの公共インフラとしてのベースマップ作成ミッション

*石塚 直樹[1] (1.日本リモートセンシング学会)

9:50 ~ 10:05

[MSD44-04] 多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視，同化予測および再解析プロダクトの作成

*弓本 桂也[1,2]、眞木 貴史[2]、田中 泰宙[2]、関山 剛[2]、竹村 俊彦[1] (1.九州大学、2.気象研究所)

10:05 ~ 10:20

[MSD44-05] 衛星搭載多波長偏光高スペクトル分解ライダーによる全球エアロゾル・雲観測

*西澤 智明[1]、岡本 創[2]、石井 昌憲[3]、神 慶孝[1] (1.国立環境研究所、2.九州大学、3.情報通信研究機構)

10:20 ~ 10:30

Discussion

気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム

Experimental platform for design and advance evaluation of frequent satellite observations to innovate weather, ocean and land surface predictions

*三好 建正[1]、小槻 峻司[1]、寺崎 康児[1]、大塚 成徳[1]、本田 匠[1]、岡崎 淳史[1]、高玉 孝平[1]
*Takemasa Miyoshi[1], Shunji Kotsuki[1], Koji Terasaki[1], Shigenori Otsuka[1], Takumi Honda[1], Atsushi Okazaki[1], Kohei Takatama[1]

1. 理化学研究所
1. RIKEN

天気予報、水文災害予測や水産資源の維持管理等の実応用のために、衛星によってどのような物理量をどの程度の頻度で観測することが有効か、データ同化技術により衛星計画の事前評価を行う仮想実験プラットフォームを開発する。発表者らは、主に気象学に関する数値計算シミュレーションと観測データを最適に繋ぐデータ同化研究で、スーパーコンピュータ「京」や衛星ひまわり8号などの最先端技術を駆使して世界をリードしてきた。これにより、ひまわり8号の10分毎の高頻度観測により台風や集中豪雨の大幅予測改善が得られ、30分毎では不十分であることが分かった。高頻度観測は、海洋や陸面の予測にも有効だと期待できる。そこで本ミッションは、気象・海洋・陸面予測革新のため，準天頂軌道衛星や多数の小型低高度軌道衛星など日本域を高頻度に観測する衛星観測網の可能性を探るため、先端的データ同化技術を駆使した衛星計画事前評価のための仮想実験プラットフォームを開発する。これにより、費用対効果の高い衛星ミッションの実現に貢献する。

キーワード：衛星観測計画、仮想数値実験、データ同化
Keywords: satellite mission planning, numerical simulation experiment, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

次世代降水観測レーダの技術実証ミッション
Technology demonstration mission for next generation precipitation observation radars

*牛尾 知雄[1]、井口 俊夫[2]、中村 健治[4]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、上土井 大介[3]
*Tomoo Ushio[1], Toshio Iguchi[2], Kenji Nakamura[4], Kinji Furukawa[3], Riko Oki[3], Daisuke Jodoi[3]

1. 首都大学東京（東京都立大学）、2. 情報通信研究機構、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 獨協大学
1. Tokyo Metropolitan University, 2. NICT, 3. JAXA, 4. Dokkyo University

We have studied doppler velocity measurement for precipitation particles using a precipitation observation radar in a low Earth orbit as a post-mission of Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) on the Global Precipitation Measurement (GPM) core satellite. Also, we have studied Geostationary Precipitation Radar (GPR) which can observe precipitation continuously and flexibly from a geostationary orbit as a future mission. In this study, we have studied the method which can separate precipitation echoes from ground/sea clutters by the doppler velocities in order to observe high latitude areas. Therefore, we need to verify the feasibility of the doppler velocity measurement for precipitation particles. Additionally, we need to improve antenna performance drastically in order to observe precipitation from a geostationary orbit which is far away from a low Earth orbit. Therefore, we need to verify the feasibility of upsizing an antenna for the GPR.

Based on the above background, the purpose of the proposed mission is to demonstrate that it is possible to measure the doppler velocity of precipitation particles from an orbit by a pulse compression radar using a planar antenna and to operate antenna deployment and connection mechanisms normally in an orbit. Also, we aim to get data regarding antenna deployment behavior and structural characteristics.

We consider the value of the proposed mission as follows. Firstly, the value of the doppler velocity measurement demonstration is as follows.
This demonstration contributes to realize post-GPM/DPR mission. If the doppler velocity measurement becomes possible in the mission, it is expected to understand the mechanical structure of a precipitation system globally and to improve the accuracy of weather and flood forecasts. This demonstration contributes to realize the GPR mission. If the GPR becomes possible, it is expected to identify the forming process of a typhoon and to improve the accuracy of weather and flood forecasts.
Next, the value of the antenna deployment and connection demonstration is as follows.
This demonstration contributes to improve the performance of satellite antennas for earth observation, communication, radio astronomy, disaster monitoring, national security, etc. because the deployment and connection mechanisms make it possible to enlarge planar antennas. This demonstration contributes to realize innovative missions like the GPR because the deployment and connection mechanisms make it possible to construct a 30-m-class large planar antenna. The deployment and connection mechanisms have the potential to construct super large space structures like Space Solar Power Systems (SSPS).
We consider the feasibility of the proposed mission as follows. When we assume that the size of a demonstration system is 1.2m x 2.2m x 0.7m in storage state and 1.2m x 2.2m x 4.4m in deployment state, we expect that the system meets the installation condition for HTV-X which has been developed as a post-KOUNOTORI (HTV) by JAXA. Also, as a result of thermal analysis for the system, we expect that the system meets the thermal condition for HTV-X. Furthermore, we demonstrated that it is possible to operate the half size deployment and connection mechanisms of the system normally by a ground

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

experiment in FY2017.
As future works, we will study the feasibility of the doppler velocity measurement from the aspect of HTV-X attitude control performance. Also, we will improve the function and performance of the deployment and connection mechanisms.

キーワード：降水観測レーダ、技術実証、ドップラー速度、展開アンテナ、GPM/DPR後継
Keywords: Precipitation Radar, Technology Demonstration, Doppler Velocity, Deployable Antenna, GPM/DPR Follow on

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

災害およびモニタリングへの公共インフラとしてのベースマップ作成ミッション
Mission of creating base maps as public infrastructures for disaster and monitoring

*石塚 直樹[1]
*ISHITSUKA Naoki[1]

1. 日本リモートセンシング学会
1. The Remote Sensing Society of Japan

我が国として実現すべき衛星地球観測ミッションとして、災害対応・ベースマップおよび環境モニタリングに関するミッションを提案する。

本提案のミッションの目的は、大規模災害時の観測およびベースマップ作製、ならびに長期・継続的な定量的モニタリングによる地球資源の監視・解明である．ALOSの系譜となる光学およびSARセンサは高い空間分解能で観測することにより，基盤情報（土地被覆、地形、標高）、防災・減災（変化抽出、地盤変動、浸水、不法投棄）、農林水産業（精密農業、食料安全保障、森林、漁業）、エネルギー（地質、埋蔵量、資源管理、汚染監視）、気候変動（氷河、流氷、洪水）、環境（沿岸環境、炭素ストック）など実利用的なものから、地球科学にいたるまで多岐にわたる分野で利用されてきている。

Landsatシリーズが高く評価されるのは、継続性によるところも大きい。地球温暖化による環境変動、地球資源（鉱物資源、生物資源、水資源など）の長期モニタリングという観点からも、高分解能センサを搭載したALOSシリーズの途絶えない継続が望まれ、結果的にプレゼンス向上に繋がると考える。

光学に関しては、日本が優位性を有する数m～サブメートル級の高分解能画像を数十kmという広範囲で観測する性能が必要である。さらに、常時立体視機能の後継機による復活が望まれる。SARについては、DBF技術による数m解像度で数百kmといった広域の高分解能観測が継続可能と考える。

併せて、データ伝送の高速化、データオンボード処理、データ中継衛星などや地上局といったデータダウンリンク環境も含めた通信インフラの整備、データ圧縮技術の基礎研究なども併せて取り組んでいくことが重要であり、宇宙システムとしての検討が必要である。

また、観測頻度確保のために、機数の増大やコンステレーション、広観測幅、姿勢マヌーバなどの従来技術の検討を進めるとともに、革新的な解決方法として、静止軌道衛星からの高分解能観測などについても検討を進める必要がある。

キーワード：高空間分解能、広域観測、ALOSシリーズ
Keywords: High resolution, wide swath, ALOS series

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視，同化予測および再解析プロダクトの作成

Aerosol monitoring, forecasting and estimate of its impacts with multispectral imager data

*弓本 桂也[1,2]、眞木 貴史[2]、田中 泰宙[2]、関山 剛[2]、竹村 俊彦[1]
*Keiya Yumimoto[1,2], Takashi Maki[2], Taichu Y Tanaka[2], Thomas Sekiyama[2], Toshihiko Takemura[1]

1. 九州大学、2. 気象研究所
1. Kyushu University, 2. Meteorological Research Institute

自然現象や人為活動によって発生する大気エアロゾルは，大気環境のみならず，気候・海洋・陸域生態系および人の健康等，多岐にわたって影響を与えている。これらの実態把握，被害軽減のため，以下の様な研究・取り組みが行われている。

(1) モニタリング：大気環境および気候変動の進行状況の監視（エアロゾルの時空間分布の把握）
(2) 同化予測：PM2.5および黄砂等の短期間予測による（早期警戒による社会・健康被害の軽減）
(3) 気候データ：再解析プロダクト等の長期気候データセットの作成（気候影響評価や疫学研究等への貢献）

これらの中で，多波長光学イメージャ（近紫外～近赤外）による観測は核をなす部分であり，欠かすことが出来ない。地球システムの一部である大気エアロゾルの把握および影響評価を継続的に，より正確に行うために，多波長光学イメージャによる観測の継続が必要である。

キーワード：エアロゾル、衛星観測
Keywords: Aerosol, Satellite observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星搭載多波長偏光高スペクトル分解ライダーによる全球エアロゾル・雲観測

Global aerosol and cloud observation by space-borne multi-wavelength polarization high-spectral-resolution lidar

*西澤 智明[1]、岡本 創[2]、石井 昌憲[3]、神 慶孝[1]
*Tomoaki Nishizawa[1], Hajime Okamoto[2], Syoken Ishii[3], Yoshitaka Jin[1]

1. 国立環境研究所、2. 九州大学、3. 情報通信研究機構
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Kyushu University, 3. National Institute of Information and Communication Technology

高スペクトル分解ライダー技術（High spectral resolution lidar (HSRL)技術）と偏光測定技術を複合利用した、多波長偏光HSRLによるエアロゾル・雲（以下、大気粒子）の鉛直プロファイルの衛星全球観測を提案する。紫外・可視・近赤外波長域における多波長（355、532、1064nm）での偏光・HSRL測定を実現し、大気粒子の多波長・多パラメータ同時測定を行う。

既存の衛星ライダー観測に比して倍以上の観測情報を有した、大気粒子の全球３次元（鉛直＋水平）分布を得ることにより、多種多様にわたる大気粒子の光学・微物理特性（消散係数、粒径分布、化学種など）の同時把握を実現し、これまでにない量的・質的に確かな大気粒子情報を獲得する。これらの全球３次元大気粒子データと数値モデル（エアロゾル化学輸送モデル、雲解像モデル等）を複合利用した観測・モデル研究により、エアロゾル・雲相互作用のプロセス理解の高度化、大気粒子の気候影響評価の不確実性の低減、気候変動予測精度の向上が見込まれる。また、大気粒子の気候影響だけではなく、大気質を悪化させるエアロゾル（火山噴煙、黄砂、バイオマス燃焼粒子、大気汚染粒子等）の輸送・拡散の監視・予測やそれらの影響評価（健康、植生への影響等）への活用も見込まれる。これらの科学的知見の向上は、地球温暖化問題の解決に向けた国際的な合意形成や国内外での環境施策の高度化への貢献となる。

本提案のライダーは、CALIPSO衛星搭載ライダーCALIOP（2006年以降、現在も運用中）やEarthCARE衛星搭載ライダーATLID（2021年打ち上げ予定、運用計画は３年）による国際的な全球大気粒子ライダー観測ミッションの後継センサーとしての役割も担うものであり、EarthCARE以降計画のない衛星搭載ライダーによる全球大気粒子の国際観測ミッションを牽引するものともなる。本提案では、地上で開発が進められている多波長HSRL技術の応用と、植生ライダーMOLIミッションで確立される宇宙でのレーザー・ライダー技術を発展させることで、本提案で必須となる宇宙でのより高度なレーザー技術（単一波長・高出力レーザーの多波長同時発振技術）とライダー技術（干渉計による多波長高スペクトル分解技術）を実現する。これらのレーザー・ライダー技術は、ライダーによる気象要素測定（気温、風速、水蒸気など）の根幹技術でもある。よって、本提案は宇宙からの気象要素測定ライダーの技術開発への架け橋ともなっている。

キーワード：衛星ライダー、エアロゾル、雲、高スペクトル分解ライダー、多波長
Keywords: Space-borne lidar, Aerosols, Clouds, HSRL, multi-wavelength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:浅井 和弘(東北工業大学)、木村 俊義(宇宙航空研究開発機構)

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。
この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TF）」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。
ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

10:45 ~ 11:00

[MSD44-06] 雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション

*岡本 創[1]、鈴木 健太郎[2]、西澤 智明[3]、石井 昌憲[4] (1.九州大学、2.東京大学、3.国立環境研究所、4.情報通信研究機構)

11:00 ~ 11:15

[MSD44-07] 数値予報精度向上のための衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測

*石井 昌憲[1]、岡本 幸三[2,1]、久保田 拓志[3]、佐藤 篤[4,1]、境澤 大亮[3]、西澤 智明[5]、松本 紋子[6]、津上 哲也[6]、石橋 俊之[2]、田中 宙中[2]、Philippe Baron[1]、青木 誠[1]、沖 理子[3]、佐藤 正樹[7]、岩崎 俊樹[8] (1.情報通信研究機構、2.気象庁気象研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東北工業大学、5.国立環境研究所、6.ANAホールディングス株式会社、7.東京大学、8.東北大学)

11:15 ~ 11:30

[MSD44-08] 衛星搭載水蒸気分布観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証

*阿保 真[1]、長澤 親生[1]、柴田 泰邦[1]、内野 修[2]、柴田 隆[3] (1.首都大学東京大学院システムデザイン研究科、2.国立環境研究所、3.名古屋大学)

11:30 ~ 12:00

[MSD44-09] ポスターセッションのショートプレゼンテーション

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

12:00 ~ 12:15

Discussion

雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション
Dual-Doppler-velocity-mission using cloud radar and lidar

*岡本 創[1]、鈴木 健太郎[2]、西澤 智明[3]、石井 昌憲[4]
*Okamoto Hajime[1], Kentaroh Suzuki[2], Tomoaki Nishizawa[3], Shoken Ishii[4]

1. 九州大学、2. 東京大学、3. 国立環境研究所、4. 情報通信研究機構
1. Kyushu University, 2. The university of Tokyo, 3. National Instuitute for Environmental Studies, 4. National Institute of Information and Communications Technology

Dual-Doppler velocity measuring mission from space-borne cloud radar and lidar is proposed. 94GHz cloud radar and lidar with Doppler function will measure three-dimensional air motion in clouds as well as in clear sky, respectively. High spectral resolution functions at 355nm and 532nm with polarization are planned to distinguish cloud particle type and aerosols. The lidar will have multiple field of views in order to penetrate relatively thick clouds. Since the radar will have capability to observe clouds and lidar will measure aerosols, it will be a successor mission to CloudSat and CALIPSO launched in 2006 and EarthCARE satellite in 2021. The mission will also serve to construct continuous records of clouds and aerosols for climate change studies.

キーワード：ドップラー、雲レーダ、ライダ、雲、風
Keywords: Doppler, cloud radar, lidar, clouds, wind

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

数値予報精度向上のための衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測

Global wind profiling with space-based Doppler wind lidar for improvement of numerical weather prediction

*石井 昌憲[1]、岡本 幸三[2,1]、久保田 拓志[3]、佐藤 篤[4,1]、境澤 大亮[3]、西澤 智明[5]、松本 紋子[6]、津上 哲也[6]、石橋 俊之[2]、田中 宙中[2]、Philippe Baron[1]、青木 誠[1]、沖 理子[3]、佐藤 正樹[7]、岩崎 俊樹[8]
*Shoken Ishii[1], Kozo Okaoto[2,1], Takuji Kubota[3], Atsushi Sato[4,1], Daisuke Sakaizaw[3], Tomoaki Nishizawa[5], Ayako Matsumoto[6], Tetsuya Tugami[6], Toshiyuki Ishibashi[2], Taichu Y Tanaka[2], Philippe Baron[1], Makoto Aoki[1], Riko Oki[3], Masaki Satoh[7], Toshiki Iwasaki[8]

1. 情報通信研究機構、2. 気象庁気象研究所、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 東北工業大学、5. 国立環境研究所、6. ANAホールディングス株式会社、7. 東京大学、8. 東北大学
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. JMA/MRI, 3. JAXA, 4. TIT, 5. NIES, 6. ANA, 7. University of Tokyo, 8. Tohoku University

数値予報において衛星観測システムの役割は、年々大きくなるばかりである。しかし、現在の衛星観測システムは、風観測に比べて温度や水蒸気に関連した観測に偏重しているという課題がある。また、既存の衛星風観測システムは、高い時間分解能で広範囲を面状に観測できるが、風速観測精度や高度分解能は十分ではない。世界気象機関は，WMO technical report 2012-1において「気象予測精度をさらに向上するために、全球規模で風の高度分布を得ることが出来るセンサーの開発が望まれる」と述べている。レーザを用いるドップラー風ライダー（Doppler Wind Lidar：DWL）は、衛星軌道に沿った狭い範囲の観測ではあるものの、高精度かつ高い分解能で風の高度分布が得られることから、現在の衛星観測システムの問題点（透き間）を解決する能動型光センサーとして期待されている。ESAは2018年8月に世界初の衛星搭載ドップラー風ライダーAeolusを打ち上げた。Aeolusはミッション期間が3年間であるため、次のドップラー風ライダーが期待される。日本でも衛星搭載度ドップラー風ライダーを実現するために、2011年度より、情報通信研究機構、宇宙航空研究開発機構、気象庁・気象研究所I、大学他とともに、衛星搭載ドップラー風ライダーのシステム検討や数値予報への影響評価を実施し、衛星搭載化の知見を取り込み、より技術的実現性が高まっている。また、2017年度に、内閣府の宇宙ビジネス促進イベント「S-Booster」にて、衛星搭載度ドップラー風ライダーの観測データを航空航路最適化に用いるというANAホールディングス社のの社員による提案が大賞を受賞しており、衛星搭載ドップラー風ライダーに社会的注目が集まっている。本提案は、ドップラー風ライダーによる風の高度分布の全球観測を実現し数値予報の精度向上を目的としている。また、気象による自然災害発生や気候変動のメカニズムの分析を通して台風・集中豪雨等の予報精度を向上させることを目的とする。そして、宇宙データの利活用の観点から数値予報の風精度向上による航空機の飛行経路や高度最適化による燃料削減やCO_2削減に資することを目的とする。

キーワード：ライダー、ドップラー風ライダー、衛星観測、全球風高度分布
Keywords: Lidar, Doppler Wind Lidar, space-based observation, global wind profiling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星搭載水蒸気分布観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証
Technology demonstration of space-borne water vapor DIAL

*阿保 真[1]、長澤 親生[1]、柴田 泰邦[1]、内野 修[2]、柴田 隆[3]
*Makoto Abo[1], Chikao Nagasawa[1], Yasukuni Shibata[1], Osamu Uchino[2], Takashi Shibata[3]

1. 首都大学東京大学院システムデザイン研究科、2. 国立環境研究所、3. 名古屋大学
1. Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Nagoya University

世界的な水蒸気分布データの質の向上は、長期の気候変動解析と短期の数値予報のどちらにも有用である。現在の水蒸気計測は、地表面や船での直接測定、ラジオゾンデ観測、地上リモートセンシングシステム（ライダー、分光計、GPSによるトータル量測定）、衛星による受動的な赤外線とマイクロ波センサーによる測定が行われているが、地表面観測は鉛直方向のカバーレンジが、ラジオゾンデと地上リモートセンシングでは水平方向のカバーレンジが、受動センサーでは鉛直分解能に問題がある。さらにこれらを組み合わせたとしても、上部対流圏・下部成層圏の境界領域に空白域が生じる。したがって、現状ではグローバルな水蒸気循環を精度よく定量的に評価するには、精度、鉛直分解能及びカバーレンジとも不足している。

地球の3分の2が海であることから、宇宙からのリモートセンシングが水平、垂直及び時間分解能を確保する唯一の方法である。しかし、従来は大気の循環を決める風と温度の計測が優先され、水蒸気の計測は進んでいない。現在の数値モデルでは、対流圏の1kmの層を1.5Kの精度で再現できるが、対照的に比湿の６時間予報値の相対誤差は20-40%になる (English 1999) 。全地球大気モデルの鉛直分解能は境界層附近の100mから成層圏の1kmの間にあるが、現在のリモートセンシング水蒸気観測データはこれより荒く、逆に水蒸気や雲はしばしばこれより狭い層構造を形成する。

衛星搭載水蒸気差分吸収ライダー（DIAL: Differential absorption lidar）は以下のような特徴がある。①高精度、低バイアス、高鉛直分解能で水蒸気の高度プロファイルが地上から上部対流圏、下部成層圏まで得られる。②水蒸気の各高度プロファイルにエラープロファイルが得られる。③低温領域で測定が困難なラジオゾンデと異なり、どんな温度領域でも湿度が得られる。④光学的厚さの小さい雲では、雲底から雲頂までの水蒸気プロファイルが得られる。⑤水蒸気、雲頂高度、エアロゾルの光学的厚さ、境界層高度などの情報が同時に得られる。⑥他のリモートセンシング測定法では問題となる、他のパラメータの影響（例えば表面の放射率、温度プロフィール、他のガスの濃度、エアロゾル）に鈍感であるため、他の赤外線やマイクロ波のパッシブリモートセンシング機器の校正に利用できる。これは、特にモデルのバイアス誤差の検出に有効となる。⑦厚い雲の雲頂より低高度は測定できない。⑧高い水平分解能・時間分解能データは軌道直下のみという制約がある。このように制約はあるが他の測定法にない特徴が多くあるため、相補的な利用が有効である。

水蒸気のライダーによる観測手法としては、これまで波長760nm及び820nm付近の吸収線を利用した水蒸気DIALの開発が行なわれてきた。NASAではLASEとして航空機搭載水蒸気DIALの実用化が行われ、多くの成果を得ている(Browell et al. 1998)。また、ESAではWALES（Water Vapour Lidar Experiment in Space）と呼ばれる衛星搭載水蒸気DIALが提案されたが、現時点で具体的な計画はない。我々（Nagasawa et al. 1995）もこれまで、この波長帯を利用した航空機搭載水蒸気DIALの開発をJAXAとともに行なってきた。また、Wulfmeyer and Walther(2001)は波長945nmまたは1.4μmの吸収線を用いた航空機水蒸気DIALを提唱した。これは、波長が長い程水蒸気の吸収が強いことを利用して希薄な水蒸気の測定を可能にする近赤外領域まで感度の良い光検出器が実用化されてきたことと高出力なレーザーが開発されてきたことに連動している。

衛星搭載と対流圏界面高度の水蒸気量の観測を考慮した場合は、レーザーの効率が良く、かつより吸収量の大きい945nm又は1350nm付近の吸収線を利用した水蒸気測定用DIALを提案する。測定誤差のシ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ミュレーションより高度分解能1km、地表付近から高度20kmまで、３つの吸収線を用いることにより誤差10%以下で計測可能である。また、ライダーで技術的に最も困難なレーザー光源については、1.57μmのCO2-DIALの技術で開発したOPG/OPA技術の採用を提案する。このレーザーは世界的にもトップクラスの技術である（Shibata et al, 2017）。

衛星搭載水蒸気DIALでは以下のような成果が期待できる。①現在十分信頼すべき十分なデータの無い上部対流圏・下部成層圏領域における水蒸気の高精度、高鉛直分解能観測による気候フィードバックの理解とモデル化の進展、②全地球域の高品質データによる数値予報の精度向上、③集中豪雨、竜巻、台風などの予報精度の向上。

参考文献

Browell, E.V., et al. Appl. Physics B, 67, 399-410, 1998.

English, S.J., J. Appl. Meteor.,38, 1526-1541, 1999.

Nagasawa, C., M. Abo, T. Sugisaki and O. Uchino, SPIE 2581, 161, 1995.

Shibata, Y. et al., Appl. Opt., 56, 1194-1201, 2017.

Wulfmeyer, V. and C. Walther, Appl. Opt.,40, 30, 5321, 2001.

キーワード：差分吸収ライダー、水蒸気、衛星搭載
Keywords: DIAL, water vapor, space-borne

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ポスターセッションのショートプレゼンテーション
Short presentation of poster session

*本多 嘉明[1]
*Yoshiaki HONDA[1]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

本セッション「M-SD44将来の衛星地球観測」のポスターセッションにて発表される論文のショートプレゼンテーションを著者が行います。

キーワード：地球環境、衛星地球観測、地球観測グランドデザイン
Keywords: Global environmental, Satellite Earth Observation, Grand Design of Earth Observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:沖 理子(宇宙航空研究開発機構)

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。
この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TF）」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。
ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

13:45 ~ 14:00

[MSD44-10] **ひまわり後継衛星計画の概要**

*別所 康太郎[1] (1.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[MSD44-11] ひまわり後継衛星に向けたハイパースペクトル赤外サウンダのインパクト調査

*岡本 幸三[1]、大和田 浩美[2]、計盛 正博[2]、大塚 道子[1]、太田 芳文[2]、上清 直隆[1]、瀬古 弘[1]、安藤 昭芳[2]、吉田 良[2]、石元 裕史[1]、林 昌宏[1]、石田 春磨[3]、佐藤 芳昭[2]、国松 洋[2]、別所 康太郎[2]、横田 寛伸[2] (1.気象研究所、2.気象庁、3.気象衛星センター)

14:15 ~ 14:30

[MSD44-12] 静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダの観測システムシミュレーション実験

*大和田 浩美[1]、岡本 幸三[2]、計盛 正博[1]、上清 直隆[2]、石元 裕史[2]、林 昌宏[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MSD44-13] 静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

14:45 ~ 15:00

[MSD44-14] **Geostationary Optical Earth Observation Satellite**

*沖 一雄[1]、木村 俊義[2]、水谷 忠均[2]、田殿 武雄[2] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

Discussion

ひまわり後継衛星計画の概要
Himawari-8/9 follow-on satellites program

*別所 康太郎[1]
*BESSHO Kotaro[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

１．はじめに

気象庁の静止気象衛星ひまわり８号は、2015年７月より運用を開始し、同９号についても2017年3月よりバックアップ機としての運用を開始している。両号は、2022年頃にその役割を交代しつつ、2029年頃まで運用を続ける予定である。ひまわりについては、2018年からは、アジア太平洋諸国の気象水文機関の要望に応じて領域観測を行う「ひまわりリクエスト」を開始したり、フルディスク・領域観測の結果から海上付近の風分布を推定し、台風の強風域を推定する手法の現業運用を始めるなど、気象業務での利活用を着実に進めている。また、気象集誌2018年特別号「静止気象衛星『ひまわり８号』を用いた気象学・気候変動研究」や、気象研究ノート第238号「静止気象衛星ひまわり８号・９号とその利用」が刊行されるなど、学術面での利用も進められている。特にPutri et al. (2018)にあるように、メソスケール現象の解析をひまわり８号の高頻度・高解像度の観測結果を利用して行うなど、いわば「メソスケール衛星気象学」とでも呼べるような新しいパラダイム構築の動きが見られる。

一方、宇宙開発戦略本部で決定された宇宙基本計画工程表では、ひまわり８号・９号の後継の静止気象衛星は、遅くとも2023年度までに製造に着手し、2029年度頃に運用を開始することを目指す、とされている。2018年、気象庁ではひまわり８号・９号の後継衛星について、その仕様などの検討を開始した。本発表では、後継衛星の観測性能の仕様に関する検討状況を報告する。

２．検討中の観測性能

静止気象衛星については、世界気象機関が2040年には具備するのが望ましい要件として、高頻度観測機能を備えた多バンドの可視・赤外イメージャや、ハイパースペクトル赤外サウンダ、雷イメージャ、紫外/可視/近赤外サウンダを列挙している。このうち可視・赤外イメージャについては、後継衛星では、現行の８号・９号の観測性能からの機能強化ができないかを検討している。具体的にはバンドの追加や、領域観測の拡大、観測・処理時間の短縮、精度の向上などである。

ハイパースペクトル赤外サウンダについては、これまでのひまわりには搭載されていないため、当庁としてはその搭載の可能性について、一から検討を始めている。同センサーについては、欧州気象衛星開発機構が次の静止気象衛星に搭載を予定しており、その経験に学びつつ、当庁でも数値予報に与える効果を見極めるために観測システムシミュレーション実験を実施している。また、実況監視・ナウキャスト等にも利用できないか調査を行っている。

雷イメージャについては、航空ユーザーへの情報提供や、台風の強度予報への活用などが考えられるが、こちらもこれまでのひまわりには搭載されていない。米国の新しい静止気象衛星には搭載され、観測データも公開が始まっているため、それらのデータを利用して、同センサーの性能や利用法などについて調査検討を進める予定である。

紫外/可視/近赤外サウンダについては、オゾン、微量気体、エーロゾルの監視などに主として利用され

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る。こちらも当庁では利用した経験がないため、基礎的なところから調査を始めている。

また、ひまわりの後継衛星については、想定される運用開始年まで10年ほどしかないため、現業運用という意味ではとても間に合わないと思われるが、マイクロ波サウンダを搭載した静止気象衛星や、同じくマイクロ波サウンダを搭載した小型衛星群によるコンステレーション観測についても、もっと先の将来を見越して、この機会にあわせて検討している。マイクロ波サウンダなどで得られる大気下層の水蒸気分布は、集中豪雨や台風をより高精度に予測するためには不可欠な情報であるにも関わらず、地上・衛星を含めた現行の観測システムでは、広く一様に常時監視することができない。特に現行のマイクロ波サウンダは極軌道衛星に搭載されているため、衛星直下の観測領域を１日２回程度しか観測できない。マイクロ波サウンダを搭載した静止気象衛星や小型衛星群は、どちらも下層の水蒸気分布をどのような状態でもあまねく観測できるシステムであり、実現すれば実況監視・ナウキャストや数値予報に与える効果は絶大であろう。

３．おわりに

ひまわりは気象業務だけでなく、国民にひろく利用されており、我が国の重要な社会資本となっている。その一方、気象庁では後継衛星の検討を始めたばかりであるが、その仕様検討のための時間は限られたものとなっている。本発表を機会に、気象学会の会員諸氏からの積極的な情報提供や、コメント、あるいは具体的な利用目的にもとづく要望などを期待している。

キーワード：衛星、ひまわり、気象庁
Keywords: Satellite, Himawari, JMA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ひまわり後継衛星に向けたハイパースペクトル赤外サウンダのインパクト調査

Impact assessment of hyperspectral infrared sounders toward Himawari-8/9 follow-on satellites

*岡本 幸三[1]、大和田 浩美[2]、計盛 正博[2]、大塚 道子[1]、太田 芳文[2]、上清 直隆[1]、瀬古 弘[1]、安藤 昭芳[2]、吉田 良[2]、石元 裕史[1]、林 昌宏[1]、石田 春磨[3]、佐藤 芳昭[2]、国松 洋[2]、別所 康太郎[2]、横田 寛伸[2]
*Kozo OKAMOTO[1], Hiromi Owada[2], Masahiro Kazumori[2], Michiko Otsuka[1], Yoshifumi Ota[2], Naotaka Uekiyo[1], Hiromu Seko[1], Akiyoshi Ando[2], Ryo Yoshida[2], Hiroshi Ishimoto[1], Masahiro Hayashi[1], Haruma Ishida[3], Yoshiaki Sato[2], Hiroshi Kunimatsu[2], Kotaro Bessho[2], Hironobu Yokota[2]

1. 気象研究所、2. 気象庁、3. 気象衛星センター
1. Meteorological Research Institute, 2. Japan Meteolological Agency, 3. Meteorological Satellite Center

気象庁では、2028年の打上げを目指して、静止気象衛星ひまわり８・９号の後継衛星の検討を開始した。後継衛星搭載センサとして、ハイパースペクトル赤外サウンダ（HSS）も候補との一つとなっており、その有効性を調査するため観測システムシミュレーション実験（OSSE）を行っている。HSSは、高波数分解能で1000以上のチャンネルを用いることにより、高精度な気温・水蒸気の高鉛直分解能プロファイル情報を取得できる。低軌道衛星に搭載されたIASIやCrISなどのHSSは既に現業的に利用されているが、新たに静止衛星に搭載し高頻度な観測情報を有効に活用することにより、数値予報精度をさらに改善することが期待できる。

目標とする後継衛星搭載ハイパースペクトルサウンダ(GeoHSS)は、欧州気象衛星開発機構（EUMETSAT）が開発しているIRSというHSSを参考に、1738チャンネルでのフルディスクの毎時観測を行うことを想定する。GeoHSSの疑似観測輝度温度データは、気象庁システムと独立した高精度な解析場である欧州中期予報センター（ECMWF）の再解析（ERA5）と、高速放射伝達モデルRTTOV v12.2を用いて作成する。このデータを、気象庁の現業システムで運用されている全球およびメソデータ同化システムを用いて同化する。全球データ同化システムでは、既に現業同化されているHSSの処理（チャンネル選択、雲判定、間引き、観測誤差設定、水平間引き）をGeoHSSにも適用する。メソ同化システムではまだHSSは同化されていないので、今回新たに開発を行っている。さらに気温と水蒸気の鉛直プロファイルも同化し、より直接的な観測情報のインパクトを評価する。

構築したGeoHSSのOSSEが正常に動作しているかを確認するため、全球同化システムを用い、2018年6月15日～7月8日を対象にデータ同化実験を行った。GeoHSSの疑似輝度温度データを同化した場合、高度場などの解析・予報場がECMWFの解析・予報場に近づくなど、想定した結果が得られることを確認した。現在、同化実験結果の評価、GeoHSSシミュレーションの高度化、メソ同化システムを用いた同化実験、気温・水蒸気プロファイルの同化などを進めている。会合ではこれらの結果について紹介する。

キーワード：ひまわり後継衛星、データ同化、観測システムシミュレーション実験、ハイパースペクトル赤外サウンダ
Keywords: Himawari follow-on satellite, data assimilation, OSSE , hyperspectral infrared sounder

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダの観測システムシミュレーション実験

Observation system simulation experiments for a hyperspectral infrared sounder onboard geostationary satellite

*大和田 浩美[1]、岡本 幸三[2]、計盛 正博[1]、上清 直隆[2]、石元 裕史[2]、林 昌宏[2]
*HIROMI OWADA[1], Kozo OKAMOTO[2], Masahiro Kazumori[1], NAOTAKA UEKIYO[2], Hiroshi Ishimoto[2], Masahiro Hayashi[2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

気象庁では、静止気象衛星ひまわり８・９号に続く後継衛星の検討を開始した。後継衛星への搭載を検討する測器の候補の一つにハイパースペクトル赤外サウンダ（HSS）がある。HSSを新たに静止衛星に搭載することで、気温と水蒸気の高精度なプロファイルに関する情報を高頻度で取得することができ、これをデータ同化で利用することにより数値予報の予測精度が大幅に改善すると期待される。この想定を確認するため、HSSを後継衛星に搭載してそのデータを同化した場合の、数値予報へのインパクトの評価を観測システムシミュレーション実験（OSSE）で行う。

OSSEの実施には、疑似観測データの作成（シミュレーション）とそれを同化するシステムの構築が必要である。HSSの疑似観測データの作成は、欧州で計画されているMTG衛星のIRSが後継衛星に搭載された場合を仮定して行う。シミュレーションには高精度な放射伝達モデルと、それに与える気象庁の数値予報システムとは独立した入力値が必要であり、放射伝達モデルにはRTTOV12.2を、入力値にはECMWFの再解析（ERA5）の137層のモデル面データを使用する。疑似観測の個々の観測点はERA5の格子点の位置としたため、擬似観測の水平解像度はERA5のそれ（およそ31km）に相当する。OSSEで使用するチャンネルとしては、13-14.2μmの気温に感度があるチャンネルと、5-6.25μmの水蒸気に感度があるチャンネルを検討している。

疑似観測を同化するシステムには、気象庁の現業全球データ同化システムを用いる。疑似観測の利用方法については、基本的には、既に現業利用されている低軌道衛星搭載のHSSのチャンネル選択や品質管理を適応する。現時点では気温に感度のある36チャンネルと、水蒸気に感度のある25チャンネルを、測器誤差なしの理想的な条件で同化するOSSEを実施している。この結果、擬似観測を同化することにより、解析場と予報場のそれぞれの気温と比湿の鉛直分布が、想定どおりECMWFの解析に近づくことを確認している。今後は、IRSの仕様に基づいた測器誤差を各チャンネルに与えて現実的な疑似観測データを作成し、新たにOSSEを実施しすることを予定している。

本発表ではHSSの疑似観測データの作成と、気象庁の現業全球データ同化システムにおけるOSSEの初期結果について報告する。

キーワード：ひまわり８・９号後継衛星、ハイパースペクトル赤外サウンダ、観測システムシミュレーション実験
Keywords: Himawari-8/9 follow-on satellites, Hyperspectral infrared sounder, Observation system simulation experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現
Realization of pseudo high frequency high resolution observation by geostationary satellite and orbiting satellite combined observation

*本多 嘉明[1]
*Yoshiaki HONDA[1]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

地球科学・実利用の両分野から地球観測光学センサデータは、より高頻度かつ、より高解像度の観測データが望まれる。しかし、この高頻度観測と高解像度観測を同時に実現するためには、一つの衛星では不可能で、超小型衛星の多数運用で実現されつつある。しかし、一般的に超小型衛星は設計寿命が短く、校正システムを有さないなどの問題がある。一方、静止衛星を含む中型以上の衛星は、設計寿命が長く、校正システムを有している。しかし、中型以上の規模の衛星で高頻度かつ高解像度を実現するため、衛星数を確保しようとするとその予算は莫大なもので現実的ではない。本提案は、我が国が打ち上げる衛星群（ひまわり、GCOM-C、ALOSなどの後継機を想定）の中で比較的解像度の低い静止衛星の高頻度観測と解像度は高いが低頻度の周回衛星観測から各衛星のセンサ仕様の一部を相互調整することと観測ジオメトリーの違いを調整するモデルを介して擬似高頻度高解像度観測データを製造することを目指し、このような高品質で長期に提供する枠組みを構築する。これにより地球科学および実利用分野での衛星光学センサデータ利用を拡大させ、科学の進展および実利用の拡大を目的とする。この枠組みは計画されている予算規模で、より大きな成果を得る一歩であり、実利用分野の拡大は、我が国における地球観測の継続性を担保することにも資する。さらに、新たに計画される他国の衛星もこの枠組みに取り込むことにより、地球科学および実利用の分野における我が国の地球観測のプレゼンスを高めることを目指す。

キーワード：静止衛星、周回衛星複合観測、擬似高頻度高解像度観測
Keywords: Geostationary satellite, Orbiting satellite combined observation, Pseudo High Frequency High Resolution Observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geostationary Optical Earth Observation Satellite

*沖 一雄[1]、木村 俊義[2]、水谷 忠均[2]、田殿 武雄[2]
*Kazuo Oki[1], Toshiyoshi Kimura[2], Tadahito Mizutani[2], Takeo Tadono[2]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構
1. The University of Tokyo, 2. JAXA

Geostationary satellite is the most practical Earth Observation for its instantaneous observation and ability to choose target area on demand. Some kind of users, especially disaster monitoring, agriculture and national security users are demanding such unique character crucially. However, technical difficulties prevent from realization of the system, so far. Practical observation needs a certain fine ground resolution. But it means necessity for huge main mirror for the satellite optics. For an example, 5~7m resolution at Nadir position needs 3.6m diameter mirror. So far, 1~2m diameter one-piece mirrors were studied, in contrast. Recent optical technologies make it possible to have an extra large telescope using segmented mirrors for astronomical telescope on the ground, like Keck astronomy or TMT project. Using such technologies, we studied geostationary satellite telescope system with 3.6m diameter segmented telescope to materialize 7m ground resolution at Nadir position. Observation bands should have good correlation with ALOS-3 satellite on low Earth orbit, i.e. panchromatic, RGB, NIR and additional bands. To ensure the night observation, IR band is under consideration in addition. Such new Earth observation scheme improves time resolution dramatically, and it will make possible to observe movement of target like video camera. It will reveal many motile phenomena including Tsunami, Typhoon and human activities like car traffics. Also, it is expected that various social services unprecedented in cities, forests, agriculture, water (rivers and oceans), etc. are expected to be offered, and we believe that many users will appear in the field of science and practical use. The study started in 2018 and will end in 2020 to confirm the technical readiness level of required technologies, observation plan and algorithms for new earth observation data products.

キーワード：静止衛星、特大望遠鏡、静止衛星望遠鏡システム、ALOS-3、社会サービス、新しい地球観測データプロダクト
Keywords: Geostationary Satellite, Extra large telescope, Geostationary satellite telescope system, ALOS-3, Social services, New earth observation data products

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] Eveningポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。
この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TF）」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。
ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

[MSD44-P01] 気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明 (AMSR3)

*増永 浩彦[1]、江淵 直人[2]、田村 岳史[3]、芳村 圭[4]、青梨 和正[5]、計盛 正博[6]、斎藤 克弥[7] (1.名古屋大学、2.北海道大学、3.国立極地研究所、4.東京大学、5.気象研究所、6.気象庁、7.漁業情報サービスセンター)

[MSD44-P02] 衛星搭載アクティブセンサによる降水観測

*高橋 暢宏[1]、高薮 縁[2]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、山本 晃輔[3]、金子 有紀[3] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学　大気海洋研究所、3.宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P03] 小型降水レーダコンステレーション

*古川 欣司[1]、小川 俊明[2]、沖 理子[1]、久保田 拓志[1]、山地 萌果[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.日本電気株式会社)

[MSD44-P04] 円偏波SARの軌道上実証

*スリスマンティヨ ヨサファットテトォコ[1]、久世 宏明[1]、井村 信義[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

[MSD44-P05] Global wind measurement system using Doppler Wind Lidar and Imaging FTS

*岡本 創[1]、木村 俊義[2]、境澤 大亮[2]、石井 昌憲[3] (1.九州大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.情報通信研究機構)

[MSD44-P06] 地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション

*本多 嘉明[1]、青木 輝夫[2]、中島 孝[3]、虎谷 充浩[4] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.東海大学情報技術センター、4.東海大学大学院地球環境科学研究科)

[MSD44-P07] CO_2大規模点排出源観測衛星の提案

*大山 博史[1]、松永 恒雄[1]、森野 勇[1]、吉田 幸生[1]、齊藤 誠[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

[MSD44-P08] 地球の健康診断 -温暖化対策効果の早期検証と大気汚染実態把握のためのSLCPイメージング分光観測-

*笠井 康子[1]、金谷 有剛[2]、谷本 浩志[3]、大気化学会 大気環境衛星検討委員会[4] (1.情報通信研究機構、2.海洋研究開発機構、3.国立環境研究所、4.大気化学会　　大気環境衛星検討委員会)

[MSD44-P09] 衛星搭載植生ライダー(MOLI)

*浅井 和弘[1]、平田 泰雅[2]、鷹尾 元[2]、下田 陽久[3]、本多 嘉明[4]、梶原 康司[4]、粟屋 善雄[5]、須﨑 純一[9]、遠藤 貴宏[6]、松永 恒雄[7]、澤田 義人[7]、杉本 伸夫[7]、西澤 智明[7]、水谷 耕平[8]、石井 昌憲[8]、木村 俊義[10]、今井 正[10]、林 真

智[10]、境澤 大亮[10]、室岡 純平[10]、三橋 怜[10] (1.東北工業大学、2.森林総合研究所、3.東海大学、4.千葉大学、5.岐阜大学、6.リモート・センシング技術センター、7.国立環境研究所、8.情報通信研究機構、9.京都大学、10.宇宙航空研究開発機構)

[MSD44-P10] Estimation of forest resources by a dual-wavelength imaging LiDAR system

*平田 竜一[1]、澤田 義人[1]、林 真智[2]、齋藤 英樹[3]、高橋 與明[3]、松永 恒雄[1] (1.国立環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構、3.森林総合研究所)

[MSD44-P11] 陸域植生のSIF・PRIモニタリングのための高空間・波長分解能観測衛星の開発

*野田 響[1]、大政 謙次[2]、彦坂 幸毅[3]、市井 和仁[4]、小林 秀樹[5]、加藤 知道[6]、村岡 裕由[7] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.東京大学、3.東北大学、4.千葉大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構、6.北海道大学、7.岐阜大学)

[MSD44-P12] Satellite Observation of the Whole Atmosphere - Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2)

*塩谷 雅人[1]、齊藤 昭則[1]、坂崎 貴俊[1]、落合 啓[2]、バロン フィリップ[2]、西堀 俊幸[3]、鈴木 睦[3]、阿部 琢美[3]、前澤 裕之[4]、大山 伸一郎[5,6,7] (1.京都大学、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.大阪府立大学、5.名古屋大学、6.オウル大学、7.国立極地研究所)

[MSD44-P13] Simulation studies for Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder-2 (SMILES-2)

*Philippe Baron[1]、Satoshi Ochiai[1]、Donal Murtagh[5]、Hideo Sagawa[2]、Akinori Saito[3]、Masato Shiotani[3]、Makoto Suzuki[4] (1.National Institute of Information and Communications Technology、2.Kyoto Sangyo University、3.Kyoto University、4.Japan Aerospace Exploration Agency、5.Chalmers University of Technology, Sweden)

[MSD44-P14] 超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2の衛星搭載性検討

*落合 啓[1]、バロン フィリプ[1]、入交 芳久[1]、西堀 俊幸[2]、鈴木 睦[2]、鵜澤 佳徳[3]、前澤 裕之[4]、真鍋 武嗣[4]、齊藤 昭則[5]、塩谷 雅人[5] (1.情報通信研究機構、2.宇宙航空研究開発機構、3.国立天文台、4.大阪府立大学、5.京都大学)

気候変動・全球水循環のモニタリングとメカニズム解明 (AMSR3)
Monitoring climate variability and global water cycle and understanding their mechanisms (AMSR3)

*増永 浩彦[1]、江淵 直人[2]、田村 岳史[3]、芳村 圭[4]、青梨 和正[5]、計盛 正博[6]、斎藤 克弥[7]
*Hirohiko Masunaga[1], Naoto Ebuchi[2], Takeshi Tamura[3], Kei Yoshimura[4], Kazumasa Aonashi[5], Masahiro Kazumori[6], Katsuya Saitoh[7]

1. 名古屋大学、2. 北海道大学、3. 国立極地研究所、4. 東京大学、5. 気象研究所、6. 気象庁、7. 漁業情報サービスセンター
1. Nagoya University, 2. Hokkaido University, 3. National Institute of Polar Research, 4. University of Tokyo, 5. Meteorological Research Institute, 6. Japan Meteorological Agency, 7. Japan Fisheries Information Service Center

長期・継続的かつ高頻度・高解像度・全天候観測に基づいた気候変動に伴う全球水循環変動のメカニズムの解明，および海氷密接度・積雪深・海面水温・降水量・水蒸気量・土壌水分など長期モニタリングによる気候変動・全球水循環変動の監視を目的として，衛星搭載マイクロ波放射計の観測を提案する．

マイクロ波放射計は地表面・海面・大気から放出されるマイクロ波の信号を測定し，放射輝度温度から様々なアルゴリズムを使って物理量を算出する．日本のマイクロ波放射計はAMSRシリーズと呼ばれ，これまで世界をリードしてきたセンサであり，海外の将来計画にも匹敵するものがなく，技術的な優位性も高い．気候変動・全球水循環変動のメカニズムを解明するために必要となる変数を，世界トップの高解像度で観測・提供する．具体的には，AMSR2で実現した世界最高の空間分解能を持った6-89 GHzの多周波・多偏波輝度温度観測に基づく全球水循環に関する物理量観測を継続・発展させる．同時に，新規に追加する高周波チャンネル帯（166/183 GHz）によって，全球降水量の変動把握に必要ではあるがAMSR2では推定できなかった固体降水（降雪量）を観測する．さらに超解像処理技術によりAMSR2では約50 km分解能で提供している海面水温プロダクトをAMSR3では約20 km程度とし，沿岸約20 km以遠が利用できる海面水温プロダクトの提供を目標としている．すなわち本提案は，AMSR-EおよびAMSR2により蓄積された観測実績を継続し安定的な全球マイクロ波観測データの供給を担うと共に，高周波チャンネル帯の開拓と実効的高解像度化という技術的新規性を兼ね備えている．

期待される科学成果として，冒頭に述べた主要物理量の高精度継続観測によるClimate Data Recordの作成とそれを用いた気候変動・水循環変動のメカニズムの研究，海洋深層循環変動の解明につながる海氷の研究，短期予測モデルへのデータ同化，気候予測モデルの初期値・境界条件，検証評価への利用，などが挙げられる．これらを総合して気候変動に伴う全球水循環変動の実態を把握し，そのメカニズムを明らかにすることを通して，将来予測と対策に貢献する．世界トップレベルの観測精度・空間分解能を持つAMSRシリーズでのみ可能となるサイエンスが期待される．

期待されるアウトカムとしては，気象予報，防災分野における現業利用の継続および高度化，全球水循環変動・気候変動の予測精度向上，水資源管理，洪水・旱魃予測，農業への応用，沿岸域への漁場予測の拡張が挙げられる．具体的な実利用の展望は幅広い．一般社団法人漁業情報サービスセンターでは，NOAA衛星等の赤外センサとAMSRシリーズのマイクロ波放射計で観測したデータを用いて表面水温の情報を提供している．この利用事例については，平成25年度宇宙開発利用大賞を受賞しており，燃油が16 % 節約できた，漁業のICT化に大きく貢献した，等の効果が評価された．我が国が漁業技術先進国として存在感を示すためには必要不可欠なセンサといえる．気象予報分野では，気象庁の数値予報システムで，AMSRシリーズのデータが継続して利用されており，気象予報の精度維持・向上のためには，AMSR3の利用が必須である．AMSRシリーズのデータはNOAAやECMWF、豪州気象局などの10の海外気象機関でも現業で利用されている。北極海航路の利

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活用の分野では，すでに，AMSR2の海氷観測データが，現状把握および短期・中長期の予測において利用されている．AMSR2による短期の海氷予測情報の精度の向上や，現在は精度が低く実用に至っていない中・長期の海氷予測精度向上に向けた海氷モデルの改良に貢献することで，北極海航路の開拓・運用に対する我が国の存在感を後押しする．シベリア沿岸域の資源開発にともない北極海航路の利用が進めば，今後さらにこの分野での利用は拡大すると期待できる．土壌水分量のデータは既に農業モニタリングの一指標として，欧米の企業は利活用を始め，情報提供まで行っている企業も存在する．我が国のリモートセンシング関連事業者でも，途上国の流域水循環モデルの構築にあたりAMSR2データを利活用している事例がみられることから，途上国支援という位置づけからもデータの継続性は重要であると考えられる．

キーワード：衛星地球観測、気候変動、全球水循環、マイクロ波リモートセンシング
Keywords: Satellite Earth Observation, Climate variability, Global water cycle, Microwave remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星搭載アクティブセンサによる降水観測
Precipitation Measuring Mission by Active Sensors

*高橋 暢宏[1]、高薮 縁[2]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、山本 晃輔[3]、金子 有紀[3]
*Nobuhiro Takahashi[1], Yukari Takayabu[2], Kinji Furukawa[3], Riko Oki[3], Kosuke Yamamoto[3], Yuki Kaneko[3]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 東京大学　大気海洋研究所、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. The Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI) , 3. The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

全球的な雲降水システムの理解とそのモニタリングを目的とした、人工衛星搭載降水レーダのミッションの提案として全球降水観測計画（GPM）主衛星搭載の二周波降水レーダ（DPR）の性能を大幅に向上させたDPR2による降水観測を提案するものである。提案のベースとなるのは、熱帯降雨観測衛星（TRMM）搭載降雨レーダ（PR）およびによる20年以上の観測から得られた地球全体の降水に関する知見と継続観測によって得られた全球の降水レコードである。これらから、降水科学研究の新展開に向けた議論に基づくミッションを定義した。

基本となる考え方は、気候変動研究においては様々なスケールの現象を把握する必要があるということである。すなわち、地球温暖化問題に代表される気候変動については、地球全体の気候の変化だけでなく、温暖化による降水などの日常生活への影響まで含めて評価する必要があり、そのためには、降水について言えば地球の水循環を正確に把握する必要がある。降水観測を軸に考えても、降水量の把握だけなく、雲から降水へ変化するプロセスや地球上に雨としてもたらすのか、または雪としてもたらすのか、さらに土壌の涵養能力を超える降水なのかどうか、といったプロセスまで把握することが次へのステップになる。このような研究を推し進めるためには、TRMMやGPMでの降水に特化した観測だけではなく、雲観測を含めた観測（システム）が必要になる。さらに、雲から降水への変化を正確に把握するためには、動的な情報を取得する必要があると考えている。一方で、TRMM・GPMと続く降水レコードの継続による気候学的な情報の取得やGSMaPに代表される全球降水マップの高度化も実利用的な面で必要になる。

TRMMやGPMで行ってきた国際的な協力に目を向けると、米国ではDecadal Surveyにおいて優先順位の高いdesignated observationとしてCCP(Cloud, Convection and Precipitation)やAerosolの観測が挙げられていることから、雲・降水観測を主眼においてミッション検討がスタートしている。Decadal Surveyにおいて例示された観測手法は走査型雲レーダやKa帯レーダによる雲の高感度観測とドップラー速度計測であり、ここで提案しているDPR2とは相補的である。また、Decadal Surveyでは国際的分担も強調されており、日米双方の技術を終結しそれぞれの目指す科学研究を達成することが最も実現性の高い解である。

よって、ここで提案するミッションはGPM/DPRをベースとして上述のような科学研究や実利用を実現するためのセンサを提案するものである。この提案では、米国との協力を念頭においたものとしている。

ここで提案するセンサは、DPRを高度化したセンサである（以下、DPR2と呼ぶ）。DPR2では、GaNなどの半導体素子開発の進展やパルス圧縮技術の導入により、感度をDPRの10倍から100倍（10から20dB）向上させることを計画しているほか、直下方向のドップラー速度の計測を目指している。感度の向上はDPRが弱い降雪に対して十分な感度を持っていないことを解消するために必要であるほか、雲レーダの感度範囲と十分に重なるようにするためである。感度向上のためのリソースは、感度向上以外にも走査幅の拡大などに振り分けることも可能であり（その分、感度は悪くなるが）、その場合には例えばDPR2観測のデータを直接GSMaPへ入力することも可能である。この感度のリソースの活用については、運用において自由度を持たせることも可能である。ドップラー速度計測のためには、レーダパルス間の相関を保つことが必要であるが、高速で移動する

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

人工衛星ではDPRのアンテナサイズでは十分な相関を得ることができず、少なくとも衛星進行方向へ2倍のアンテナサイズを有することが必要である。技術的には展開型アンテナを導入し、大口径アンテナ実現することになるが、大きな開発要素なる一方でドップラー速度にかかるレーダ制御や信号処理についてはEarthCAREの知見が使える。それ以外の性能については、既存の成熟した技術を応用することが可能であり、技術的なハードルは高くない。

キーワード：降水、レーダ、地球観測衛星
Keywords: Precipitation, radar, Earth observing satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小型降水レーダコンステレーション
Asian Small Precipitation Radar Constellation (ASPRC)

*古川 欣司[1]、小川 俊明[2]、沖 理子[1]、久保田 拓志[1]、山地 萌果[1]
*Kinji Furukawa[1], Toshiaki Ogawa[2], Riko Oki[1], Takuji Kubota[1], Moeka Yamaji[1]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 日本電気株式会社
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. NEC Corporation

宇宙航空研究開発機構(JAXA)と日本電気株式会社（NEC）は、全球降水観測計画主衛星搭載二周波降水レーダ（GPM/DPR）の開発を行った。GPM/DPRは2014年に打上げられ、その観測データはJAXAが提供する世界の雨分布速報（GSMAP）に取り込まれるなど、様々に活用されている。GPM/DPRはマイクロ波放射計による降水観測に比べて、海上／陸上の区別なく高精度の観測が可能であり、降雨の高度プロファイルが取得可能であるなどの点で優れている。一方で、GPM/DPRは観測幅が比較的狭く、かつ1機しか運用されていないことから、同一地点の観測頻度が少ないことが課題である。本提案ではこの課題を解決するため、GPM/DPRを構成するKu帯降水レーダ（KuPR）をベースとして小型衛星に搭載可能な降水レーダを開発し、運用機数を増やすことにより同一地点の観測間隔を約6時間程度に短縮することを目標とする。なお、本降水レーダはNECが開発した小型衛星バスNEXTAR-300Lに搭載することを想定している。

本提案の小型降水レーダコンステレーションでは、GPM/DPRに対して同一地点の観測頻度を大幅に改善することができる。衛星機数は増加するが、降水レーダおよび衛星バスとも既開発品を活用すること、および比較的安価な小型衛星に搭載することで、システム全体のコストを抑制する。降水レーダおよび衛星バスとも既開発品を活用することを想定し、1機目の開発コストとして100億円以下（地上設備、打上げ、運用費除く）を目標とする。

本降水レーダの、実利用的展開としては、同一地点の観測頻度が増加することで、天気予報の精度向上、台風や集中豪雨による水害発生予測など防災面での活用が想定される。また、科学的には熱帯域の高頻度観測による、降水の日変化の研究に役立つと考えられる。なお、本降水レーダの観測データは東南アジア諸国（インドネシア、フィリピン、ベトナム等）などでも活用可能であり、関心のある国々に開発・打上げを分担してもらうことで、衛星コンステレーションを構築すること想定（ODAによる実現）している。

また、技術的展開としては、更なる小型化・低コスト化により、コンステレーション機数の増加を図り、更なる高時間分解能観測を図る。

キーワード：小型降水レーダ、コンステレーション
Keywords: Small Precipitation Radar, Constellation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

円偏波SARの軌道上実証
In-orbit Payload Demonstration of Circularly Polarized SAR

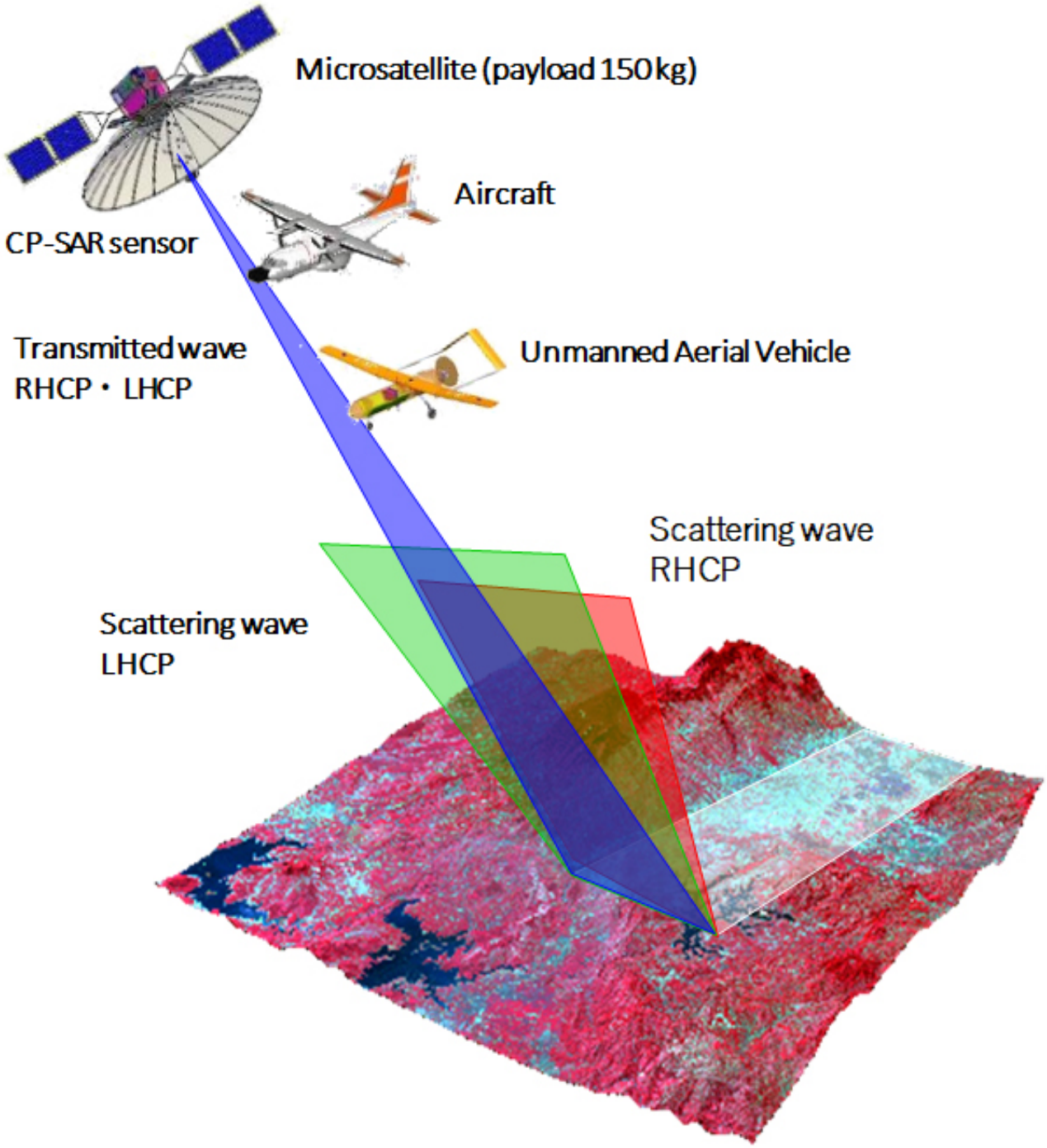
*スリスマンティヨ ヨサファットテトォコ[1]、久世 宏明[1]、井村 信義[1]
*Josaphat Tetuko Sri Sumantyo[1], Kuze Hiroaki[1], Nobuyoshi Imura[1]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

現在小型円偏波SAR衛星の開発を進めているが、円偏波SARの航空機搭載による実証が成功したので、次のステップである軌道上での円偏波SARの実証を実施する。小型円偏波SAR衛星は、千葉大学が独自に開発した円偏波合成開口レーダセンサ（CP-SAR）を搭載する100kgクラスの小型衛星であり、火山活動に対する防災・減災機能の強化をはじめ、活断層、土砂崩れ、地震被害地域などの観測等のグローバル環境・災害監視、また新たなデータ利用等を創出し、衛星データ利用分野に関する質の高い教育研究を実現することを目的とする軌道上衛星システムである。

キーワード：合成開口レーダ、円偏波、リモートセンシング
Keywords: Synthetic Aperture Radar, Circular polarization, Remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global wind measurement system using Doppler Wind Lidar and Imaging FTS

*岡本 創[1]、木村 俊義[2]、境澤 大亮[2]、石井 昌憲[3]
*Okamoto Hajime[1], Toshiyoshi Kimura[2], Daisuke Sakaizawa[2], Shoken Ishii[3]

1. 九州大学、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 情報通信研究機構
1. Kyushu University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. National Institute of Information and Communications Technology

We propose global wind measurement system by using Doppler Wind Lidar (DWL) and FTS on Geostationary satellites. Wind as atmospheric circulation is the most important element in climate and weather studies. Air- and ship-traffic are also using wind information as most prioritized one to ensure their safe operation. Current systems cannot measure global distribution of winds. Recent progress of DWL technology made precise wind measurement possible in three-dimensional manner, limited to narrow swarth over its orbit. A DWL-satellite was already launched by European Space Agency, and NASA is also planning to launch. In Japan, NICT and JAXA are studying DWL. Also, recent geostationary weather satellite made possible to distinguish wind distribution by altitude using water vapor band imagery. Measurement error is still large. The basic concept is to combine DWL and FTS on Geostationary satellites to complement each other. To cover the globe using geostationary orbit, we need about four satellites at each region. Using current weather satellite network is the most demanded approach. NASA, ESA and JAXA/NICT can make a strong network to maintain data from spaceborne DWLs to calibrate the results of retrieved wind from imaging FTS on Geostationary satellite. The requirement of spacial resolution for the system is 1km horizontal resolution, 300m height distribution, <1m/s windspeed accuracy and wind vector.

キーワード：風、静止衛星、ライダ
Keywords: wind, Geostationary Satellite, lidar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明に関するミッション
Mission regarding monitoring and elucidation of global environmental change (global radiation forcing and ecological change that affect global warming)

*本多 嘉明[1]、青木 輝夫[2]、中島 孝[3]、虎谷 充浩[4]
*Yoshiaki HONDA[1], Teruo AOKI[2], Takashi NAKAJIMA[3], Mitsuhiro TORATANI[4]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 東海大学情報技術センター、4. 東海大学大学院地球環境科学研究科
1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 3. Tokai University, Research & Information Center, 4. Tokai University, Earth and Environmental Systems

本提案の目的は長期・継続的な定量的モニタリングによる地球環境変動（地球温暖化を左右する全球の放射強制力や生態系変動）の監視・解明である．光学（近紫外～熱赤外）イメージャの技術は将来の新たな光学センサに発展しうる基盤的な技術であり，世界的優位を保つために継続する必要がある．

SGLIの系譜となる光学イメージャは幅広い波長によって監視することにより，地球温暖化に伴って変わる気候システムの変動について現時点では予期していない変化も含め監視できる．また，予測されている気候変動の進行状況を正確に把握できることにより，温暖化抑制政策の効果の評価や，将来に向けた適応策の策定とその診断的な軌道修正を行っていくことができる．自国のセンサとして独自の情報源泉を持つことで，気候変動の状況把握に対して日本独自の判断材料を持てると共に，世界標準の情報として世界に発信することができ，気候変動における国際的な戦略を持つことができる．

キーワード：地球環境変動
Keywords: Global environmental change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2大規模点排出源観測衛星の提案
Proposal of satellite for observing large point sources of carbon dioxide

*大山 博史[1]、松永 恒雄[1]、森野 勇[1]、吉田 幸生[1]、齊藤 誠[1]
*Hirofumi Ohyama[1], Tsuneo Matsunaga[1], Isamu Morino[1], Yukio Yoshida[1], Makoto Saito[1]

1. National Institute for Environmental Studies
1. National Institute for Environmental Studies

We propose an earth-observing satellite that aims to quantify amounts of atmospheric carbon dioxide (CO_2) emitted from large point sources (LPSs) such as thermal power plants and steel plants, which account for approximately 40% of energy-related CO_2 emissions in the world. In the Global Stocktake Process under the Paris Agreement, each country is required to report sources and sinks of greenhouse gases (inventory) with sufficient accuracy. However, there are large uncertainties in the CO_2 and methane (CH_4) emissions from the LPSs, especially for the developing countries. Space-borne observation could be useful for quantifying and verifying the emissions from the LPSs, given that it provides column abundances in and out a plume with high spatial resolution. With regard to the LPS observation of CH_4, several satellites with a footprint size of less than 1 km^2 are developed recently: GHGSat series (2016 and 2019, GHGSat Inc. in Canada), COOL (2020, Bluefield Technologies Inc. in the U.S.), and MethaneSAT (2021, Environmental Defense Fund in the U.S.). That kind of CO_2 satellite is, however, not planed. Our proposed satellite has an ability of measuring back-scattered solar spectra in the near-infrared region with a footprint size of less than 1 km x 1 km (if feasible, hundreds of meters by hundreds of meters) using an imaging grating spectrometer. Additionally, to increase the signal to noise ratio of the spectrum, the satellite is dedicated to a target observation mode that observe an area of ~50 km x ~50 km including the LPSs more than 2 min continuously by using a pointing mechanism as adopted for the Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) series.

キーワード：Satellite、Carbon Dioxide、Large Point Source
Keywords: Satellite, Carbon Dioxide, Large Point Source

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球の健康診断 -温暖化対策効果の早期検証と大気汚染実態把握のためのSLCPイメージング分光観測-

Earth's health diagnosis - Imaging spectrometer of SLCP for early verification of global warming countermeasure effect, and understanding of status of air pollution -

*笠井 康子[1]、金谷 有剛[2]、谷本 浩志[3]、大気化学会 大気環境衛星検討委員会[4]
*YASUKO KASAI[1], Yugo Kanaya[2], Hiroshi Tanimoto[3], JSAC Satellite team[4]

1. 情報通信研究機構、2. 海洋研究開発機構、3. 国立環境研究所、4. 大気化学会　大気環境衛星検討委員会
1. NICT, 2. JAMSTEC, 3. NIES, 4. JSAC

人間活動により排出される短寿命気候汚染物質（SLCP（※））のインベントリ把握を行う衛星コンステ観測計画である．SLCPは大気汚染と気候変動の双方に複雑に関係しており，それらを紐解き効果的な改善を導く．SLCPはCO_2と比較し削減効果が短期的に得られるため，地球温暖化対策の新たな手法として，閣僚級の国際的取組みが2012年より開始された (CCAC)．また，大気汚染に起因する死亡者数は世界で370万人程度であり(WHOレポート2012),これは交通事故死者数の約３倍に相当する．特に我が国の早期死亡者率はOECD国で最高レベルにあり事態は深刻である．また，農作物への影響も無視できない．

SLCPは排出源が局所的であり，実態把握のためには空間分解能1kmクラスの観測が必要であるが、技術的困難さのためこれまで存在していない．本提案SLCPイメージング分光計(UV/VIS/SWIR)は低軌道衛星に搭載，世界で初めての高水平分解能（目標：水平分解能1～2km）を実現する.さらに追加オプション機能としてMIR+MW分光観測シナジーにより、地上付近SLCP物質（特に健康被害に影響のあるオキシダント）検出を提案する．**空間分解能から本センサは世界の大気汚染衛星観測の「標準機」としての機能を有し、本機の存在により，世界衛星を結んだコンステレーションが可能になる．**これにより，世界中の衛星データを統合し，最高水準の科学的知見を得て，エビデンスに基づく施策を促すものである．（※）ここではCH4, 対流圏オゾン, ブラックカーボン，PM2.5等 のほか，前駆物質としてのNO_2を想定.

キーワード：大気汚染、衛星、回折格子型イメージング分光計
Keywords: Air pollution, Satellute, Imaging spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星搭載植生ライダー(MOLI)
Spaceborne Vegetation lidar (MOLI)

*浅井 和弘[1]、平田 泰雅[2]、鷹尾 元[2]、下田 陽久[3]、本多 嘉明[4]、梶原 康司[4]、粟屋 善雄[5]、須崎 純一[9]、遠藤 貴宏[6]、松永 恒雄[7]、澤田 義人[7]、杉本 伸夫[7]、西澤 智明[7]、水谷 耕平[8]、石井 昌憲[8]、木村 俊義[10]、今井 正[10]、林 真智[10]、境澤 大亮[10]、室岡 純平[10]、三橋 怜[10]
*Kazuhiro Asai[1], Yasumasa Hirata[2], Gen Takao[2], Haruhisa Shimoda[3], Yoshiaki HONDA[4], Koji Kajiwara[4], Yoshio Awaya[5], Junichi Susaki[9], Takahiro Endo[6], Tsuneo Matsunaga[7], Yoshito Sawada[7], Nobuo Sugimoto[7], Tomoaki Nishizawa[7], Kohei Mizutani[8], Shoken Ishii[8], Toshiyoshi Kimura[10], Tadashi Imai[10], Masato Hayashi[10], Daisuke Sakaizawa[10], Jyunpei Murooka[10], Rei Mituhashi[10]

1. 東北工業大学、2. 森林総合研究所、3. 東海大学、4. 千葉大学、5. 岐阜大学、6. リモート・センシング技術センター、7. 国立環境研究所、8. 情報通信研究機構、9. 京都大学、10. 宇宙航空研究開発機構
1. Tohoku Institute of Technology, 2. Forestry and Forest Products Research Institute, 3. Tokai University, 4. Chiba University, 5. Gifu University, 6. The Remote Sensing Technology Center of Japan, 7. National Institute for Environmental Research, 8. National Institute of Information and Communications Technology, 9. Kyoto University, 10. Japan Aerospace Exploration Agency

ライダーは送信機にパルス・レーザを用いた光波レーダの総称であるが，衛星搭載ライダーは軌道上から地表面に向けて照射した光パルスの往復時間から精密な地盤高計測や森林の林冠高および三次元森林構造計測が可能となる。本文は、炭素循環や気候変動メカニズムにとって重要な役割を演じる地上部森林バイオマス（以下、AGB: Above Ground Biomassと称す）を地球規模で把握することを目的とした日本初の衛星搭載植生ライダー（MOLI: Multi-footprint Observation Lidar and Imager、以下MOLIと称す）ミッションの提案である。

ISS-JEM搭載MOLIミッションの目的はライダーの宇宙実証として、レーザ高度計の機能性能を十分に発揮して、高い精度でAGB評価に必要な林冠高/三次元森林構造情報を取得できる植生ライダーの確立を目指すと共に、MOLIデータをL-band SAR (ALOS-2/PALSAR-2等) データやGCOM-C/SGLIなどのパッシブ分光データと融合して、現状では信頼性が劣る高密度な熱帯林域でのAGB算出精度を飛躍的に高め、究極的に全球のAGB推定の高精度化のためのアルゴリズム開発を目指し、将来の実用衛星への指針を得ることにある。

ここで提案するMOLIライダーは、地表面傾斜に起因する林冠高計測での誤差低減を目的に、傾斜角度および方位角を自己決定できる機能を有している。パルス・レーザの出力光は、二分割された後に地表面に一対のフットプリントとして照射される。地上での各フットプリント径は25m、フットプリント間隔は約50mφ@along-track、約43m@cross-trackとなる。傾斜角度および方位角は、レーザショット毎、地上にalong-track方向に連続的に出現する多数のフットプリント対の中から、近接した３フットプリントに対する軌道ー地上間の往復時間の差より求められる。送信出力は20mJ/パルス/フットプリント、繰り返し150Hz、パルス幅7nsec。受信系光学系の口径は0.45mφ、検出器は二次元Si-APD、A/D変換は帯域幅500MHz、12bit-Digitizer。同時搭載の高解像度イメージャは、R/G/NIRバンド、swath幅1000 m、地上解像度5 mで構成されており、林冠のサイズ、高さ、および圃場データに関する情報等を取得する。林冠高の計測精度は、地表面傾斜角<30度で<±3m（<15mの森林）あるいは＜±25%（>15mの森林）。AGB観測精度は、<±20t/ha（<100t/haの森林）、<±25%（>100t/haの森林）をそれぞれ目標とする。現地調査は森林管理（台帳作成）にとって大事な作業であるが、熱帯林域では幾多の困難に出くわす。我々の試算によれば、MOLIの実現によりAGB現地調査回数・調査費用を1/2 ($\rho^2 = 0.5$の場合、ρ^2：地上調査からMOLI推定値への回帰の決定係数)～1/5 ($\rho^2 = 0.8$)、最大1/10 ($\rho^2 = 0.9$)と劇的に削減の可能性がある。送信レーザはパルス光なので、当然のことながらAGB観測はalong-trackに沿った離散的な2列のフットプリント列となる。MOLIの短所としては、光センシングのために天候に大きく影響される。

一方、L-band SAR (ALOS-2/PALSAR-2等)は全天候観測が可能なためリアルタイムでの変化の抽出に優れているが、とくに近年、斜め観測によるデータの歪みの補正方法が改善されて以来、山岳地での森林解析精度も

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上がりSARは大いに期待されている。半面、L-band SARは高密度な熱帯雨林すなわち、南米アマゾン流域、アフリカのコンゴ地域、東南アジア地域での熱帯林からの受信後方散乱信号は150t/h以上のAGBで飽和してしまう。その他、国内の閉鎖した成熟林では使えない、急峻な山岳地では不可視域による観測精度が劣化し、湿地林やマングローブでは水面による２回反射のためにバイオマス推定値が過大に評価されるなどの問題点がある。したがって、MOLIとSARが有する各々の長短所を有効に利用してそれぞれを補完することにより、高密度な熱帯雨林域でさえAGB観測精度を高められる。

さらにMOLIの実現は、ALOS-2/PALSAR-2を利用した森林減少の早期警戒システムであるJJ-FASTにとっても非常に有効な活用が期待できる。この伐採検出システムは森林減少面積の計測に注力を注いでおり、AGB計測の機能は有していない。MOLIデータとの融合は、伐採箇所の炭素放出量をも精密に算出可能となるであろう。

キーワード：ライダー、樹冠高、森林構造、森林バイオマス、L-バンドSAR、イメージャ
Keywords: Lidar, Canopy height , Forest structure, Forest biomass, L-band SAR, Imager

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of forest resources by a dual-wavelength imaging LiDAR system

*平田 竜一[1]、澤田 義人[1]、林 真智[2]、齋藤 英樹[3]、高橋 與明[3]、松永 恒雄[1]
*Ryuichi Hirata[1], Yoshito Sawada[1], Masato Hayashi[2], Hideki Saito[3], Tomoaki Takahashi[3], Tsuneo Matsunaga[1]

1. 国立環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 森林総合研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Japan Aerospace eXploration Agency, 3. Forestry and Forest Products Research Institute

We propose a mission of a dual-wavelength imaging LiDAR system, which measure global forest resources such as canopy heights and forest biomass with high accuracy. The purpose of the mission is to clarify global carbon cycle, countermeasure climate change, and to protect biodiversity. They are useful to evaluate forest resources for REDD+ and MRV.

This system includes two new technologies. One is imaging LiDAR with modulating Laser light to measure spatial distribution of forest resource in a footprint. Another is dual-wavelength to detect ground surface with high accuracy. Measuring spatial distribution of forest in a footprint by modulating Laser Light gives us information about canopy height and biomass with high accuracy compared with the former sensor such as ICESat/GLAS. A dual-wavelength is able to detect forest surface and ground surface more correctly than the former sensor. This system can increase measurement accuracy for canopy height on a slope, which is difficult situation for evaluating canopy height by the former systems because the system is able to measure a shape of ground surface in the area of Laser irradiation. One of the objective of this mission is to evaluate canopy height with 1 m accuracy; the accuracy of canopy heitht of ICESat/GLAS was 5 m and that of MOLI will be 3 m.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸域植生のSIF・PRIモニタリングのための高空間・波長分解能観測衛星の開発

Development of new satellite to monitor SIF and PRI of terrestrial vegetation with high spatial and wavelength resolutions

*野田 響[1]、大政 謙次[2]、彦坂 幸毅[3]、市井 和仁[4]、小林 秀樹[5]、加藤 知道[6]、村岡 裕由[7]
*Hibiki M Noda[1], Kenji Omasa[2], Kouki Hikosaka[3], Kazuhito Ichii[4], Hideki Kobayashi[5], Tomomichi Kato[6], Hiroyuki Muraoka[7]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所、2. 東京大学、3. 東北大学、4. 千葉大学、5. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、6. 北海道大学、7. 岐阜大学
1. NIES National Institute of Environmental Studies, 2. University of Tokyo, 3. Tohoku University, 4. Chiba University, 5. JAMSTEC, 6. Hokkaido University, 7. Gifu University

陸域生態系の植物の光合成量（一次生産量）の時空間変動の詳細かつ広域的な把握は，気候変動下の大気ー生態系間の二酸化炭素（CO_2）交換量の監視，その知見による温暖化緩和策および適応策の策定，さらにそれら成果の評価に不可欠である。地球観測衛星は広域の生態系の構造と機能を把握する強力なツールであり，これまで，衛星観測により得られる正規化植生指標（NDVI）等の情報から一次生産推定が試みられてきた。しかし，これらの指標は植物の緑葉量を表すのみであり，気象に応じて日々変化する光合成活性の変化を反映せず，大きな不確実性を伴っていた。一方，近年，高波長分解能衛星センサーの登場により，光合成過程の中心である光化学系から発せられる微弱な光，いわゆる太陽光励起クロロフィル蛍光（Solar-induced chlorophyll fluorescence, SIF）の観測が可能になった。SIFは従来の植生指数よりも直接的に光合成活性を反映するとされている。また，光合成過程の光化学系では，キサントフィルサイクルが余剰なエネルギーを熱として放出する役割を果たす。キサントフィルサイクルの状態はPhotochemical Reflectance Index（PRI）と呼ばれる光学指標により生理学的理論に基づいて評価することができる。個葉レベルでの最新の研究では，光合成速度を推定するモデルにおいて，SIFとPRIの同時測定データの有効性が証明されている（Hikosaka and Noda 2019）。衛星観測スケールにおいても，光合成の生理学的メカニズムに基づいた一次生産量推定モデルの構築が必要とされる。しかし，衛星によるこれら２指標の同時観測は行われておらず，ESA（欧州宇宙機関）が2022年に打ち上げを予定しているFLEXミッションで計画しているのみである。さらに，現行衛星での観測は，いずれも植生以外の観測を主目的としたセンサーによる副次的な観測に過ぎない。そのため，空間解像度が非常に粗く，地上観測サイトでの微気象学的手法によるフラックス観測との間に大きなスケールギャップがあり，衛星観測SIFおよびPRIによる光合成活性の推定の大きな壁となっている。

本提案では，陸域植生のSIFおよびPRI，さらにNDVIをはじめとする従来の植生指数について，同時・同一視野で，かつ前例のない高空間分解能での観測をする新たな地球観測衛星の開発を提案する。この新規衛星で得られるデータと地上観測フラックスデータ等を融合し，高精度な一次生産量の推定モデルの構築を行い，全球の陸域植生に応用する。

キーワード：植生リモートセンシング、太陽光励起クロロフィル蛍光、キサントフィルサイクル
Keywords: vegetation remote sensing, solar-induced chlorophyll fluorescence, xanthophyll cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Satellite Observation of the Whole Atmosphere - Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2)

*塩谷 雅人[1]、齊藤 昭則[1]、坂崎 貴俊[1]、落合 啓[2]、バロン フィリップ[2]、西堀 俊幸[3]、鈴木 睦[3]、阿部 琢美[3]、前澤 裕之[4]、大山 伸一郎[5,6,7]
*Masato Shiotani[1], Akinori Saito[1], Takatoshi Sakazaki[1], Satoshi Ochiai[2], Philippe Baron[2], Toshiyuki Nishibori[3], Makoto Suzuki[3], Takumi Abe[3], Hiroyuki Maezawa[4], Shin-ichiro Oyama[5,6,7]

1. 京都大学、2. 情報通信研究機構、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 大阪府立大学、5. 名古屋大学、6. オウル大学、7. 国立極地研究所
1. Kyoto University, 2. National Institute of Information and Communications Technology, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Osaka Prefecture University, 5. Nagoya University, 6. University of Oulu, 7. National Institute of Polar Research

The Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) launched by an H-IIB rocket with the H-II Transfer Vehicle (HTV) in September 2009 and attached to the Japanese Experiment Module (JEM) on the International Space Station (ISS) demonstrated high-sensitivity submillimeter limb-emission sounding of atmospheric observations. Though the observation period is limited to about 6 months (October 12, 2009- April 21, 2010) owing to the failure of a critical component, outstanding results have been achieved such as an identification of diurnal cycle of the stratospheric ozone, which had not been examined yet because of poor data quality in the previous satellite measurements. In addition by comparing SMILES data with existing observation data and results from the chemistry climate models, it has been recognized that we need a reference data for temperature, wind, and minor species with high precision to constrain the models. After the launch there has been discussions about the possibility to derive wind information from the Doppler shift of observed lines, and the necessity to have temperature information from adequate line selection. Thus we now recognize the potential of high-sensitivity observations about temperature and wind fields up to 150 km.

Based on the SMILES heritage, we propose a satellite mission to observe temperature and wind fields, and distributions of atmospheric minor species for the full diurnal cycle from the middle atmosphere (stratosphere and mesosphere) to the upper atmosphere (thermosphere and ionosphere) for a period of five years. SMILES-2 observations will enable us to obtain global information with unprecedented accuracy on the whole atmosphere including upper mesosphere and lower thermosphere where observation data have been lacking.

This mission has four science objectives:
(MO.1) To investigate the 4-D space-time structure of the diurnal variations (atmospheric tides) in view of dynamics, chemistry, and electromagnetic processes
(MO.2) To unveil the vertical propagation of synoptic-to-planetary scale disturbances from the middle atmosphere (non-migrating tides and stratospheric sudden warming events) to the upper atmosphere
(MO.3) To understand atmospheric variations due to energy inputs from the magnetosphere (particle precipitation and magnetic storm)
(MO.4) To provide benchmarks for whole atmosphere models and climate models with detailed description of the background thermal structure and distribution of minor species

Using observation data from the middle atmosphere to the upper atmosphere as a whole, we will be able to grasp the 4-D dynamical structure of diurnal variations (atmospheric tides) which are one of the most

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

essential variabilities in the earth’ s atmosphere. For understanding climate change in view of chemical processes affecting the ozone layer, we will be able to utilize high-sensitivity measurements of the atmospheric minor species in a quantitative manner. In the upper atmosphere, a transition layer between the atmosphere and the outer space, we will be able to clarify a role of energy inputs from the magnetosphere from the temperature and wind observations. These outcomes including the atmospheric trace gas data will greatly contribute to improvement in reliability of chemistry climate models for future projection and accuracy of prediction models for space weather.

キーワード：中層大気、高層大気、衛星観測、気温、風
Keywords: middle atmosphere, upper atmosphere, satellite observations, temperature, wind

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation studies for Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder-2 (SMILES-2)

*Philippe Baron[1], Satoshi Ochiai[1], Donal Murtagh[5], Hideo Sagawa[2], Akinori Saito[3], Masato Shiotani[3], Makoto Suzuki[4]

1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Kyoto Sangyo University, 3. Kyoto University, 4. Japan Aerospace Exploration Agency, 5. Chalmers University of Technology, Sweden

SMILES-2 is a mission prepared for the next call-for-proposals for JAXA/ISAS M-class scientific satellite mission. It aims at scanning the atmospheric limb from 20 to 160 km above the surface at frequencies near 700 GHz and 2 THz. It could provide the temperature and composition as well as, for the first time, the horizontal wind vector above 30 km, the atomic oxygen in its ground state above 90 km, and the atmospheric density and the geomagnetic field vector near the mesopause. The measurement performances have been assessed from numerical simulations. We will present the results obtained for the 3 radiometers.

Keywords: middle and upper atmosphere, wind, geomagnetic field, atomic oxygen

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2の衛星搭載性検討
Feasibility of Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2) on an M-class satellite

*落合 啓[1]、バロン フィリプ[1]、入交 芳久[1]、西堀 俊幸[2]、鈴木 睦[2]、鵜澤 佳徳[3]、前澤 裕之[4]、真鍋 武嗣[4]、齊藤 昭則[5]、塩谷 雅人[5]
*Satoshi Ochiai[1], Philippe Baron[1], Yoshihisa Irimajiri[1], Toshiyuki Nishibori[2], Makoto Suzuki[2], Yoshinori Uzawa[3], Hiroyuki Maezawa[4], Takeshi Manabe[4], Akinori Saito[5], Masato Shiotani[5]

1. 情報通信研究機構、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 国立天文台、4. 大阪府立大学、5. 京都大学
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. Osaka Prefecture University, 5. Kyoto University

超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2は、太陽非同期の低軌道衛星に搭載し、サブミリ波のリム観測で中層から超高層大気の温度、風、大気成分を包括的に観測するミッションである。現在、JAXA宇宙科学研究所の公募型小型計画に対応した衛星計画として提案している。SMILES-2が実現すれば、高度分解能2.5 kmから5 km程度で、対流圏界面から下部熱圏(高度150 km程度まで)の温度分布、上部成層圏(30 km程度から)から下部熱圏の水平風分布、さらに、成層圏から中間圏に存在する水蒸気、オゾン、その他の微量成分の分布、下部熱圏の酸素原子の分布を、毎日、全球に近い領域で観測することができる。さらに、太陽非同期の衛星軌道により、1.5ヶ月から3ヶ月で24時間分のローカルタイムの大気を観測でき、日周変動成分を把握することができる。

大気パラメータの日周変動を捉えることがSMILES-2のもっとも重要な目標であり、それに必要な衛星軌道、観測精度、観測周波数帯域等を検討した。その結果、観測要求を満たすSMILES-2ミッションは、638 GHz帯、763 GHz帯と、2 THz帯の超伝導受信機を持ち、軌道高度550 km、軌道傾斜角66度の衛星に搭載し大気リムが観測できる仕様のものと考えている。リム観測は、軌道に沿っておよそ690 kmおきに太陽とは逆方向の大気を鉛直方向にスキャンする。水平風の風向・風速を得るために同じ大気を8分程度の時間をおいて2方向から観測する。これにより1日で約830点の鉛直プロファイルを取得する。期待される観測精度は別の発表にまとめられている。とくに風の観測精度は、それぞれの高度の典型的な日周変化の振幅と同程度かそれより少し良い程度と見積もられている。観測精度を良くするには、サブミリ波受信機の感度を高くするか、時間空間分解能を落とす必要がある。SMILES-2では積算できる観測データの数はそれほど多くないので、受信機感度を高くすることは必須である。SMILES-2に搭載することを考えている超伝導受信機は、サブミリ波ヘテロダイン受信機しては最高の感度をもつ受信機である。

SMILES-2は、2009年に国際宇宙ステーションのきぼうに搭載した超伝導サブミリ波リム放射サウンダのJEM/SMILESで培った技術を利用する。JEM/SMILESは、サブミリ波超伝導ヘテロダイン受信機を機械式冷凍機だけで冷却して地球観測に用いた初めてのミッションで、約半年間の観測に成功した。4 Kに冷却する機械式冷凍機の、宇宙での長期間運転実績は日本にないが、地上試験では4年以上の寿命が実証されている。JEM/SMILESの地上試験で、冷凍機の消費電力は153 W程度、JEM/SMILESペイロードは320 W程度が得られている。きぼうでの実験における消費電力の制約に比べると、SMILES-2で想定する小型衛星(宇宙研の公募型小型計画の衛星)での消費電力の制約はたいへん厳しい。SMILES-2が取る軌道の小型衛星では、ミッション部で常時利用できる電力が、軌道の日陰率が高い時期で323 W程度と見込まれている。JEM/SMILESの地上試験での消費電力より大きなリソースだが、SMILES-2ミッション部には、JEM/SMILESペイロードには含まれていなかったデータ通信系やデータレコーダなどが含まれるので、必要とする電力は大きい。その上、受信周波数のバンド数を増やすことによる冷凍能力の増加があり、3年から5年の運用を想定した場合、冷凍機の効率低下を補償するように入力電力を大きくする必要があるため、冷凍機の消費電力も大きくなると予想される。

SMILES-2の衛星搭載可能性においては、開発費用等に関する問題と共に、電力収支が成り立つかが最大の課

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

題と考えている。冷凍機の消費電力を低く抑えることが重要であり、そのための検討を行っている。冷凍機メーカによる冷凍機やクライオスタット設計に関する検討の他、極低温部への熱流入の少ない超伝導受信機構成の開発や、放射冷却を利用してクライオスタット等を低温にする衛星システムの設計などである。また、冷凍機以外のSMILES-2ミッション部の機器の電力についても削減策を検討することで、トータルで電力収支を成立させることはできるだろうと考えている。

上記の課題を解決した上で、SMILES-2をJAXA宇宙科学研究所の次の公募型小型計画の募集に対して提案する予定である。

キーワード：衛星観測、中層大気、超高層大気、マイクロ波観測、極低温冷凍機、風観測
Keywords: satellite observation, middle atmosphere, upper atmosphere, microwave observation, cryocooler, wind measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-TT 計測技術・研究手法

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[M-TT45] 雪氷圏地震学

コンビーナ:豊国 源知(東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)、金尾 政紀(国立極地研究所)、坪井 誠司(海洋研究開発機構)

地球温暖化により、特にグリーンランド氷床では氷体積の減少が顕著に加速している。これに伴い氷床縁辺の流動・崩壊・流出に関連した振動現象「氷河地震」が多数観測され、その発生様式や時空間分布が氷床変動を知る指標として注目されている。氷河地震は、氷河・棚氷の流出、氷崖の崩落、氷床底面流動による基盤岩摩擦、氷床下湖からの流出等で励起されるが、メカニズムは未解明な部分が多い。さらに海洋変動や氷床後退に伴う固体地球応答との関連等、氷河地震は極域表層環境変動の検知の新指標となる。最近は地震データで南極氷床下の火山が発見されたり、巨大地震の表面波で氷震が励起された例も知られる。このように雪氷変動と固体地球振動とを繋ぐ「雪氷圏地震学」は、新たな学際的研究フロンティアである。
本セッションでは、氷河地震を中心に「雪氷圏地震学」に関連した話題:温暖化に伴う地震発生、活動様式、氷床氷河変動との関連、海氷海洋変動との相関、波動伝搬特性、共鳴的微動、極域の地殻マントル構造とダイナミクス、等を募る。本セッションは2015年度から毎年開催されており、昨年度はユニオンセッションとして開催された実績を持つ。

[MTT45-P01] Application of neural network and theoretical seismograms as training data to locate ice quakes

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1] (1.海洋研究開発機構)

[MTT45-P02] **P-wave tomography beneath Greenland**

*松野 貴也[1]、豊国 源知[1]、趙 大鵬[1] (1.東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)

[MTT45-P03] **Seismic observations in Greenland by a joint USA and Japanese GLISN team (2011–2018)**

*豊国 源知[1]、金尾 政紀[2]、坪井 誠司[3]、東野 陽子[4] (1.東北大・理・予知セ、2.極地研、3.JAMSTEC、4.東大・地震研)

Application of neural network and theoretical seismograms as training data to locate ice quakes

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1]
*Seiji Tsuboi[1], DAISUKE SUGIYAMA[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC, Center for Earth Information Science and Technology

We have applied numerically computed theoretical seismograms and deep machine learning to locate earthquakes. We calculate theoretical seismograms for realistic three-dimensional Earth model and use these seismograms to create seismic wave propagation images at the surface of the Earth. Then we use these images as training dataset of convolutional neural network. We build neural networks for determination of hypocentral parameters, such as epicenter, depth, origin time and magnitude, and applied these networks to actual seismograms to examine if this procedure works to locate earthquake and determine magnitude. Although the number of earthquakes is small and the regional extent is quite limited, the results demonstrate that it is feasible to locate earthquakes by using this approach. Advantages of using this approach to locate earthquakes and determine magnitude are; accuracy of hypocenter parameters can be increased by accumulating theoretical seismograms for various earthquake location and size as learning dataset of deep machine learning; three dimensional Earth structure can be included without additional computational cost to locate earthquakes. Here we will discuss a possibility of applying this methodology to locate ice quakes, which happen in and near the ice sheet.

キーワード：氷河地震、震源決定、理論地震記録
Keywords: icequakes, hypocenter determination, synthetic seismograms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

P-wave tomography beneath Greenland

*松野 貴也[1]、豊国 源知[1]、趙 大鵬[1]
*Takaya Matsuno[1], Genti Toyokuni[1], Dapeng Zhao[1]

1. 東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

The Greenland landmass has a long and complex tectonic history (~4 billion years). However, most of the continent is covered by the extensive inland ice cap, so it was hard to access its geology and the underlying tectonics. The Greenland Ice Sheet Monitoring Network (GLISN) is an international project by 11 countries to establish a seismic network in and around Greenland (Toyokuni et al., 2014). The project was initiated in 2009, and now it provides broadband, continuous, and real-time seismic data recorded at 33 stations. In this study we aim to investigate the 3-D upper mantle structure beneath Greenland by using the GLISN data.

We inverted a number of P-wave arrival-time data of both local and teleseismic events, observed at 30 GLISN stations, to estimate a 3-D P-wave velocity (Vp) model beneath Greenland and surrounding regions. All of the GLISN arrival-time data are downloaded from the Bulletins of the International Seismological Centre. We used the seismic tomography method by Zhao et al. (2012).

In the polar region, if grid nodes are arranged on the basis of equatorial coordinates, distance between two adjacent nodes in the same latitude decreases as it gets closer to the pole. To overcome this problem, we converted our study region from the equatorial coordinates to the ecliptic coordinates. This scheme enables us to solve tomographic equations in quasi-Cartesian coordinates (e.g., Kobayashi & Zhao, 2004; Gupta et al., 2009; Takenaka et al., 2017). We set up a 3-D grid with a horizontal grid interval of 2° and a vertical grid interval of 15–30 km (at depths of 5–700 km).

The results of this study are summarized as follows.
(1) There is a prominent low-Vp anomaly beneath Iceland (depth < 500 km), which is related to the current Iceland plume.
(2) In the shallow mantle (40-250 km depths) beneath central and offshore eastern Greenland, Vp is relatively lower than those in the other inland areas of Greenland in the depth range, which may reflect the ancient motion path of the Iceland plume. This feature coincides with known basalt areas at central western and eastern coasts of Greenland.

References:
Kobayashi, R. & D. Zhao (2004) PEPI, 141, 167–181.
Gupta, S., D. Zhao & S. Rai (2009) Gondwana Res, 16, 109–118.
Takenaka, H. et al. (2017) EPS, 69, 67.
Toyokuni, G. et al. (2014) Antarctic Record, 58, 1–18.
Zhao, D. et al. (2012) GJI, 190, 816–828.

キーワード：地震波トモグラフィー、グリーンランド、アイスランドプルーム、GLISN計画
Keywords: Seismic tomography, Greenland, Iceland plume, GLISN project

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic observations in Greenland by a joint USA and Japanese GLISN team (2011–2018)

*豊国 源知[1]、金尾 政紀[2]、坪井 誠司[3]、東野 陽子[4]
*Genti Toyokuni[1], Masaki Kanao[2], Seiji Tsuboi[3], Yoko Tono[4]

1. 東北大・理・予知セ、2. 極地研、3. JAMSTEC、4. 東大・地震研
1. RCPEVE, Tohoku Univ., 2. NIPR, 3. JAMSTEC, 4. ERI, Univ. Tokyo

The Greenland Ice Sheet (GrIS) is a huge storehouse of water on Earth, and has the potential to raise the global sea level by approximately 7 m if completely melted. Although researchers have been mainly studying the GrIS surface snowmelt as a response to climate warming, recent progress in ice-core drilling, remote sensing, and theoretical analyses has turned a spotlight on its basal conditions. However, the traditional observation techniques, such as ice-core drilling and ice-penetrating radar, provide only discontinuous information in both time and space.

Seismic observation is now drawing widespread attention as an alternative method for monitoring the GrIS. The Greenland Ice Sheet Monitoring Network (GLISN), an international project between 11 countries that began in 2009, now provides broadband, continuous, and real-time seismic data from 33 stations in and around Greenland. Japan is a partner country from when the GLISN project was launched, and has been sending an expedition team every year since 2011. In 2011, a joint USA and Japanese GLISN team installed the dual seismic–GPS station ICESG-GLS2 in the middle of the GrIS. During 2012–2018, we conducted maintenance of three stations on the GrIS (station codes: ICESG-GLS2, DY2G-GLS1, and NEEM-GLS3), and three stations on bedrock in coastal areas (NUUK, DBG, and SOEG). We had succeeded in real-time transmission of broad-band and continuous seismic waveform data from the three ice stations. It was the first time in the world that the seismic data with such a high sampling rate are transferred from the ice sheet. The data is now open to public and available from the IRIS Data Management Center (http://www.iris.edu/ds/nodes/dmc/). This presentation will summarize our field activities for 2011–2018, and introduce the future field plans.

Acknowledgments: The Japanese GLISN team has been supported by research grants from JSPS (24403006).

キーワード：GLISN計画、地震観測、グリーンランド氷床
Keywords: GLISN project, Seismic observation, Greenland Ice Sheet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-TT 計測技術・研究手法

2019年5月29日(水) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_40

[M-TT45] 雪氷圏地震学

コンビーナ:豊国 源知(東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)、金尾 政紀(国立極地研究所)、坪井 誠司(海洋研究開発機構)

地球温暖化により、特にグリーンランド氷床では氷体積の減少が顕著に加速している。これに伴い氷床縁辺の流動・崩壊・流出に関連した振動現象「氷河地震」が多数観測され、その発生様式や時空間分布が氷床変動を知る指標として注目されている。氷河地震は、氷河・棚氷の流出、氷崖の崩落、氷床底面流動による基盤岩摩擦、氷床下湖からの流出等で励起されるが、メカニズムは未解明な部分が多い。さらに海洋変動や氷床後退に伴う固体地球応答との関連等、氷河地震は極域表層環境変動の検知の新指標となる。最近は地震データで南極氷床下の火山が発見されたり、巨大地震の表面波で氷震が励起された例も知られる。このように雪氷変動と固体地球振動とを繋ぐ「雪氷圏地震学」は、新たな学際的研究フロンティアである。
本セッションでは、氷河地震を中心に「雪氷圏地震学」に関連した話題:温暖化に伴う地震発生、活動様式、氷床氷河変動との関連、海氷海洋変動との相関、波動伝搬特性、共鳴的微動、極域の地殻マントル構造とダイナミクス、等を募る。本セッションは2015年度から毎年開催されており、昨年度はユニオンセッションとして開催された実績を持つ。

[MTT45-P01] Application of neural network and theoretical seismograms as training data to locate ice quakes

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1] (1.海洋研究開発機構)

[MTT45-P02] **P-wave tomography beneath Greenland**

*松野 貴也[1]、豊国 源知[1]、趙 大鵬[1] (1.東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター)

[MTT45-P03] **Seismic observations in Greenland by a joint USA and Japanese GLISN team (2011–2018)**

*豊国 源知[1]、金尾 政紀[2]、坪井 誠司[3]、東野 陽子[4] (1.東北大・理・予知セ、2.極地研、3.JAMSTEC、4.東大・地震研)

Application of neural network and theoretical seismograms as training data to locate ice quakes

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1]
*Seiji Tsuboi[1], DAISUKE SUGIYAMA[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC, Center for Earth Information Science and Technology

We have applied numerically computed theoretical seismograms and deep machine learning to locate earthquakes. We calculate theoretical seismograms for realistic three-dimensional Earth model and use these seismograms to create seismic wave propagation images at the surface of the Earth. Then we use these images as training dataset of convolutional neural network. We build neural networks for determination of hypocentral parameters, such as epicenter, depth, origin time and magnitude, and applied these networks to actual seismograms to examine if this procedure works to locate earthquake and determine magnitude. Although the number of earthquakes is small and the regional extent is quite limited, the results demonstrate that it is feasible to locate earthquakes by using this approach. Advantages of using this approach to locate earthquakes and determine magnitude are; accuracy of hypocenter parameters can be increased by accumulating theoretical seismograms for various earthquake location and size as learning dataset of deep machine learning; three dimensional Earth structure can be included without additional computational cost to locate earthquakes. Here we will discuss a possibility of applying this methodology to locate ice quakes, which happen in and near the ice sheet.

キーワード：氷河地震、震源決定、理論地震記録
Keywords: icequakes, hypocenter determination, synthetic seismograms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

P-wave tomography beneath Greenland

*松野 貴也[1]、豊国 源知[1]、趙 大鵬[1]
*Takaya Matsuno[1], Genti Toyokuni[1], Dapeng Zhao[1]

1. 東北大学　大学院理学研究科　地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

The Greenland landmass has a long and complex tectonic history (~4 billion years). However, most of the continent is covered by the extensive inland ice cap, so it was hard to access its geology and the underlying tectonics. The Greenland Ice Sheet Monitoring Network (GLISN) is an international project by 11 countries to establish a seismic network in and around Greenland (Toyokuni et al., 2014). The project was initiated in 2009, and now it provides broadband, continuous, and real-time seismic data recorded at 33 stations. In this study we aim to investigate the 3-D upper mantle structure beneath Greenland by using the GLISN data.

We inverted a number of P-wave arrival-time data of both local and teleseismic events, observed at 30 GLISN stations, to estimate a 3-D P-wave velocity (Vp) model beneath Greenland and surrounding regions. All of the GLISN arrival-time data are downloaded from the Bulletins of the International Seismological Centre. We used the seismic tomography method by Zhao et al. (2012).

In the polar region, if grid nodes are arranged on the basis of equatorial coordinates, distance between two adjacent nodes in the same latitude decreases as it gets closer to the pole. To overcome this problem, we converted our study region from the equatorial coordinates to the ecliptic coordinates. This scheme enables us to solve tomographic equations in quasi-Cartesian coordinates (e.g., Kobayashi & Zhao, 2004; Gupta et al., 2009; Takenaka et al., 2017). We set up a 3-D grid with a horizontal grid interval of 2° and a vertical grid interval of 15–30 km (at depths of 5–700 km).

The results of this study are summarized as follows.
(1) There is a prominent low-Vp anomaly beneath Iceland (depth < 500 km), which is related to the current Iceland plume.
(2) In the shallow mantle (40-250 km depths) beneath central and offshore eastern Greenland, Vp is relatively lower than those in the other inland areas of Greenland in the depth range, which may reflect the ancient motion path of the Iceland plume. This feature coincides with known basalt areas at central western and eastern coasts of Greenland.

References:
Kobayashi, R. & D. Zhao (2004) PEPI, 141, 167–181.
Gupta, S., D. Zhao & S. Rai (2009) Gondwana Res, 16, 109–118.
Takenaka, H. et al. (2017) EPS, 69, 67.
Toyokuni, G. et al. (2014) Antarctic Record, 58, 1–18.
Zhao, D. et al. (2012) GJI, 190, 816–828.

キーワード：地震波トモグラフィー、グリーンランド、アイスランドプルーム、GLISN計画
Keywords: Seismic tomography, Greenland, Iceland plume, GLISN project

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic observations in Greenland by a joint USA and Japanese GLISN team (2011–2018)

*豊国 源知[1]、金尾 政紀[2]、坪井 誠司[3]、東野 陽子[4]
*Genti Toyokuni[1], Masaki Kanao[2], Seiji Tsuboi[3], Yoko Tono[4]

1. 東北大・理・予知セ、2. 極地研、3. JAMSTEC、4. 東大・地震研
1. RCPEVE, Tohoku Univ., 2. NIPR, 3. JAMSTEC, 4. ERI, Univ. Tokyo

The Greenland Ice Sheet (GrIS) is a huge storehouse of water on Earth, and has the potential to raise the global sea level by approximately 7 m if completely melted. Although researchers have been mainly studying the GrIS surface snowmelt as a response to climate warming, recent progress in ice-core drilling, remote sensing, and theoretical analyses has turned a spotlight on its basal conditions. However, the traditional observation techniques, such as ice-core drilling and ice-penetrating radar, provide only discontinuous information in both time and space.

Seismic observation is now drawing widespread attention as an alternative method for monitoring the GrIS. The Greenland Ice Sheet Monitoring Network (GLISN), an international project between 11 countries that began in 2009, now provides broadband, continuous, and real-time seismic data from 33 stations in and around Greenland. Japan is a partner country from when the GLISN project was launched, and has been sending an expedition team every year since 2011. In 2011, a joint USA and Japanese GLISN team installed the dual seismic–GPS station ICESG-GLS2 in the middle of the GrIS. During 2012–2018, we conducted maintenance of three stations on the GrIS (station codes: ICESG-GLS2, DY2G-GLS1, and NEEM-GLS3), and three stations on bedrock in coastal areas (NUUK, DBG, and SOEG). We had succeeded in real-time transmission of broad-band and continuous seismic waveform data from the three ice stations. It was the first time in the world that the seismic data with such a high sampling rate are transferred from the ice sheet. The data is now open to public and available from the IRIS Data Management Center (http://www.iris.edu/ds/nodes/dmc/). This presentation will summarize our field activities for 2011–2018, and introduce the future field plans.

Acknowledgments: The Japanese GLISN team has been supported by research grants from JSPS (24403006).

キーワード：GLISN計画、地震観測、グリーンランド氷床
Keywords: GLISN project, Seismic observation, Greenland Ice Sheet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.