2019年5月29日(水)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

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

13:48 ~ 14:00

[U04-01] 地球惑星科学における高速過程　研究組織の構築に向けて

★招待講演

*芳野 極[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

14:00 ~ 14:15

[U04-02] 粉砕岩のフラクタル特性と岩石の動的粉砕

★招待講演

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

14:15 ~ 14:30

[U04-03] 滑りの不安定化における普遍的加速過程

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

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

★Invited Papers

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

14:45 ~ 15:00

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

★招待講演

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

15:00 ~ 15:15

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

★招待講演

*前野 深[1] (1.東京大学地震研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

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

15:30 ~ 15:45

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

★招待講演

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

15:45 ~ 16:00

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

★Invited Papers

*久保 友明[1]、宮原 正明[2] (1.九州大学、2.広島大学)

16:00 ~ 16:15

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

★Invited Papers

*尾崎 典雅[1] (1.大阪大学)

16:15 ~ 16:30

[U04-10] X線自由電子レーザーで捉える動的過程

★招待講演

*片山 哲夫[1] (1.公益財団法人　高輝度光科学研究センター)

16:30 ~ 16:45

[U04-11] 放射光Ｘ線を用いた高速度計測

★招待講演

*上杉 健太朗[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

16:45 ~ 16:58

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

★招待講演

*河野 義生[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[U-07] 連合の環境・災害への対応―予期せぬ地質災害の衝撃に備える―

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

10:45 ~ 10:55

[U07-01] 予期せぬ地質災害の衝撃を緩和する自然災害環境と景観の理解

*奥村 晃史[1] (1.広島大学大学院文学研究科)

10:55 ~ 11:10

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

*宮村 淳一[1] (1.気象庁)

11:10 ~ 11:25

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

*松田 博貴[1,2] (1.熊本大学、2.日本地質学会)

11:25 ~ 11:40

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

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

11:40 ~ 11:55

[U07-05] 地震ハザードマップへの非線形地盤応答の影響

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

11:55 ~ 12:10

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

★招待講演

*八木 浩司[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

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

9:00 ~ 10:30 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

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

9:00 ~ 9:15

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

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

9:15 ~ 9:30

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

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

9:30 ~ 9:45

[PEM16-03] 極域熱圏風の加速領域の空間分布と二次元観測の重要性

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

9:45 ~ 10:00

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

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

10:00 ~ 10:15

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

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

10:15 ~ 10:30

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

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

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

10:45 ~ 12:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

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

10:45 ~ 11:00

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

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

11:00 ~ 11:15

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

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

11:15 ~ 11:30

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

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

11:30 ~ 11:45

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

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

11:45 ~ 12:00

[PEM16-11] 桜島噴火の規模とGPS-TEC変動との相関

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

12:00 ~ 12:15

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

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

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

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

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

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

13:45 ~ 14:00

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

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

14:00 ~ 14:15

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

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

14:15 ~ 14:30

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

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

14:30 ~ 14:45

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

*梅垣 千賀[1]、天野 孝伸[1]、北村 成寿[1] (1.東京大学)

14:45 ~ 15:00

[PEM18-05] 統計的衝撃波ドリフト加速理論の観測的検証

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

15:00 ~ 15:15

[PEM18-06] 太陽圏境界領域の動径方向構造

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

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

9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

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

9:00 ~ 9:15

[PCG24-01] ALMA観測による太陽大気構造の理解

★招待講演

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

9:15 ~ 9:30

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

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

9:30 ~ 9:45

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

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

9:45 ~ 10:00

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

★招待講演

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

10:00 ~ 10:30

[PCG24-05] アルマによる惑星系形成研究

★招待講演

*深川 美里[1] (1.国立天文台)

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

10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

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

10:45 ~ 11:00

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

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

11:00 ~ 11:15

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

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

11:15 ~ 11:30

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

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

11:30 ~ 11:45

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

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

11:45 ~ 12:00

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

*松浦 孝之[1]、奥住 聡[1] (1.東京工業大学)

12:00 ~ 12:15

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

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

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

9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

9:00 ~ 9:30

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

★招待講演

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

9:30 ~ 9:45

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

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

9:45 ~ 10:00

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

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

10:00 ~ 10:15

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

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

10:15 ~ 10:30

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

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

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

13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

13:45 ~ 14:00

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

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

14:00 ~ 14:15

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

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

14:15 ~ 14:30

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

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

14:30 ~ 14:45

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

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

14:45 ~ 15:00

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

*茂木 信宏[1] (1.国立大学法人東京大学)

15:00 ~ 15:15

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

*Sergio Ibarra Espinosa[1]、Xuelei Zhang[1]、Aijun Xiu[1]、Edmilson Dias de Freitas[2] (1.Research Group of Regional Atmospheric Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, P. R. China、2.Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, Brazil.)

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

15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

15:30 ~ 16:00

[AAS04-12] Effect of land use change on GHG fluxes of tropical peat forests in Borneo island

★Invited Papers

*平田 竜一[1]、Habura Borjigin[1]、白石 知弘[1]、平野 高司[2]、Mellling Lulie[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学、3.Sarawak Tropical Peat Research Institute)

16:00 ~ 16:30

[AAS04-13] 地球観測衛星による陸域生態系炭素固定機能のリモートセンシング

★招待講演

*野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、清野 友規[1]、宮内 達也[1]、松永 恒雄[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

16:30 ~ 16:45

[AAS04-14] GOSAT TANSO-FTS TIRより導出された二酸化炭素濃度の上部対流圏および下部成層圏の変動解析

*江口 菜穂[1]、本田 照裕[1]、齋藤 尚子[2]、丹羽 洋介[3] (1.九州大学、2.千葉大学、3.国立環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[AAS04-15] C-130H輸送機により観測された北西太平洋上空における大気ポテンシャル酸素の季節および年々変動

*石戸谷 重之[1]、坪井 一寛[2]、丹羽 洋介[3]、村山 昌平[1]、松枝 秀和[2]、澤 庸介[2]、青木 伸行[1]、石島 健太郎[2]、古積 健太郎[4]、梅澤 研太[4]、雪田 一弥[4]、西田 重晴[4]、山本 めぐみ[4] (1.産業技術総合研究所、2.気象研究所、3.国立環境研究所、4.気象庁)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:渡邉 真吾(海洋研究開発機構)

9:10 ~ 9:40

[AAS05-01] Turbulent kinetic energy dissipation rates depending on the polar vortex and on synoptic-scale disturbances in the UTLS region in the Antarctic

★Invited Papers

*高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]、西村 耕司[2]、堤 雅基[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻大気海洋科学講座、2.国立極地研究所、総合研究大学院大学)

9:40 ~ 9:55

[AAS05-02] 熱帯成層圏界面領域における半年周期振動の運動量収支解析

*冨川 喜弘[1,2]、V. Harvey[3]、John Knox[4]、藤原 正智[5] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.コロラド大学ボルダー校、4.ジョージア大学、5.北海道大学)

9:55 ~ 10:10

[AAS05-03] 高解像度ラジオゾンデデータを用いた夏の成層圏・中間圏に到達する重力波の発生源に関する研究

*奥井 晴香[1]、高麗 正史[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

10:10 ~ 10:25

[AAS05-04] Stratospheric initial conditions provide seasonal predictability of the North Atlantic and Arctic Oscillations

*Yu Nie[1]、Adam Scaife[2,3]、Hong-Li Ren[1,4]、Ruth Comer[2]、Martin Andrews[2] (1.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, China、2.Met Office Hadley Centre, Exeter, UK、3.College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, UK、4.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geoscience, Wuhan, China)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:関谷 高志

10:45 ~ 11:15

[AAS05-05] Transport of trace gases into the extratropical upper troposphere/lower stratosphere

★Invited Papers

*稲飯 洋一[1]、藤田 遼[2,1]、町田 敏暢[3]、松枝 秀和[4]、澤 庸介[4]、坪井 一寛[4]、勝又 啓一[3,5]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1] (1.東北大学、2.Imperial College London、3.環境研、4.気象研、5.高千穂化学工業)

11:15 ~ 11:30

[AAS05-06] Possible impacts of stratospheric ozone on circulation changes in the tropical troppposphere following a stratospheric sudden warming event

*出牛 真[1] (1.気象研究所環境・応用気象研究部)

11:30 ~ 11:45

[AAS05-07] **Stratosphere-troposphere exchange of ozone and carbon monoxide over the northern Pacific Ocean in northern winter using two chemical reanalysis data sets**

*席 浩森[1]、藤原 正智[1]、宮崎 和幸[2] (1.北海道大学大学院　地球環境科学院、2.NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA)

11:45 ~ 12:00

[AAS05-08] **Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasts**

*Yanjun GUO[1]、Cheng-zhi Zou[2]、Panmao Zhai[3]、Guofu Wang[1] (1.National Climate Center(NCC), China Meteorological Administration(CMA) 、2.Center for Satellite Applications and Research, NOAA/NESDIS、3.Chinese Academy of Meteorolgical Sciences (CAMS), China Meteorological Administration (CMA))

12:00 ~ 12:15

[AAS05-09] Environmental Characterization of the Atmosphere Using WACCM-X

*Rose Tseng[1]、Michelle Kanipe[1]、Brian Urbancic[1]、Robert Tournay[1]、Omar Nava[1]、Daniel Emmons[1]、Robert Loper[1]、Charlton Lewis[1] (1.Air Force Institute of Technology)

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

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

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:河谷 芳雄

13:45 ~ 14:15

[AAS05-10] 新しい３次元波活動度フラックスを用いた2018年2月北半球大規模突然昇温の解析結果

★招待講演

*原田 やよい[1]、佐藤 薫[2]、木下 武也[3]、安井 良輔[2]、廣岡 俊彦[4]、直江 寛明[1] (1.気象研究所、2.東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻、3.国立研究開発法人海洋研究開発機構、4.九州大学大学院理学研究院)

14:15 ~ 14:45

[AAS05-11] 冬季から初夏における南半球大気のQBOに対する応答

★招待講演

*山下 陽介[1]、直江 寛明[2]、井上 誠[3]、高橋 正明[4] (1.海洋研究開発機構、2.気象研究所、3.秋田県立大学、4.国立環境研究所)

14:45 ~ 15:00

[AAS05-12] 成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みにおけるQBO的振動の熱帯対流系への影響

*余田 成男[1]、Hai Bui[2]、畔野 貴弘[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.Geophysical Institute, University of Bergen)

15:00 ~ 15:15

[AAS05-13] 成層圏から対流圏へのプラネタリー波束の下方伝播について

*松山 裕矢[1]、廣岡 俊彦[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

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

13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、堤 英輔

13:45 ~ 14:00

[AOS14-01] エクマン輸送と海峡内での潮汐混合の複合効果に伴うインドネシア多島海南部の海面水温冷却

*永井 平[1]、日比谷 紀之[1] (1.東京大学理学系研究科)

14:00 ~ 14:15

[AOS14-02] HYCOM-ROMSモデルを用いた南シナ海南部における海洋流動構造に関する研究

*高浦 育[1]、内山 雄介[1]、Nizamani Zafarullah[2]、中山 昭彦[2] (1.神戸大学、2.Tunku Abdul Rahman University)

14:15 ~ 14:30

[AOS14-03] 東シナ海陸棚縁辺部における黒潮フロント渦と栄養塩・植物プランクトン動態

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、大城 一輝[1]、堤 英輔[2]、武田 重信[3]、石坂 丞二[4]、郭 新宇[1] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.九州大学応用力学研究所、3.長崎大学水産学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[AOS14-04] Dissipation and transport due to internal tides generated by multiple submarine canyons

*Qiang Li[1]、Xianzhong Mao[1]、Ran Liao[1] (1.Tsinghua University)

14:45 ~ 15:00

[AOS14-05] 高解像度曳航式観測装置を用いた霞ヶ浦における物理構造計測

*浅岡 大輝[1]、増永 英治[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

15:00 ~ 15:15

[AOS14-06] 成層が発達する浅水湖における混合と傾圧構造に関する研究

*増永 英治[1]、浅岡 大輝[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

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

15:30 ~ 17:00 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、永井 平

15:30 ~ 15:45

[AOS14-07] 豊後水道における乱流混合と鉛直硝酸塩フラックス

*堤 英輔[1]、吉江 直樹[2]、眞野 能[3]、神田 泰成[3]、藤井 直紀[4]、郭 新宇[2] (1.九州大学　応用力学研究所、2.愛媛大学　沿岸環境科学研究センター、3.愛媛大学大学院　理工学研究科、4.佐賀大学　農学部)

15:45 ~ 16:00

[AOS14-08] Numerical Analysis of Submerged Turbulent Buoyant Jet in River Mouth

*Yen-Chen Mou[1]、Gene You[1]、Chih-Chieh Young[2] (1.National Taiwan University、2.National Taiwan Ocean University)

16:00 ~ 16:15

[AOS14-09] 多段ネスト ROMS モデルに基づいた STEAMER におけるダウンスケーリング機能の実装

*上平 雄基[1]、川村 英之[1]、小林 卓也[1]、内山 雄介[2] (1.日本原子力研究開発機構、2.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[AOS14-10] Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送・拡散の評価

*木村 和久[1]、増永 英治[1]、小俗 大地[2]、内山 雄介[3] (1.茨城大学、2.港湾空港技術研究所、3.神戸大学)

16:30 ~ 16:45

[AOS14-11] 黒潮続流ジェットから放出される切離中規模渦の挙動と力学的効果について

*内山 雄介[1]、岡田 信瑛[1]、Changming Dong[2] (1.神戸大学大学院工学研究科、2.Nanjing University of Information Science & Technology)

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

9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:永井 裕人(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

9:00 ~ 9:15

[ACC27-01] GCOM-C/SGLI雪氷圏標準プロダクトの初期検証結果

★招待講演

*島田 利元[1]、堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,3]、谷川 朋範[2]、的場 澄人[4]、庭野 匡思[2]、Stamnes Knut[5]、Li Wei[5]、Chen Nan[5] (1.宇宙航空研究開発機構、2.気象研究所、3.岡山大学、4.北海道大学低温科学研究所、5.スティーブンス工科大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC27-02] GCOM-C/SGLI観測データから抽出される雪氷プロダクト概要と1年目の観測結果

★招待講演

*堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,4]、Knut Stamnes[3]、Wei Li[3]、Nan Chen[3]、島田 利元[1]、谷川 朋範[4]、庭野 匡思[4] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.岡山大学、3.Stevens Institute of Technology、4.気象研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACC27-03] PALSAR-2後方散乱強度変化と積雪深との関係

*永井 裕人[1]、山口 悟[2]、山下 克也[2]、鹿島 真弓[3] (1.早稲田大学　教育学部、2.防災科学技術研究所、3.ESRIジャパン株式会社)

9:45 ~ 10:00

[ACC27-04] ネパール，ランタン・リルン峰における懸垂氷河の崩落の特徴

渡部 帆南[2]、*奈良間 千之[1]、森 義孝[2]、河島 克久[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然環境科学研究科、3.新潟大学災害・復興科学研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC27-05] ネパール・ヒマラヤ トラカルディン氷河における氷壁の分布特性

*佐藤 洋太[1]、藤田 耕史[1]、井上 公[2]、砂子 宗次朗[1]、坂井 亜規子[1]、對馬 あかね[1]、Podolskiy Evgeny[3,4]、Berthier Etienne[5]、Kayastha Rijan[6] (1.名古屋大学環境学研究科、2.防災科学技術研究所、3.北海道大学 北極行研究センター、4.北海道大学 国際連携研究教育局 Global Station for Arctic Research、5.フランス国立科学研究センター、6.カトマンズ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC27-06] Quantify the range of projections of future changes in glacier mass caused by differences among observed past climate datasets

*渡辺 恵[1]、柳川 亜季[2]、平林 由希子[3]、渡部 哲史[4]、鼎 信次郎[1] (1.東京工業大学情報理工学研究科、2.明星大学理工学部総合理工学科、3.芝浦工業大学 土木工学科、4.東京大学大学院工学系研究科)

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

10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:縫村 崇行(千葉科学大学)

10:45 ~ 11:00

[ACC27-07] 可搬型積分球積雪粒径測定装置（HISSGraS）の初期解析結果

*青木 輝夫[1,2,3]、庭野 匡思[2]、山口 悟[4]、的場 澄人[5]、谷川 朋範[2]、堀 雅裕[6]、島田 利元[6]、八久保 晶弘[7] (1.岡山大学　大学院自然科学研究科、2.気象庁　気象研究所、3.国立極地研究所、4.防災科学技術研究所、5.北海道大学　低温科学研究所、6.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、7.北見工業大学)

11:00 ~ 11:15

[ACC27-08] 高空隙多孔質氷の圧密過程に関する実験的研究：氷レゴリス層の密度進化過程への応用

矢部 みなみ[1]、*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1] (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

11:15 ~ 11:30

[ACC27-09] **札幌で10冬期間に観測された積雪不純物が放射収支と融雪に与える効果**

*広沢 陽一郎[1]、青木 輝夫[1,2]、庭野 匡思[2]、的場 澄人[3]、兒玉 裕二[4]、谷川 朋範[2] (1.岡山大学自然科学研究科、2.気象研究所、3.北海道大学低温科学研究所、4.国立極地研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、座長:宮崎 雄三(北海道大学 低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学 低温科学研究所)

10:45 ~ 11:00

[ACG42-01] 海氷内部でのブロモホルム生成と大気への放出について

*野村 大樹[1]、大木 淳之[1]、Ellen Damm[2]、Gerhard Dieckmann[2]、Bruno Delille[3]、Markus Frey[4]、Mats Granskog[5]、Klaus Meiners[6,7]、Anna Silyakova[8]、田村 岳史[9]、Jean-Louis Tison[10]、山下 洋平[11] (1.北海道大学大学院水産科学研究院、2.Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany、3.Université de Liège, Liège, Belgium.、4.British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom.、5.Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway.、6.Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia.、7.Australian Antarctic Division, Kingston, Australia.、8.Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway.、9.国立極地研究所、10.Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium.、11.北海道大学大学院地球環境科学研究院)

11:00 ~ 11:15

[ACG42-02] **Accumulation processes of trace metals into arctic sea ice: distribution of Fe, Mn and Cd associated with ice structure**

*La Kenya Evans[1]、Jun Nishioka[1] (1.Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University)

11:15 ~ 11:30

[ACG42-03] **海洋地球研究船「みらい」における南北両半球広緯度帯での外洋大気オゾン観測：西太平洋赤道域ではハロゲン化学が重要か?**

*金谷 有剛[1]、宮崎 和幸[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1]、高島 久洋[1,2]、駒崎 雄一[1]、潘 小楽[3,1]、加藤 咲[2]、須藤 健悟[4,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.福岡大学、3.中国科学院大気物理研究所、4.名古屋大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG42-04] 太平洋赤道域で発見された低い窒素同位体組成を持つ硝酸エアロゾルが示す海洋-大気における窒素リサイクル

*服部 祥平[1]、亀崎 和輝[1]、岩本 洋子[2]、石野 咲子[1]、植松 光夫[3]、三浦 和彦[4]、吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学 物質理工学院応用化学系、2.広島大学、3.東京大学、4.東京理科大学)

11:45 ~ 12:00

[ACG42-05] **北太平洋亜熱帯域における海洋大気エアロゾル中の水溶性有機態窒素の起源**

*土橋 司[1,2]、宮崎 雄三[1]、立花 英里[1]、岩本 洋子[3]、高橋 一生[4]、堀井 幸子[4]、Wong Shu-Kuan[5]、浜崎 恒二[5] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.広島大学大学院生物圏科学研究科、4.東京大学大学院農学生命科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACG42-06] Impacts of ammonia on gas-particle partition and AWC during the 2016 APHH-Beijing campaign: inducing effects of nitrate ammonium

*baozhu Ge[1]、Xiaobin Xu[2]、Zhiqiang Ma[3]、Xiaole PAN[1]、Zhe WANG[1,4]、Weili Lin[5]、Bin Ouyang[6]、Danhui Xu[1]、James Lee[7]、Mei Zheng[8]、Dongsheng Ji[1]、Yele Sun[1]、Huabin Dong[8]、Freya Anne Squires[7]、Pingqing Fu[1]、Zifa Wang[1] (1.State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory for Atmospheric Chemistry of China Meteorological Administration, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China、3.Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing, China、4.Research Institute for Applied Mechanics (RIAM), Kyushu University, Fukuoka, Japan、5.College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China、6.Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK、7.National Centre for Atmospheric Science Department of Chemistry, University of York, York, YO10 5DD, UK、8.State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing, 100871, China)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:八反地 剛

9:00 ~ 9:15

[HGM04-01] 湿度変化により生じる塩類風化に関する室内実験

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

9:15 ~ 9:30

[HGM04-02] 風洞実験による新たな飛砂抑制装置の検証

*小玉 芳敬[1]、三枝 理子[2] (1.鳥取大学農学部、2.鳥取大学地域学部・学)

9:30 ~ 9:45

[HGM04-03] 大起伏山岳流域の地形形成過程における大規模岩盤崩壊と河道閉塞および堰止湖決壊洪水の普遍性: ネパールマルシャンディ川を例として

*松四 雄騎[1]、八木 浩司[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学 防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野、2.山形大学 地域教育文化学部、3.東京大学 総合研究博物館)

9:45 ~ 10:00

[HGM04-04] 基盤岩を覆う風化生成物の性質が土層の形成および輸送の速度に及ぼす影響：花崗岩およびホルンフェルスの斜面を事例に

*渡壁 卓磨[1]、松四 雄騎[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学総合博物館)

10:00 ~ 10:15

[HGM04-05] 斜面の洪水流出・崩壊発生の統合的予測に向けた鉛直不飽和浸透流の特性解析

*谷 誠[1]、松四 雄騎[2]、佐山 敬洋[2]、小島 永裕[3] (1.人間環境大学、2.京都大学防災研究所、3.滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:瀬戸 真之、島津 弘

10:45 ~ 11:00

[HGM04-06] ウズベキスタン南部，サマルカンドからバーミヤーンに至る古代道路ルート上にある「鉄門」の地形と洪水特性

*島津 弘[1] (1.立正大学地球環境科学部地理学科)

11:00 ~ 11:15

[HGM04-07] モンゴルオルゴイ湖掘削試料のOSL年代測定

*五十嵐 雄大[1]、長谷部 徳子[1]、勝田 長貴[2]、長谷川 精[3]、Davaasuren Davaadorj[4]、田中 幸哉[5]、Udaanjargal Uyangaa[1]、福士 圭介[1]、Niiden Ichinnorov[6] (1.金沢大学、2.岐阜大学、3.高知大学、4.モンゴル国立大学、5.キョンヒ大学、6.モンゴル科学アカデミー)

11:15 ~ 11:30

[HGM04-08] モンゴル南部の湖の古水位変動

*長谷部 徳子[1]、三寶 真[2]、Udaanjargal Uyangaa[2,3]、Ganbat Shuukaaz[3]、福士 圭介[1]、田中 幸哉[4]、Davaasuren Davaadorj[3] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学地球学教室、3.National University of Mongolia、4.Kyunghee University)

11:30 ~ 11:45

[HGM04-09] 高解像度３次元地形を用いたリーフ地形上での波浪変形・伝搬過程の数値的解明

*南舘 健太[1]、後藤 和久[2]、渡部 真史[3,4]、Volker Roeber[5,6]、渡久地 健[7]、三納 正美[8]、中島 洋典[9]、菅 浩伸[10] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東北大学大学院工学研究科、4.中央大学大学院理工学研究科、5.ハワイ大学、6.ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラドゥール大学、7.琉球大学、8.日本ミクニヤ株式会社、9.有明工業高等専門学校、10.九州大学大学院地球社会統合科学府)

11:45 ~ 12:00

[HGM04-10] 浅海底地形学：新たな分野の開拓と展望

*菅 浩伸[1]、堀 信行[2]、中井 達郎[3]、横山 祐典[4]、藤田 和彦[5]、長谷川 均[3]、中島 洋典[6]、浦田 健作[1]、鈴木 淳[7]、長尾 正之[7]、後藤 和久[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.首都大学東京・名誉教授、3.国士舘大学文学部地理学教室、4.東京大学大気海洋研究所、5.琉球大学理学部物質地球科学科、6.有明高専、7.産総研 地質情報、8.東北大学災害科学国際研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人　地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所)

9:00 ~ 9:15

[HSC07-01] 二酸化炭素圧入時の海洋潮汐荷重に対する間隙圧応答変化の数値解析

*赤木 俊文[1]、山本 肇[1] (1.大成建設株式会社)

9:15 ~ 9:30

[HSC07-02] Relationship between rock deformation and permeability evolution during fracturing in rocks for CCUS technology

*藤井 孝志[1]、雷 興林[1]、徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

9:30 ~ 9:45

[HSC07-03] 光ファイバーセンシング技術およびひずみゲージを用いた泥岩中の化学的浸透による岩石の変形の定量化と計測された歪挙動の比較

*廣田 翔伍[1]、徳永 朋祥[1]、薛 自求[2]、朴 赫[2] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、2.公益財団法人地球環境産業事業研究機構)

9:45 ~ 10:00

[HSC07-04] 塩水層へのCO_2貯留で発生しうる乾燥状況を想定した塩の析出実験

*森垣 勇人[1,2]、愛知 正温[1] (1.東京大学、2.東芝エネルギーシステムズ（株）)

10:00 ~ 10:15

[HSC07-05] 拡張ヤングラプラス式によるCO_2/塩水/鉱物系での濡れ性に関する熱力学的アプローチ

*志賀 正茂[1,2]、徂徠 正夫[1]、愛知 正温[2]、本田 博巳[2] (1.産総研、2.東京大学)

10:15 ~ 10:30

[HSC07-06] ハイドレートを利用したCO2地中貯留の提案

*鳥羽瀬 孝臣[1] (1.電源開発株式会社)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

10:45 ~ 12:15 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人　地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

10:45 ~ 11:00

[HSC07-07] 大規模地質モデルを用いたCO_2挙動解析

*重岡 優希[1]、西山 治希[1]、木野戸 広[1]、鳥羽瀬 孝臣[2]、中島 崇裕[3]、薛 自求[3] (1.株式会社JPビジネスサービス、2.電源開発株式会社、3.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:00 ~ 11:15

[HSC07-08] **Monitoring hydromechanical responses in aquifer by distributed fiber-optic strain sensing: From lab to field**

*張 毅[1,2]、薛 自求[1,2]、橋本 励[1,2]、朴 赫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:15 ~ 11:30

[HSC07-09] **Field Testing of Hybrid Brillouin-Rayleigh Distributed Sensing System for Subsurface Water Injection Monitoring**

*Yankun Sun[1,2]、Ziqiu Xue[1,2]、Tsutomu Hashimoto[1,2]、Xinglin Lei[3]、Yi Zhang[1,2] (1.Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

11:30 ~ 11:45

[HSC07-10] Gravity monitoring using superconducting gravimeters near the seashore at the Tomakomai CCS demonstration site

*後藤 宏樹[1,2]、杉原 光彦[1,2]、池田 博[3]、西 祐司[1,2]、石戸 経士[1,2]、徂徠 正夫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.産業技術総合研究所、3.筑波大学)

11:45 ~ 12:00

[HSC07-11] マイクロバブルCO_2圧入フィールドパイロット試験　ー計画と準備ー

*中川 和則[1]、上田 良[1]、中野 正則[1]、薛 自求[2] (1.石油資源開発株式会社、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

12:00 ~ 12:15

[HSC07-12] Mechanisms inducing anomalously high pCO_2 without CO_2 leakage in coastal environment

*渡辺 雄二[1,2]、内本 圭亮[1,2]、西村 真[1,2]、三戸 彩絵子[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

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

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

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

9:00 ~ 9:15

[HDS13-07] S-net水圧データを活用した津波遡上即時予測システム

*鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、三好 崇之[1]、青井 真[1] (1.防災科学技術研究所)

9:15 ~ 9:30

[HDS13-08] アウターライズ地震による津波の即時予測手法の再検討

*近貞 直孝[1]、馬場 俊孝[2] (1.防災科研、2.徳島大学)

9:30 ~ 9:45

[HDS13-09] ガウス過程回帰による海底水圧データからの最大津波高予測

*高橋 光太郎[1]、柏原 健之朗[1]、五十嵐 康彦[1,2]、馬場 俊孝[3]、堀 高峰[4]、岡田 真人[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.徳島大学大学院社会産業理工学研究部、4.海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター)

9:45 ~ 10:00

[HDS13-10] 津波減衰過程を正しく表現するための非線形長波方程式の差分式の改良

*南 雅晃[1] (1.気象庁気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[HDS13-11] 中米地域に対して開発された即時津波遡上予測手法

*谷岡 勇市郎[1]、Ulbert Grillo[2]、Greyving Arguello[2]、Amilcar Cabrera[2] (1.北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター、2.ニカラグア国土研究所)

10:15 ~ 10:30

[HDS13-12] 海底断層近傍におけるDONET水圧記録と強震加速度記録の比較

*水谷 歩[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学 理学院 自然史科学専攻 地球惑星ダイナミクス分野)

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

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:今井 健太郎、馬場 俊孝(徳島大学大学院理工学研究部)

10:45 ~ 11:00

[HDS13-13] Investigation of variation in multiple tsunami inundation modelling

*鴫原 良典[1]、今井 健太郎[2]、岩瀬 浩之[3]、川崎 浩司[4]、根本 信[5]、馬場 俊孝[6]、近貞 直孝[7]、千田 優[8]、有川 太郎[9] (1.防衛大学校システム工学群建設環境工学科、2.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、3.株式会社エコー、4.株式会社ハイドロ総合技術研究所、5.応用地質株式会社、6.徳島大学大学院産業理工学研究部、7.防災科学技術研究所、8.港湾空港技術研究所、9.中央大学理工学部都市環境学科)

11:00 ~ 11:15

[HDS13-14] 津波遡上計算のためのSGS建物抗力モデルの開発

*福井 信気[1]、森 信人[2] (1.京都大学工学研究科、2.京都大学防災研究所)

11:15 ~ 11:30

[HDS13-15] 土砂移動モデルを用いた断層パラメータと配置による津波堆積物形成に関する数値実験

*山本 阿子[1]、高橋 智幸[2]、原田 賢治[3] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2.関西大学、3.静岡大学)

11:30 ~ 11:45

[HDS13-16] 高知県広域における南海トラフ巨大地震の津波による土砂移動影響の潜在性評価

*山下 啓[1]、菅原 大助[2]、門廻 充侍[1]、有川 太郎[3]、高橋 智幸[4]、今村 文彦[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.ふじのくに地球環境史ミュージアム、3.中央大学理工学部、4.関西大学社会安全学部)

11:45 ~ 12:00

[HDS13-17] 慶長九年十二月十六日(1605ⅡⅡ3)地震の東海・四国・九州地方の津波被害

*都司 嘉宣[1]、今井 健太郎[2]、蛯名 裕一[3]、岩瀬 浩之[4]、大林 涼子[2] (1.四万十市、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学災害科学国際研究所、4.株式会社エコー)

12:00 ~ 12:15

[HDS13-18] 1854年安政東海地震の津波高分布に関する再検討

*今井 健太郎[1]、蝦名 裕一[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]、堀 高峰[1]、高橋 成実[1,5]、古村 孝志[6] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東北大学災害科学国際研究所、3.四万十市、4.株式会社エコー、5.国立研究開発法人防災科学技術研究所、6.東京大学地震研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院)、荒岡 大輔

10:45 ~ 11:15

[HRE16-01] クロムの濃集における水の役割

★招待講演

*荒井 章司[1] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系)

11:15 ~ 11:30

[HRE16-02] 伊豆小笠原弧海域に位置する明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘におけるチムニー鉱石の鉱物学的特徴

川口 真治[1]、*米津 幸太郎[1]、Thomas Tindell[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、大友 陽子[4]、渡邊 公一郎[1] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター　、4.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[HRE16-03] Organic matters and acid-sulfate alteration in Itomuka Mine, Hokkaido, Japan: implications for the transportation and deposition mechanisms of mercury

*越後 拓也[1]、木股 三善[2]、清水 雅浩[2] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科、2.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

11:45 ~ 12:00

[HRE16-04] **Significances of 12 Ma manganese ores in the Hokuroku district, Akita: unique Mn accumulation and interaction with organic matter during submarine hydrothermal activities**

*塚本 雄也[1]、掛川 武[1] (1.東北大学理学研究科地学専攻)

12:00 ~ 12:15

[HRE16-05] Microbial communities around ca. 2.7 Ga submarine hydrothermal fields at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada

*大里 武[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学)

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

13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:野崎 達生(海洋研究開発機構)、高橋 亮平(秋田大学国際資源学部)

13:45 ~ 14:15

[HRE16-06] 微小加工法および高分解能電顕法の先鋭化と資源地質学への応用可能性

★招待講演

*富岡 尚敬[1]、甕 聡子[1]、兒玉 優[2]、伊藤 元雄[1] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.マリーン・ワーク・ジャパン)

14:15 ~ 14:30

[HRE16-07] 中国イオン吸着型鉱床における希土類元素についての微視的研究

*向井 広樹[1]、昆 慶明[1]、実松 健造[1]、高橋 嘉夫[2]、伊藤 元雄[3] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

14:30 ~ 14:45

[HRE16-08] Geochemical features of “invisible gold” in pyrites from the Akeshi and Kasuga deposits, Kagoshima, Japan

*石田 美月[1]、Rurik Romeo[2,3]、Mathieu Leisen[2,3]、鳥本 淳司[4]、野崎 達生[4,5,6,7]、安川 和孝[1,6]、藤永 公一郎[6,1]、中村 謙太郎[1]、Martin Reich[2,3]、加藤 泰浩[1,6,5] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.チリ大学数物科学研究科地質学専攻卓越アンデス地熱センター、3.チリ大学数物科学研究科沈み込み帯における物質循環解明ミレニアム基点、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構、5.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、6.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、7.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

14:45 ~ 15:00

[HRE16-09] Hydrothermal Mineral Assemblage of the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines

*Avriel Venis Literal Cirineo[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Noel C. Oliveros[3]、Redempta P. Baluda[3]、Victor B. Maglambayan[3]、Roy Ronald C. Luis[3]、Maria Lourdes M. Faustino[3] (1.Graduate School of International Resource Sciences, Akita University、2.Faculty of Engineering, Kyushu University、3.Philex Mining Corporation)

15:00 ~ 15:15

[HRE16-10] 風化型希土類鉱床の特徴と成因

★招待講演

*実松 健造[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　鉱物資源研究グループ)

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

15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)、座長:吉川 澄夫(気象研究所)、加藤 護(京都大学大学院人間・環境学研究科)

15:30 ~ 15:45

[SSS09-01] 地震前の広域的静穏化・活発化現象の客観的把握

*吉川 澄夫[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS09-02] 千島海溝沿い超巨大地震の発生確率と不確定性(2)

*井元 政二郎[1]、森川 信之[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS09-03] 地震発生時系列（M-Tダイアグラム）に出現する平行と収束の増加傾向

*橋本 哲[1] (1.なし)

16:15 ~ 16:30

[SSS09-04] ランダムな地震予知が成功する割合：地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法の再訪

*加藤 護[1] (1.京都大学大学院人間・環境学研究科)

16:30 ~ 16:45

[SSS09-05] 南海トラフ巨大地震発生域陸地最前線(南紀地域)の最近の地下水変動

*佃 為成[1] (1.なし)

16:45 ~ 17:00

[SSS09-06] 「東日本大震災はどうして起きた」被災者への回答

*新妻 信明[1] (1.静岡大学理学部地球科学教室)

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

9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:向吉 秀樹、金木 俊也(大阪大学)

9:00 ~ 9:15

[SSS14-07] Effect of slickenside on the crustal strength

*安東 淳一[1]、長岡 昂吉[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、ダス カウシク[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構高知コア研究所、3.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設)

9:15 ~ 9:30

[SSS14-08] 粘土鉱物の熱分解反応からみた付加体中のimbricate衝上断層のすべり挙動

★招待講演

*増本 広和[1]、亀田 純[1] (1.北海道大学理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SSS14-09] Origin of frictional melt in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt on the basis of trace element and isotope analysis

*尾澤 ちづる[1]、石川 剛志[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SSS14-10] Kodiak付加体のアルバイトを伴う黒色断層岩の起源：地球化学分析からの制約

*石川 剛志[1]、山口 飛鳥[2] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS14-11] 炭質物の熱熟成における初期熟成度と速度論的効果の重要性および地震時の滑りパラメータ推定の温度指標確立における意義

*金木 俊也[1]、市場 達矢[1]、山下 修平[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

10:15 ~ 10:30

[SSS14-12] 断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

*廣野 哲朗[1]、島村 優太朗[1]、金木 俊也[2] (1.大阪大学 大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.京都大学 防災研究所)

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

10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、岡崎 啓史(海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[SSS14-13] Fault rheology at the depth limits of the seismogenic zone

★Invited Papers

*Berend Antonie Verberne[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Industrial Science and Technology)

11:00 ~ 11:15

[SSS14-14] 摩擦―流動則に基づく断層モデル再訪

*嶋本 利彦[1] (1.中国地震局地質研究所・地震動力学国家重点実験室)

11:15 ~ 11:30

[SSS14-15] 海溝型地震サイクルによる応力擾乱を受けた内陸活断層の地震の発生時期について：地震サイクルシミュレーションからの知見

*野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS14-16] 地震誘発の物理：破壊準備過程における応力摂動効果

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS14-17] 4m長の模擬断層上で観察されたすべり速度に依存する前震活動

*山下 太[1]、福山 英一[1]、Xu Shiqing[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

12:00 ~ 12:15

[SSS14-18] 岩石摩擦実験において観測されたゆっくりすべりの超音速破壊伝播

*福山 英一[1]、山下 太[1]、Xu Shiqing[1] (1.防災科学技術研究所)

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

13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)

13:45 ~ 14:00

[SSS14-19] The role of fault damage zone in the supershear rupture of the 2018 Mw 7.5 Palu earthquake

*Lingsen Meng[1]、Han Bao[1]、Jean-Paul Ampuero[2]、Eric Fielding[3]、Cunren Liang[4]、Christopher Milliner [3]、Tian Feng[1]、Hui Huang[1] (1.University of California Los Angeles、2.Université Côte d'Azur and IRD、3.Jet Propulsion Laboratory 、4.California Institute of Technology)

14:00 ~ 14:15

[SSS14-20] The role of curvature in earthquake mechanics

*Pierre Romanet[1]、Daisuke Sato[2]、Ryosuke Ando[1] (1.Earth and Planetary Science Department, University of Tokyo、2.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

14:15 ~ 14:30

[SSS14-21] **Heterogeneous source modelling by the fully dynamic simulations of earthquake cycles on a strike-slip fault and scaling relations.**

*Percy Galvez[1,5]、Anatoly Petukhin[2]、Paul Somerville[3]、Ken Miyakoshi[2]、Kojiro Irikura[4] (1.KAUST University, Saudi Arabia、2.Geo-Research Institute, Osaka Japan、3.AECOM, Los Angeles, USA.、4.Aichi Institute of Technology, Japan、5.ETH Zurich, Switzerland)

14:30 ~ 14:45

[SSS14-22] ランダムなすべり成分をもつ地震断層によって解放される地殻の歪みエネルギー

*齊藤 竜彦[1]、野田 朱美[1] (1.独立行政法人　防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS14-23] 1992年ランダース地震による弾性歪エネルギーの変化と余震の評価

*寺川 寿子[1]、松浦 充宏[2]、野田 朱美[3] (1.名古屋大学，大学院環境学研究科、2.統計数理研究所、3.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[SSS14-24] 歪みエネルギーの蓄積・解放に基づく地殻内地震の発生メカニズムの解明

★招待講演

*野田 朱美[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

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

9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

9:15 ~ 9:30

[SSS15-05] 北海道東部，標津断層帯における新たな断層変位地形とその活動性調査

*吾妻 崇[1]、廣内 大助[2]、奥村 晃史[3]、谷口 薫[4]、小俣 雅志[4]、郡谷 順英[4] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.信州大学、3.広島大学、4.株式会社パスコ)

9:30 ~ 9:45

[SSS15-06] 六ヶ所断層の活動による海成面の変形

*渡辺 満久[1] (1.東洋大学社会学部)

9:45 ~ 10:00

[SSS15-07] 奄美群島喜界島におけるサンゴマイクロアトールの分布と年代からみた過去約600年の地殻上下変動

*宍倉 正展[1]、前杢 英明[2]、越後 智雄[3]、行谷 佑一[1]、石山 達也[4]、金城 遼[2]、井上 直人[3] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2.法政大学、3.一般財団法人地域地盤環境研究所、4.東京大学地震研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS15-08] 活断層の地震時変位量は地震サイクル毎にどう変化するか―糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層における例

*高橋 直也[1]、遠田 晋次[2] (1.東北大学理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所)

10:15 ~ 10:30

[SSS15-09] 糸魚川―静岡構造線活断層系神城断層における高解像度極浅層S波反射法地震探査

*池口 直毅[1]、松多 信尚[2]、楮原 京子[3]、岡田 真介[4]、廣内 大助[5]、石山 達也[1]、野田 克也[6]、佐藤 比呂志[1] (1.東京大学地震研究所、2.岡山大学大学院教育学研究科、3.山口大学教育学部、4.東北大学大学院理学系研究科、5.信州大学教育学部、6.株式会社ジオシス)

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

10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

10:45 ~ 11:00

[SSS15-10] 糸魚川–静岡構造線断層帯・神城断層の未破壊区間における古地震調査

*近藤 久雄[1]、黒澤 英樹[2]、平倉 瑶子[2]、高田 圭太[3]、阿部 恒平[2]、伊藤 美和子[2]、五十嵐 厚夫[3]、池田 哲哉[3]、三輪 敦志[2] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2.応用地質（株）、3.復建調査設計（株）)

11:00 ~ 11:15

[SSS15-11] 糸魚川–静岡構造線活断層系中北部区間におけるP波反射法地震探査

*木村 治夫[1]、近藤 久雄[2]、秋永 康彦[3]、岡本 茂[3]、末廣 匡基[3] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.国立研究開発法人 産業技術研究所、3.株式会社 阪神コンサルタンツ)

11:15 ~ 11:30

[SSS15-12] 関東地震発生履歴解明のための房総半島離水低地の堆積構造調査

*小森 純希[1]、宍倉 正展[2]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS15-13] ボーリングコア解析と物理的断層モデルに基づく富士川河口断層帯入山瀬断層の位置と活動性推定

*並木 亮[1]、安藤 亮輔[1]、宍倉 正展[2] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS15-14] 珪藻化石群集と大型植物化石から推定される静岡県浮島ヶ原低地の沈水イベント

*澤井 祐紀[1]、百原 新[2]、松本 弾[1]、嶋田 侑眞[1,3] (1.産業技術総合研究所、2.千葉大学、3.筑波大学)

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

13:45 ~ 15:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

13:45 ~ 14:00

[SSS15-15] 高分解能反射法地震探査から明らかになった石狩低地帯北部の伏在断層とその変動地形

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、佐藤 比呂志[1]、小池 太郎[2]、野田 克也[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ジオシス)

14:00 ~ 14:15

[SSS15-16] 熊本県西原村，出ノ口断層における古地震調査

*石村 大輔[1]、堤 浩之[2]、高橋 直也[3]、小田 龍平[1]、松風 潤[1]、金田 平太郎[4]、小林 幹也[4]、熊原 康博[5]、小林 淳[6]、市原 季彦[7] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室、2.同志社大学理工学部環境システム学科、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.千葉大学大学院理学研究院、5.広島大学大学院教育学研究科、6.首都大学東京火山災害研究センター、7.堆積環境リサーチ)

14:15 ~ 14:30

[SSS15-17] 熊本県日奈久断層帯の古地震調査：八代市トレンチ調査結果速報

*宮下 由香里[1]、吾妻 崇[1]、小峰 佑介[2]、亀高 正男[2]、岸山 碧[2] (1.国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.株式会社ダイヤコンサルタント)

14:30 ~ 14:45

[SSS15-18] 日奈久断層帯海域部におけるサイスミックトレンチング −横ずれ海底活断層の三次元構造と活動履歴の解明

*大上 隆史[1]、阿部 信太郎[2]、向山 建二郎[3]、須田 茂幸[4] (1.産業技術総合研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.川崎地質株式会社、4.地球科学総合研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS15-19] 2016年熊本地震において断層すべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造

*山口 覚[1]、山中 裕斗[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、古川 大悟[1]、後藤 忠徳[3]、小路 久稔[3]、川口 草太[3]、相澤 広記[4]、高倉 伸一[5] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学理学部、3.京都大学大学院工学研究科、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、5.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

15:00 ~ 15:15

[SSS15-20] ネパール中部ブトワル周辺におけるヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期

*奥村 晃史[1]、Soma Nath Sapkota[2]、Prakash Pokhrel[2]、近藤 久雄[4]、拓哉 古橋[3] (1.広島大学大学院文学研究科、2.Department of Mines and Geology、3.太平洋セメント株式会社、4.産業技術総合研究所)

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

15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

15:30 ~ 16:00

[SSS15-21] SARで見るお付き合い地震断層 ー 熊本地震、大阪府北部の地震及び北海道胆振東部地震

★招待講演

*藤原 智[1]、宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、森下 遊[1] (1.国土地理院)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-22] 小型UAVを用いたレーザ測量による森林下の微地形取得―2008年岩手宮城内陸地震時の地震断層を例に―

*今野 明咲香[1]、鈴木 太郎[2]、遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.早稲田大学)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-23] 不確定な活動時期をもつ繰り返し地震に対する更新過程のベイズ推論と予測

*野村 俊一[1]、尾形 良彦[1] (1.統計数理研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-24] Slip rate of the Chaman fault: estimates based on ^{10}Be exposure dating for offset geomorphic surfaces in Afghanistan

*Zakeria Shnizai[1]、Yuki Matsushi[2]、Hiroyuki Tsutsumi[1] (1.Doshisha University、2.Kyoto University)

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

13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)、座長:麻生 尚文、行竹 洋平

13:45 ~ 14:00

[SSS17-01] 富士山で発生する深部低周波地震のスペクトルの特徴

★招待講演

*鵜川 元雄[1] (1.日本大学)

14:00 ~ 14:15

[SSS17-02] 霧島山における2011年と2018年噴火に対応した深部低周波地震活動

*栗原 亮[1]、小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS17-03] 東北日本の深部低周波地震における長い継続時間の起源と浅部低周波地震活動

*小菅 正裕[1]、春山 太一[1]、松野 有希[2]、成田 伊織[2]、前田 拓人[1] (1.弘前大学理工学研究科、2.弘前大学理工学部)

14:30 ~ 14:45

[SSS17-04] 活火山域の深部構造・低周波地震とマグマ供給系

★招待講演

*趙 大鵬[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

14:45 ~ 15:00

[SSS17-05] 地震波でみる火山の深部構造

*中島 淳一[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:00 ~ 15:15

[SSS17-06] 深部低周波地震の発生と火山深部のマグマ供給との関係について

*中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

9:00 ~ 10:30 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:中村 佳博(産総研)、針金 由美子(産総研)

9:00 ~ 9:15

[SMP32-01] フェンジャイトの変形によるアルゴン離散機構

*板谷 徹丸[1] (1.蒜山地質年代学研究所・地質技術センター)

9:15 ~ 9:30

[SMP32-02] Detrital zircons from a traverse along the Asemi River (Sanbagawa Metamorphic Belt, Shikoku, Japan): U-Pb geochronology and Hf isotopic composition

*Ulrich Knittel[1]、Shigeyuki Suzuki[2]、Monika Walia[3]、Juan-Hsi Lee[4]、Hao-Yang Lee[5] (1.RWTH Aachen University、2.Okayama University、3.Nat. Taiwan University 、4.Chung Cheng University、5.Academia Sinica)

9:30 ~ 9:45

[SMP32-03] ジルコンのU–Pb年代および希土類元素組成にもとづいた三波川変成帯エクロジャイトユニットの形成モデル

*青木 翔吾[1]、青木 一勝[2]、辻森 樹[3]、土屋 裕太[1]、加藤 大地[2] (1.岡山理科大学生物地球学部、2.岡山理科大学理学部、3.東北大学東北アジア研究センター)

9:45 ~ 10:00

[SMP32-04] Petrological implications of a new occurrence of retrogressed eclogite from the Sanbagawa belt of southwest Japan

*田口 知樹[1]、遠藤 俊祐[2]、伊神 洋平[1,3]、三宅 亮[1] (1.京都大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻、2.島根大学 総合理工学部 地球科学科、3.名古屋大学 未来材料・システム研究所)

10:00 ~ 10:15

[SMP32-05] 鹿塩マイロナイトの温度圧力条件: 三波川変成帯と領家変成帯の接合に関する制約

*中村 佳博[1]、高橋 浩[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.京都フィッション Co. Ltd.、3.東京大学地殻化学実験施設)

10:15 ~ 10:30

[SMP32-06] Static phenomena retained by garnet during exhumation of metamorphic rocks

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院環境学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:田口 知樹(京都大学　大学院理学研究科)、吉田 健太(海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[SMP32-07] Garnet zoning suggesting the correlation between the Higo and Abukuma metamorphic rocks

*西山 忠男[1]、脇田 佑都[1] (1.熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座)

11:00 ~ 11:15

[SMP32-08] $FeAlO_3$ phase at ultrahigh-temperature metamorphic conditions: Evidences from the sillimanite—Fe_2O_3 and sillimanite—Fe_3O_4 systems at 9 kbar and 1050 °C

*川嵜 智佑[1]、足立 達郎[2]、大藤 弘明[1]、小山内 康人[2] (1.愛媛大学、2.九州大学)

11:15 ~ 11:30

[SMP32-09] グラニュライト相ー超高温変成作用下で包有されたナノ花崗岩類中のハロゲンについて

*東野 文子[1]、河上 哲生[2] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.京都大学大学院理学研究科)

11:30 ~ 11:45

[SMP32-10] 隠岐片麻岩の高Ti黒雲母の普遍性と部分溶融条件

吉田 宏[1]、*遠藤 俊祐[1]、藤原 まい[1]、亀井 淳志[1] (1.島根大学総合理工学部地球科学科)

11:45 ~ 12:00

[SMP32-11] Eclogite-to-granulite transition in the Ufipa Complex (Tanzania): the time-lag between collision and the granulitization

*森田 敢[1]、辻森 樹[1]、Nelson Boniface[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.ダルエスサラーム大学、3.岡山理科大学)

12:00 ~ 12:15

[SMP32-12] Switching of metamorphic growth kinetics due to volume fraction of metamorphic fluid

*宮崎 一博[1] (1.産業技術総合研究所　地質情報研究部門　地殻岩石研究グループ)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:遠藤 俊祐(島根大学 総合理工学部 地球科学科)、大柳 良介(国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

15:30 ~ 15:45

[SMP32-13] 日本列島造山帯の初期沈み込み記録: 木頭名結晶片岩の年代学再訪

*松永 翔太[1]、辻森 樹[1]、宮下 敦[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.成蹊大学、3.岡山理科大学)

15:45 ~ 16:00

[SMP32-14] Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

*辻森 樹[1]、原 智美[1]、進士 優朱輝[1]、石坂 知裕[1]、宮島 宏[2]、木村 純一[3]、青木 翔吾[4]、青木 一勝[4] (1.東北大学、2.フォッサマグナミュージアム、3.海洋研究開発機構、4.岡山理科大学)

16:00 ~ 16:15

[SMP32-15] スパースモデリングにより捉えた沈み込みスラブの発展的組成変化

*吉田 健太[1]、桑谷 立[1,2]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、赤穂 昭太郎[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SMP32-16] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology: Applications

*古川 旦[1]、辻森 樹[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[4] (1.東北大学地球惑星物質科学科、2.東北大学、3.岡山理科大学生物地球学部、4.岡山理科大学　理学部　基礎理学科)

16:30 ~ 16:45

[SMP32-17] X線CTを用いた断層岩の3次元構造解析ー野島断層を例としてー

*西脇 隆文[1]、林 愛明[1]、劉 炳成[1] (1.京都大学)

16:45 ~ 17:00

[SMP32-18] High- and low-stress subduction zones recognized in the rock record

*石井 和彦[1]、ウォリス サイモン[2] (1.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

9:00 ~ 9:15

[SMP33-01] CO_2を含むメラノフロジャイトの高温その場ラマン分光研究

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

9:15 ~ 9:30

[SMP33-02] カルサイト構造をもつ炭酸バリウムの合成と炭酸イオンの無秩序化

*鍵 裕之[1]、斉藤 綾花[1]、小松 一生[1]、川野 潤[2] (1.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設、2.北海道大学大学院理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SMP33-03] In-situ Raman spectroscopy of ε-FeOOH under high pressures

*池田 理[1]、坂巻 竜也[1]、鈴木 昭夫[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

9:45 ~ 10:00

[SMP33-04] **Strong hydrogen-bond generation in dense hydrous magnesium silicate phase E observed by single-crystal neutron diffraction**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Christina Hoffmann[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Neutron Scattering Division, Neutron Sciences Directorate, Oak Ridge National Laboratory)

10:00 ~ 10:15

[SMP33-05] **Water partitioning between upper mantle minerals and melts**

*Dmitry Bondar[1]、Hongzhan Fei[1]、Tony Withers[1]、Tomoo Katsura[1] (1.Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany)

10:15 ~ 10:30

[SMP33-06] $MgSiO_3$ メージャライトの落下溶解エンタルピー測定

*糀谷 浩[1]、野田 昌道[2]、井上 徹[2,3]、赤荻 正樹[1] (1.学習院大学理学部化学科、2.愛媛大学　GRC、3.広島大学大学院地球惑星システム学科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

10:45 ~ 12:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鹿山 雅裕(東北大学)

10:45 ~ 11:00

[SMP33-07] $MgO-TiO_2$系鉱物の高圧相転移

*赤荻 正樹[1]、藤村 哲也[1]、荒井 駿人[1]、岡野 雅樹[1]、糀谷 浩[1] (1.学習院大学理学部化学科)

11:00 ~ 11:15

[SMP33-08] 硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への相変化プロセス

*佐野 喜成[1]、興野 純[2]、米田 安宏[3]、山本 弦一郎[1] (1.筑波大学生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.日本原子力研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SMP33-09] Fe-S-O系メルト微粒子の急冷による組織形成過程

*磯部 博志[1] (1.熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学領域)

11:30 ~ 11:45

[SMP33-10] 動力学的回折理論に基づく電子回折シミュレーションと鉱物への応用

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.京都大学大学院理学研究科、3.名古屋大学大学院工学研究科)

11:45 ~ 12:15

[SMP33-11] 分析電子顕微鏡による鉱物中の陽イオン占有サイト解析：TEM-ALCHEMI法の地球惑星科学への応用

★招待講演

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]、栗林 貴弘[4]、藤 昇一[5] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.京都大学 理学研究科、3.名古屋大学 工学研究科、4.東北大学 理学研究科、5.福岡大学 理学部)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:則竹 史哉(山梨大学大学院総合研究部工学域物質科学系)、鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

13:45 ~ 14:15

[SMP33-12] Molecular Dynamics Study of Soret Effect in Silicate Liquids

★Invited Papers

*則竹 史哉[1] (1.山梨大学大学院総合研究部)

14:15 ~ 14:30

[SMP33-13] Seebeck coefficient of olivine: Implausible Mercury's thermoelectric dynamo

*五味 斎[1]、芳野 極[1]、米田 明[1] (1.岡山大学)

14:30 ~ 14:45

[SMP33-14] 外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた液体ガリウムの密度測定

*鶴岡 椋[1]、寺崎 英紀[1]、鎌田 誠司[2]、山田 伊織[1]、前田 郁也[3]、近藤 忠[1]、浦川 啓[4]、平尾 直久[5]、町田 晃彦[6] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.東北大学学際科学フロンティア研究所、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.岡山大学大学院自然科学研究科、5.高輝度光科学研究センター、6.量子科学技術研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SMP33-15] Density measurements of crystalline Fe and amorphous materials at high pressure

*鎌田 誠司[1,2]、寺崎 英紀[3]、田窪 勇作[3]、鶴岡 椋[3]、前田 郁也[2]、山田 類[1]、河口 沙織[4]、平尾 直久[4]、町田 晃彦[5] (1.東北大学学際科学フロンティア研究所、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、4.JASRI、5.QST)

15:00 ~ 15:15

[SMP33-16] DAC-GHz ultrasonic P wave velocity measurement on KCl and natural olivine

*Akira Yoneda[1]、Shinichiro Kobayashi[2]、Seiji Kamada[3] (1.Institute for planetary materials, Okayama University、2.Department of Earth Science, Graduate school of Science, Tohoku Univ.、3.Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku Univ.)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:島 伸和、松野 哲男

10:45 ~ 11:00

[SVC38-30] これまでのKOBEC鬼界カルデラ航海・研究のまとめ

*島 伸和[1,2]、松野 哲男[2,1]、清杉 孝司[3,2]、清水 賢[2]、中岡 礼奈[2]、鈴木 桂子[2,1]、瀬戸 康友[1]、佐野 守[2]、森田 結子[4]、井和丸 光[2]、両角 春寿[2]、堀内 美咲[1]、西村 公宏[1]、市原 寛[5]、林 和輝[1]、廣瀬 時[1]、金子 克哉[1,2]、山口 寛登[4]、沖園 雄希[4]、杉岡 裕子[1,2]、中東 和夫[6,2]、山本 揚二朗[7]、香田 達也[2]、小平 秀一[7,2]、巽 好幸[2,1]、 深江丸「鬼界カルデラ探査航海」乗船研究者 (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環、4.神戸大学理学部惑星学科、5.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、6.東京海洋大学、7.海洋研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-31] 鬼界カルデラ・アカホヤ噴火の水中火砕流の分布

*清水 賢[1,2]、島 伸和[3,1]、中岡 礼奈[1]、松野 哲男[1,3]、清杉 孝司[5]、井和丸 光[1,2]、佐野 守[1,2]、西村 公宏[3]、鈴木 桂子[1,3]、金子 克哉[3]、山口 寛登[4]、堀内 美咲[3]、廣瀬 時[3]、林 和輝[3]、巽 好幸[1,3] (1.神戸大学　海洋底探査センター、2.日本海洋事業株式会社、3.神戸大学 大学院 理学研究科惑星学専攻、4.神戸大学 理学部惑星学科、5.神戸大学　自然科学系先端融合研究環)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-32] 火山ガラス組成に基づく鬼界カルデラ海底採取火山灰と幸屋火砕流堆積物の対比

*中岡 礼奈[1]、鈴木 桂子[1,2]、清水 賢[1]、巽 好幸[1,2]、金子 克哉[2,1]、清杉 孝司[3,1]、島 伸和[2,1]、松野 哲男[1,2]、西村 公宏[2]、林 和輝[2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-33] ROVによる鬼界カルデラ海底調査の予察的報告

*清杉 孝司[1]、鈴木 桂子[2]、両角 春寿[2,4]、巽 好幸[2]、金子 克哉[3]、中岡 礼奈[2]、佐野 守[2]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、島 伸和[3]、松野 哲男[2]、西村 公宏[3]、林 和輝[3]、堀内 美咲[3] (1.神戸大学先端融合研究環、2.神戸大学 海洋底探査センター 、3.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻 、4.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-34] 海底地震観測を用いた鬼界カルデラで発生する地震活動

*瀬戸 康友[1]、杉岡 裕子[2]、山本 揚二朗[3]、高橋 努[4] (1.神戸大学大学院　理学研究科　惑星学専攻、2.神戸大学　理学研究科　惑星学専攻、3.海洋研究開発機構、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-35] 鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造探査

*松野 哲男[1,2]、廣瀬 時[2]、沖園 雄希[3]、島 伸和[2,1]、市原 寛[4]、杉岡 裕子[2,1]、巽 好幸[1,2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学理学部惑星学科、4.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:大場 武、寺田 暁彦

13:45 ~ 14:00

[SVC38-36] 箱根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、西野 佳奈[1]、沼波 望[1]、代田 寧[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、鋤柄 千穂[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.神奈川県環境科学センター、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-37] 霧島硫黄山火山ガスの化学組成および安定同位体比

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、外山 浩太郎[3]、角野 浩史[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、新宮原 諒[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.東京大学大学院　総合文化研究科　広域科学専攻、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-38] 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変化

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、秋山 良秀[1]、相澤 広記[4]、塚本 果織[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁気象研究所、4.九州大学　大学院理学研究院附属　地震火山観測研究センター)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-39] 草津白根火山・湯釜火口周辺における土壌水銀放出帯

*寺田 暁彦[1]、水谷 紀章[1] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-40] Magnetotelluric images of Kusatsu-Shirane volcano, revisited by 3-D modeling with tetrahedral elements considered topography effect

*Kuo Hsuan Tseng[1]、Yasuo Ogawa[1]、Nurhassan .[2]、Sabri Bulent Tank[3]、Akihiko Terada[1]、Wataru Kanda[1]、Masato Fukai[1] (1.Tokyo Institute of Technology、2.Bandung Institute of Technology, Indonesia、3.Bogazici University, Turkey)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-41] 広帯域MT法データから推定される阿蘇火山のマグマ供給系と浅部熱水系

*松島 喜雄[1]、宇津木 充[2]、高倉 伸一[1]、山崎 雅[1]、畑 真紀[3]、橋本 武志[4]、上嶋 誠[3] (1.産総研地質調査総合センター、2.京都大学、3.東京大学、4.北海道大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長:篠原 雅尚(東京大学地震研究所観測開発基盤センター)、石山 達也(東京大学地震研究所)

9:00 ~ 9:15

[SCG57-01] 北海道北部における最近の地震活動

発表キャンセル

*高波 鐵夫[1,2] (1.カーネギー研究所、2.北海道総合地質学研究センター)

9:15 ~ 9:30

[SCG57-02] 地震探査から見る日本海北海道南西沖における地殻構造

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、佐藤 比呂志[2]、石山 達也[2] (1.海洋研究開発機構 、2.東京大学地震研究所)

9:30 ~ 9:45

[SCG57-03] 渡島半島横断深部反射法地震探査

*佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、加藤 直子[1]、清水 英彦[2]、佐藤 壮[3]、川崎 慎治[2]、野 徹雄[3]、小平 秀一[3]、三浦 誠一[3] (1.東京大学地震研究所、2.地球科学総合研究所、3.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SCG57-04] 千島海溝域の固着による北海道周辺域の地殻変動場と震源断層における応力蓄積

*橋間 昭徳[1]、佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、Andrew Freed[2] (1.東京大学地震研究所、2.パーデュー大学)

10:00 ~ 10:15

[SCG57-05] Structural Heterogeneity in and around the Source Region of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Central Hokkaido, Japan

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、松原 誠[5]、佐藤 比呂志[1]、蔵下 英司[1]、平田 直[1]、阿部 進[6]、野田 克也[7]、藤原 明[8]、菊池 伸輔[9]、鈴木 和子[10] (1.東京大学地震研究所、2.千葉大学大学院理学研究院、3.地震予知総合研究振興会、4.北海道総合地質学研究センター、5.防災科学技術研究所、6.石油資源株式会社、7.(株) ジオシス、8.(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、9.(株) 地球科学総合研究所、10.シュランベルジェ)

10:15 ~ 10:30

[SCG57-06] 北海道中軸部における比抵抗構造：超塩基性岩のテクトニクスへの制約

*市原 寛[1]、茂木 透[1]、山谷 祐介[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.産業総合研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長: 佐藤 比呂志(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)

10:45 ~ 11:00

[SCG57-07] 防災科研S-netデータを活用した日本列島下および太平洋下を含めた三次元地震波速度構造

*松原 誠[1]、佐藤 比呂志[2]、植平 賢司[1]、望月 将志[4]、金沢 敏彦[5]、高橋 成実[1]、鈴木 健介[3]、神谷 眞一郎[1] (1.防災科学技術研究所、2.東京大学地震研究所、3.海洋研究開発機構、4.文部科学省、5.地震予知総合研究振興会)

11:00 ~ 11:15

[SCG57-08] 白亜紀日本の前弧盆地の時空間的広がり

*磯崎 行雄[1]、長谷川 遼[1]、堤 之恭[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)

11:15 ~ 11:30

[SCG57-09] 破片化した過去の前弧砕屑岩類の地体構造上の帰属：関東に散在する浅海/河川成白亜系・古第三系砂岩の砕屑性ジルコンU-Pb年代測定

*長谷川 遼[1]、磯崎 行雄[1]、堤 之恭[2] (1.東京大学大学院総合文化研究科、2.国立科学博物館地学研究部)

11:30 ~ 11:45

[SCG57-10] Laboratory Measurements of Vp, Vs and Vp/Vs for polycrystalline labradorite up to 800°C and 1GPa

*本多 聡子[1]、石川 正弘[1] (1.横浜国立大学環境情報学府)

11:45 ~ 12:00

[SCG57-11] 高分解能反射法地震探査から明らかになった中央構造線活断層系(四国地域)の地下形状

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、越谷 信[2]、佐藤 比呂志[1]、松原 誠[3]、YANO Tomoko Elizabeth[3]、小池 太郎[4]、野田 克也[4] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部システム創成工学科社会基盤・環境コース、3.防災科学技術研究所、4.株式会社ジオシス)

12:00 ~ 12:15

[SCG57-12] **Cenozoic evolution of the Tsushima Strait and the Fukue Basin, southern Sea of Japan: an interplay of tectonics, palaeo-environment, and volcanism**

*Johan S. Claringbould[1]、Hiroshi Sato[1]、Tatsuya Ishiyama[1]、Anne Van Horne[1,2]、Shinji Kawasaki[3]、Susume Abe[4] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming、3.JGI, Inc.、4.JAPEX)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

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

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:佐藤 友彦(東京工業大学地球生命研究所)

9:00 ~ 9:15

[BCG07-01] エディアカラ紀の熱水成炭酸塩に見られる鉄酸化細菌とストロマトライト

*狩野 彰宏[1]、宮崎 彩[1]、吉岡 純平[1]、Chraiki Ibtissam[2]、Barzouk Abdelhafed[2]、Youbi Nasrrddine[2,3]、Admou Hassan[2]、Boumehdi Moulay[2,3]、Maacha Lhou[4]、Baoutoul Hsaine[4]、Bouskri Ismail[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.Cadi Ayyad大学、3.Lisboa大学、4.Managem-ONA Group)

9:15 ~ 9:30

[BCG07-02] ガボン前期原生代フランスヴィル層群の炭酸塩炭素同位体層序

★招待講演

*佐藤 友彦[1]、澤木 佑介[2]、浅沼 尚[2]、上田 修裕[1]、丸山 茂徳[1] (1.東京工業大学、2.東京大学)

9:30 ~ 9:45

[BCG07-03] 後期古原生代の浅海域における酸化還元状態の変化：カナダ・ケープスミス帯

*元村 健人[1]、清川 昌一[1]、池原 実[2]、佐野 貴司[4]、田中 健太郎[3]、三木 翼[3]、佐野 有司[3] (1.九州大学、2.高知大学、3.東京大学、4.国立科学博物館)

9:45 ~ 10:00

[BCG07-04] 北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩の植物バイオマーカー分析による陸域古植生変動の復元

*池田 雅志[1]、沢田 健[2]、安藤 卓人[3]、中村 英人[4]、高嶋 礼詩[5]、西 弘嗣[5] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.北海道大学北極域研究センター、4.大阪市立大学大学院理学研究科、5.東北大学学術資源研究公開センター　東北大学総合学術博物館)

10:00 ~ 10:15

[BCG07-05] レアアース泥に関する最新研究成果の概観

*加藤 泰浩[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、高谷 雄太郎[3,1,2]、大田 隼一郎[2,1]、田中 えりか[1]、見邨 和英[1]、飯島 耕一[4,1]、町田 嗣樹[2,1]、野崎 達生[4,1,2,5]、木村 純一[4]、岩森 光[1,4,6] (1.東京大学、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.早稲田大学、4.海洋研究開発機構、5.神戸大学、6.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[BCG07-06] A cold and alkaline Hadean ocean caused by impact ejecta weathering

*門屋 辰太郎[1]、David Catling[1] (1.ワシントン大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

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

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:吉田 聡(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 広域システム科学系宇宙地球科学教室)

10:45 ~ 11:00

[BCG07-07] **Impact-induced magmatism on early Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1]、Uschi M. Graham[2]、Yuya Tsukamoto[3]、Yumiko Watanabe[3]、Takeshi Kakegawa[3]、Hiroshi Hamasaki[4]、Andrew Chorney[5]、Katherine Crispin[1]、Zi-Kui Liu[1] (1.The Pennsylvania State University、2.Univ. of Kentucky、3.Tohoku Univ.、4.Tokyo Gas、5.Temple Univ.)

11:00 ~ 11:15

[BCG07-08] An evaluation of impact dating for shocked zircons with planar features (PFs) in the Vredefort dome by LA-ICP-MS multi-spot analysis

*山本 伸次[1]、加藤 大雅[1] (1.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

11:15 ~ 11:30

[BCG07-09] **イスア表成岩帯変成岩の微量元素およびタングステン同位体分析への酸洗浄法の適用**

★招待講演

*榎本 葉月[1]、飯塚 毅[1]、本馬 佳賢[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

11:30 ~ 11:45

[BCG07-10] 太古代の低生物生産とその生物地球化学的影響

★招待講演

*尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

11:45 ~ 12:00

[BCG07-11] 太古代の炭素循環システムの挙動特性と高温環境の必然性

★招待講演

*渡辺 泰士[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]、洪 鵬[3] (1.東京大学、2.東邦大学、3.千葉工業大学)

12:00 ~ 12:15

[BCG07-12] 地質学的産状と化学組成を用いたグリーンランド・イスア表成岩帯の変成炭酸塩岩の起源の解明と初期太古代海洋環境の復元

*吉田 聡[1]、安川 和孝[2]、加藤 泰浩[2]、澤木 佑介[3]、小宮 剛[3] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、3.東京大学総合文化研究科広域科学専攻)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡崎 裕典

10:45 ~ 11:00

[MIS19-01] 超大陸パンゲア時代の大気循環パターンと縦列砂丘の発達

*庄崎 弘基[1]、長谷川 精[2] (1.国立大学法人　高知大学理学部、2.国立大学法人　高知大学理工学部)

11:00 ~ 11:15

[MIS19-02] 白亜紀の海洋無酸素イベントにおける基礎生産者の挙動

*芳賀 万由子[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2] (1.東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.東邦大学理学部生命圏環境科学科)

11:15 ~ 11:30

[MIS19-03] タリム盆地南西縁部第三系の供給源変動から推定される構造運動と砂漠化の関連性

*佐久間 杏樹[1]、多田 隆治[1]、吉田 知紘[1]、長谷川 精[2]、杉浦 なおみ[1]、烏田 明典[1]、王 可[1]、Zheng Hongbo[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.高知大学理学部、3.雲南大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS19-04] 千葉複合セクションの酸素同位体記録・浮遊性有孔虫群集によるMIS19における北西太平洋の古海洋変動復元

*羽田 裕貴[1]、横川 菜々子[1]、岡田 誠[1]、林 広樹[2]、久保田 好美[3]、菅沼 悠介[4] (1.茨城大学理学部、2.島根大学総合理工学部、3.国立科学博物館、4.国立極地研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS19-05] 千葉複合セクションに記録された磁場逆転境界付近における花粉分析を用いた古気候復元

*岡田 誠[1]、滝沢 ひとみ[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4]、シモン クォンタン[5] (1.茨城大学理学部理学科、2.茨城大学大学院理工学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.エクス−マルセイユ大学)

12:00 ~ 12:15

[MIS19-06] 過去100万年間の西赤道太平洋暖水塊における鉛直水温構造の復元

*水野 文人[1]、佐川 拓也[2]、向田 圭佑[3]、久保田 好美[4]、山崎 俊嗣[5]、黒田 潤一郎[5] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学理工研究域、3.金沢大学理工学域、4.国立科学博物館、5.東京大学大気海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

13:45 ~ 15:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)

13:45 ~ 14:00

[MIS19-07] 大気中二酸化炭素増大に伴う２つの気候変化への海洋石灰化生物の応答に関する将来展望

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:22

[MIS19-08] 生物源炭酸カルシウムのホウ素同位体分析に基づく海水pH・大気中CO_2濃度復元

★招待講演

*窪田 薫[1] (1.海洋研究開発機構 高知コア研究所)

14:22 ~ 14:37

[MIS19-09] サンゴ骨格の化学分析に基づくジャワ海における過去70年の環境変動

*源田 亜衣[1]、鈴木 淳[2]、石村 豊穂[3]、池原 実[4]、井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門、3.独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

14:37 ~ 14:52

[MIS19-10] **フィリピンのサンゴ試料を用いた過去220年間の西太平洋熱帯域の古環境復元**

智原 睦美[1]、福嶋 彩香[2]、池原 実[3]、川幡 穂高[2]、鈴木 淳[4]、*井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

14:52 ~ 15:15

[MIS19-11] Ocean deoxygenation from the Last Glacial Maximum to the future global warming: inshight from model simulations

★Invited Papers

*山本 彬友[1]、阿部 彩子[2,1]、大垣内 るみ[1]、伊藤 彰記[1]、重光 雅仁[1]、山中 康裕[3]、岡 顕[2] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.北海道大学大学院地球環境科学研究院統合環境科学部門)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡 顕

15:30 ~ 15:52

[MIS19-12] 湖底堆積物の花粉化石から高精度^{14}C年代を抽出する

★招待講演

*大森 貴之[1]、山田 圭太郎[2]、北場 育子[2]、中川 毅[2] (1.東京大学総合研究博物館、2.立命館大学古気候学研究センター)

15:52 ~ 16:07

[MIS19-13] 水月湖に保存された花粉化石の酸素安定同位体比変動

*山田 圭太郎[1]、大森 貴之[2]、北場 育子[1]、中川 毅[1] (1.立命館大学総合科学技術研究機構、2.東京大学総合研究博物館)

16:07 ~ 16:22

[MIS19-14] 珪藻化石記録に基づく最終氷期における琵琶湖湖水位変動の復元

*鈴木 勇志[1]、井内 美郎[2]、大塚 佳祐[1]、川上 薫[3] (1.早稲田大学大学院人間科学研究科、2.早稲田大学人間科学学術院、3.北海道大学大学院環境科学院)

16:22 ~ 16:45

[MIS19-15] 沿岸域におけるマイクロプラスチックの堆積フラックス

★招待講演

*日向 博文[1]、加 三千宣[1]、桝本 一成[1]、川又 勇人[1] (1.愛媛大学)

16:45 ~ 17:00

[MIS19-16] 別府湾堆積物: 人新世-完新世境界の補助ストラトタイプ候補としてのポテンシャル

*加 三千宣[1]、鈴木 克明[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.早稲田大学教育・総合科学学術院地球化学専修)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)、座長:児玉 哲哉、長尾 年恭

15:30 ~ 15:45

[MIS22-01] **高温火成岩の圧力誘起電荷計測: 地震前電離層擾乱への影響**

*山中 千博[1]、前薗 大聖[1] (1.大阪大学大学院　理学研究科)

15:45 ~ 16:00

[MIS22-02] 1983〜2018年の柿岡観測点におけるULF磁場の異常変動と地震との相関に関する統計解析と地震前兆性の評価

*服部 克巳[1]、高橋 恵[2]、韓 鵬[3] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.千葉大学理学部、3.中国南方科技大学)

16:00 ~ 16:15

[MIS22-03] 2011東北沖地震発生薬10分後のパルス津波・電磁気現象について

*榎本 祐嗣[1]、山辺 典昭[1]、杉浦 繁貴[2]、近藤 斎[2] (1.信州大学　上田キャンパス　Fii、2.コンポン研究所)

16:15 ~ 16:30

[MIS22-04] なまずの会による地下水異常と地震との関係についての再調査

*織原 義明[1]、鴨川 仁[2]、長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所、2.東京学芸大学物理学科)

16:30 ~ 16:45

[MIS22-05] S-Booster2018参加報告

*児玉 哲哉[1] (1.宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)

16:45 ~ 17:00

[MIS22-06] IUGGインターナショナルワーキング・グループ, EMSEVの目指すもの

*長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

9:00 ~ 10:30 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:本多 嘉明

9:05 ~ 9:20

[MSD44-01] 気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム

*三好 建正[1]、小槻 峻司[1]、寺崎 康児[1]、大塚 成徳[1]、本田 匠[1]、岡﨑 淳史[1]、高玉 孝平[1] (1.理化学研究所)

9:20 ~ 9:35

[MSD44-02] 次世代降水観測レーダの技術実証ミッション

*牛尾 知雄[1]、井口 俊夫[2]、中村 健治[4]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、上土井 大介[3] (1.首都大学東京（東京都立大学）、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.獨協大学)

9:35 ~ 9:50

[MSD44-03] 災害およびモニタリングへの公共インフラとしてのベースマップ作成ミッション

*石塚 直樹[1] (1.日本リモートセンシング学会)

9:50 ~ 10:05

[MSD44-04] 多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視，同化予測および再解析プロダクトの作成

*弓本 桂也[1,2]、眞木 貴史[2]、田中 泰宙[2]、関山 剛[2]、竹村 俊彦[1] (1.九州大学、2.気象研究所)

10:05 ~ 10:20

[MSD44-05] 衛星搭載多波長偏光高スペクトル分解ライダーによる全球エアロゾル・雲観測

*西澤 智明[1]、岡本 創[2]、石井 昌憲[3]、神 慶孝[1] (1.国立環境研究所、2.九州大学、3.情報通信研究機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

10:45 ~ 12:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:浅井 和弘(東北工業大学)、木村 俊義(宇宙航空研究開発機構)

10:45 ~ 11:00

[MSD44-06] 雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション

*岡本 創[1]、鈴木 健太郎[2]、西澤 智明[3]、石井 昌憲[4] (1.九州大学、2.東京大学、3.国立環境研究所、4.情報通信研究機構)

11:00 ~ 11:15

[MSD44-07] 数値予報精度向上のための衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測

*石井 昌憲[1]、岡本 幸三[2,1]、久保田 拓志[3]、佐藤 篤[4,1]、境澤 大亮[3]、西澤 智明[5]、松本 紋子[6]、津上 哲也[6]、石橋 俊之[2]、田中 宙中[2]、Philippe Baron[1]、青木 誠[1]、沖 理子[3]、佐藤 正樹[7]、岩崎 俊樹[8] (1.情報通信研究機構、2.気象庁気象研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東北工業大学、5.国立環境研究所、6.ANAホールディングス株式会社、7.東京大学、8.東北大学)

11:15 ~ 11:30

[MSD44-08] 衛星搭載水蒸気分布観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証

*阿保 真[1]、長澤 親生[1]、柴田 泰邦[1]、内野 修[2]、柴田 隆[3] (1.首都大学東京大学院システムデザイン研究科、2.国立環境研究所、3.名古屋大学)

11:30 ~ 12:00

[MSD44-09] ポスターセッションのショートプレゼンテーション

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:沖 理子(宇宙航空研究開発機構)

13:45 ~ 14:00

[MSD44-10] **ひまわり後継衛星計画の概要**

*別所 康太郎[1] (1.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[MSD44-11] ひまわり後継衛星に向けたハイパースペクトル赤外サウンダのインパクト調査

*岡本 幸三[1]、大和田 浩美[2]、計盛 正博[2]、大塚 道子[1]、太田 芳文[2]、上清 直隆[1]、瀬古 弘[1]、安藤 昭芳[2]、吉田 良[2]、石元 裕史[1]、林 昌宏[1]、石田 春磨[3]、佐藤 芳昭[2]、国松 洋[2]、別所 康太郎[2]、横田 寛伸[2] (1.気象研究所、2.気象庁、3.気象衛星センター)

14:15 ~ 14:30

[MSD44-12] 静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダの観測システムシミュレーション実験

*大和田 浩美[1]、岡本 幸三[2]、計盛 正博[1]、上清 直隆[2]、石元 裕史[2]、林 昌宏[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MSD44-13] 静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

14:45 ~ 15:00

[MSD44-14] Geostationary Optical Earth Observation Satellite

*沖 一雄[1]、木村 俊義[2]、水谷 忠均[2]、田殿 武雄[2] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

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

破壊・噴火・衝突といった現象はマントル対流のような長いスケールの地質現象とは異なるカタストロフィックな現象である。しかし、恐竜の絶滅に代表される隕石衝突などの地球規模の現象は長期的な変動だけではなく、このような劇的な高速の現象で引き起こされる。つまり、地球の進化・防災を考える上でも、高速のダイナミクスの理解を深めることは重要である。放射光技術の進展で極限状況におけるフェムト秒から数分スケールまでの速い現象を捉えることが可能になりつつある現状を踏まえて、物質科学・観測・数値モデルといった多くの手法から高速のダイナミクスの包括的な理解を目指す。

13:45 ~ 13:48

Introduction

13:48 ~ 14:00

[U04-01] 地球惑星科学における高速過程　研究組織の構築に向けて

★招待講演

*芳野 極[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

14:00 ~ 14:15

[U04-02] 粉砕岩のフラクタル特性と岩石の動的粉砕

★招待講演

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

14:15 ~ 14:30

[U04-03] 滑りの不安定化における普遍的加速過程

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

14:30 ~ 14:45

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

★Invited Papers

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

14:45 ~ 15:00

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

★招待講演

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

15:00 ~ 15:15

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

★招待講演

*前野 深[1] (1.東京大学地震研究所)

地球惑星科学における高速過程　研究組織の構築に向けて
Toward organization of a new field on fast process in Earth and planetary science

*芳野 極[1]
*Takashi Yoshino[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Materials, Okayama University

地球惑星の進化において、巨大隕石の衝突による恐竜の絶滅に代表される地質学的時間スケールでの進化とは異なる短いスケールで起こったイベントが全地球惑星規模の進化、環境に劇的な変化をもたらす。このような事象の理解には、地震活動に代表されるような破壊過程・火山活動における噴火過程・巨大隕石衝突過程のような高速過程の理解が不可欠である。これらの現象は現在においてもいつ起きてもおかしくない事象であることから、防災面においても重要な研究課題である。本講演ではこれらの現象の素過程の解明とそれが及ぼす影響に関する研究を融合させることを提案し、分野融合型の研究組織の構築することを目的とする。

近年、大型放射光施設やX線自由電子レーザー施設における測定実験技術の進展により、極限環境下で起こるカタストロフィックな現象は、数分（$>10^2$s）からフェムト秒（10^{-15}s）にわたる幅広い時間スケールで補足可能になってきた。放射光と大容量プレスによる高圧実験を組み合わせた測定では、静的な過程の観察から変形・減衰・破壊といった動的な過程を捉える方向へと研究の力点がシフトしつつあり、ミリ秒スケールまでの高速過程を検出できる状況が整備されつつある。またX線自由電子レーザーを用いた研究では、高強度レーザーを用いた衝撃圧縮実験時に、衝突過程を100ピコ秒スケールで詳細に追える状況が実現している。さらにスーパーコンピューターを用いた計算機科学分野でも高速過程再現実験の進展が著しく、原子スケールから巨大天体衝突に至るまでシームレスに高速過程を捉える研究を統括できる時期が到来している。高速過程の研究は、それぞれの事象において独立して研究が進められてきたが、高速過程を捉える手法、その素過程における現象は共通する面も多い。これら物質科学・観測・数値モデルといった数多くの手法を取り入れ、効率的に「知」を運用できる研究ネットワークを形成することを目標として、本セッションを企画した。このネットワークを確立し活用することによって、地球惑星科学における高速のダイナミクスを包括的に理解すると同時に、地球規模でのインパクトについても新しい知見を得て、新たなパラダイムシフトを起こすことが期待される。

キーワード：高速過程、破壊、衝突、噴火
Keywords: high speed process, failure, collision, eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粉砕岩のフラクタル特性と岩石の動的粉砕
Fractal particle size distribution of pulverized fault rocks and dynamic fragmentation of rocks

*武藤 潤[1]、西川 治[2]、長濱 裕幸[1]
*Jun Muto[1], Osamu Nishikawa[2], Hiroyuki Nagahama[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 秋田大学工学資源学研究科
1. Department of Earth Sciences, Tohoku University, 2. Graduate School of Engineering and Resource Sciences, Akita University

Earthquake is a catastrophic phenomenon caused by the rapid slip on fault. Development of high-speed rotary shear apparatus enables us to conduct friction experiments of various rocks at seismic slip rates to investigate dynamic fault behaviors [1]. The nominal strain rate at the seismic slip reaches 100 /s under the slip rate of 1 m/s occurring across the 1 cm width of the slip zone. On the other hand, the field observations along large-scale strike-slip faults reported the peculiar fault rocks with in-situ shattered microstructures [2]. The rocks are called pulverized fault rocks and characterized by a lack of shear deformation and intense fragmentation. These intensive damage zones have been suggested to form dynamically during earthquake rupture propagation. Theoretical calculation of the rupture propagation predicts much higher strain-rate deformation exceeding 10000 /s near the rupture tip [3]. However, because such high strain rate can be achieved only along the very close to the tip, several models have also been proposed to explain the wide distribution (~ 100 m from the fault core) of the pulverized rocks along the fault [2,4,5]. From the microstructural analysis of pulverized rocks, we reported the measurements of size distributions of fractured particles [6]. Fragments in those rocks in both fault zones show a fractal size (power-law) distribution down to the micron scale. Fractal dimensions of fragments, dependent on mineral types, reaches 2.92 near the fault cores. The value exceeds a theoretical upper fractal limit of confined comminution (~2.58 [7]) and experimentally created gouges by high-speed friction experiment (~2.6 [8]). Fractal dimensions close to 3.0 have been reported in high-speed impact loading experiments. The observed fractal properties imply that pulverization is likely to have occurred by a dynamic stress pulse with instantaneous volumetric expansion, possibly during seismic rupture propagation similar to impact loading. The obtained results from fractal properties of the pulverized rocks are consistent with laboratory experiments for dynamic fragmentation of rocks using Split-Hopkinson Pressure Bar (SHPB or Kolsky Bar) apparatus [5, 9]. SHPB is a loading apparatus that transmits planar elastic compressive waves into a sample under strain rates of 10 ~ 1000/s. Using the apparatus, Doan and Gary [5] clearly showed that the high strain rate exceeds 150 /s is required to cause pulverization of granite. Moreover, from the analysis of grain size distribution of fragments created by SHPB experiments of fine-grained novaculite, Barber and Griffith [9] showed that energy dissipation by fragmentation is not trivial than previously considered (10 % to as much as 40 %). According to dynamic fragmentation model by Hild [10], strength of rocks in multiple fragmentation regime dramatically increases with strain rate. This implies that the significant strain-rate hardening accompanying pulverization may be the responsible for the significant energy sink of the earthquake [9]. In the presentation, we review the dynamic fragmentation phenomena based on field evidence, theoretical models and laboratory experiments using SHPB apparatus to shed light on the dynamic fault behavior.

References: [1] Di Toro, G. et al. (2011), Nature, 471, 494-498. [2] Dor, O. et al. (2006) EPSL, 245,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

642-654. [3] Reches, Z., Dewers, T. A. (2005) EPSL, 235, 361-374. [4] Ben-Zion, Y., Shi, Z.Q. (2005) EPSL, 236, 486-496. [5] Doan, M. L., Gary, G. (2009) Nature Geosci., 2, 709-712. [6] Muto, J., Nakatani, T., Nishikawa, O., Nagahama, H. (2015) GRL, 42, 3811–3819, doi:10.1002/2015GL064026. [7] Sammis, C. et al. (1987) Pageoph, 125, 777-812. [8] Stünitz, H. et al. (2010) JSG, 32, 59-69. [9] Barber, T., Griffith, W. A. (2017) Phil. Trans. R. Soc. A, 375, 20160002. [10] Hild, F. et al. (2003) Rev. Franco. Gen. Civ., 7, 973-1003.

キーワード：粉砕岩、動的粉砕、スプリットホプキンソン圧力棒試験、フラクタル、地震の破壊伝播
Keywords: Pulverized rocks, Dynamic fragmentation, Split-Hopkinson Pressure Bar Apparatus, Fractal, Earthquake rupture propagation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

滑りの不安定化における普遍的加速過程
Universal aspects of acceleration process toward unstable fast rupture

*波多野 恭弘[1]
*Takahiro Hatano[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

In this talk, we will elaborate the acceleration process of unstable slip on a model of earthquake fault. Based on an empirical friction law that has been verified in the laboratory scale, it is shown that slip velocity increases in a power law manner tracing the inverse Omori law. This acceleration process has been known empirically, and is derivable theoretically for a class of simple systems. We will show that this power-law acceleration is realized in a wider class of systems including non-planer faults and random brittle media. Analysis on a mean-field model indicates saddle node bifurcation is responsible for the power law behavior.

キーワード：地震、核形成過程、先行現象
Keywords: earthquake, slip nucleation, precursory phenomena

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Semi-brittle flow in dunite and harzburgite at upper mantle pressures

*大内 智博[1]、雷 興林[2]、肥後 祐司[3]、丹下 慶範[3]
*Tomohiro Ohuchi[1], Xinglin Lei[2], Yuji Higo[3], Yoshinori Tange[3]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 産業技術総合研究所、3. 高輝度光科学研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

The mechanism of intraslab earthquakes (> 40 km depth) is fundamentally different from those of shallower ones. This is because the frictional strength is much higher and fracture process associates ductile flow (i.e., semi-brittle flow) at deeper parts. The location of the double seismic zone in the subducting Pacific slab corresponds to the main dehydration field in the pressure-temperature diagram of the hydrous peridotite (Omori et al., 2002). The cause of intraslab seismicity at intermediate depths has been attributed to breakdown of hydrous minerals such as serpentinite (e.g., Ferrand et al., 2017) and lawsonite (Okazaki et al., 2016) because it causes unstable fault slip or shear localization. However, the role of aqueous fluid in fracturing at high pressures is still unclear.

To evaluate the effect of water on semi-brittle behavior of dunite and harzburgite, we conducted in-situ uniaxial deformation experiments on as-is/water-saturated dunite and harzburgite at pressures 1-3 GPa and temperatures 670-1250 K with a constant displacement rate using a deformation-DIA apparatus. Pressure, stress, and strain were measured in situ by using x-ray diffraction patterns and radiographs. Radiographs were taken at each several minutes in most of deformation experiments, though radiographs were continuously taken (each 5 seconds) during a deformation run (at 2 GPa and 860 K). Acoustic emissions (AEs) were also recorded continuously on six sensors, and three-dimensional AE source location were determined.

Formation of throughgoing faults was observed in water-saturated dunite and harzburgite at 860 K and lower temperatures. Fault slip rate is between 3E-5 and 4E-4 s^{-1} which are comparable to the background strain rate just before a faulting (1E-5 and 3E-4 s^{-1}), showing that shear localization is ineffective under water-saturated conditions. Addition of the aqueous fluid resulted in the reduction in the number of AE events in the faulted sample (i.e., aseismic faulting). A high time-resolution strain monitoring revealed that fault slip rate fluctuate within several ten seconds (i.e., stick-slip phenomena). Because the high time-resolution strain monitoring is a preliminary experiment, the relationship between stick-slip phenomena and aqueous fluid is unclear. We will investigate that point in near future.

キーワード：水、半脆性流動、断層形成
Keywords: water, semi-brittle flow, faulting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

A mechanism of magma fracturing revealed by in-situ X-ray imaging and diffraction

*奥村 聡[1]、上杉 健太朗[2]、坂巻 竜也[1]、後藤 章夫[3]
*Satoshi Okumura[1], Kentaro Uesugi[2], Tatsuya Sakamaki[1], Akio Goto[3]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻地球惑星物質科学科、2. 国立研究開発法人理化学研究所高輝度光科学センター、3. 東北大学東北アジア研究センター
1. Division of Earth and Planetary Materials Science, Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. SPring-8/JASRI, 3. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

Explosive volcanism is one of the most spectacular phenomena on Earth. Explosive volcanism is characterized by the vigorous release of magma fragments and volcanic gases to the surface. In such cases, the magma is the continuum in the crust but becomes fragmented during its ascent. In particular, brittle fragmentation of silicic (relatively SiO2-rich) magma results in explosive eruptions. Therefore, the cause of brittle fragmentation of magma determines whether the eruption will be explosive or effusive.

The viscoelasticity of magma and the relaxation timescale of its structure are currently thought to control fragmentation (Dingwell, 1996 Science). Under rapid deformation rates, magma exhibits elastic behaviour, while viscous magma behaviour is dominant when the deformation rate is slow. Fiber elongation experiments for magmas clearly demonstrate the transition from viscous elongation to brittle fracturing with increased elongation rates. This transition is empirically formulated and can be applied to the modelling of volcanic eruptions (Gonnermann and Manga, 2003 Nature). In contrast, the atomic- to nano-scale structure of melt across this transition is poorly understood. For example, magma exhibits shear thinning (viscosity decreases as shear rate increases) behaviour when the shear rate is close to the conditions at which magma fracturing occurs. No explanation for the relationship between shear thinning and brittle fracturing has yet been proposed. Understanding the atomic- to nano-scale structures across viscous to brittle transition will provide important information for clarifying the mechanism of magma fragmentation. We have investigated magma fracturing by using in-situ X-ray imaging and diffraction techniques. Some preliminary results of our work will be introduced in this presentation.

キーワード：火山噴火、マグマ、破砕、X線イメージング、X線回折
Keywords: Volcanic eruption, Magma, Fracturing, X-ray imaging, X-ray diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Estimation of physical parameters of volcanic eruptions based on analysis of eruptive products –Toward understanding of eruption dynamics–

*前野 深[1]
*Fukashi Maeno[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

火山噴火で地表に噴出するマグマの噴出量・噴出率は，地殻浅部におけるマグマの蓄積・移動の時空間スケールや，噴火に伴う地表現象の種類・性質の理解において重要な指標となる。１回の火山噴火の「噴出量」は，噴火の規模を決めるための最も基礎的物理パラメータであるとともに，その中長期におよぶ変遷はマグマの蓄積過程や噴火発生頻度と関係し，火山活動全体の理解においても重要である。一方，噴火時のマグマの「噴出率」は，マグマ上昇過程と密接に関係し，噴火様式の多様性や推移，噴火の強度，噴煙高度などを支配するパラメータで，噴出量とともに噴火現象の理解において重要である。これらマグマの噴出量・噴出率（噴火物理パラメータ）の解明は，マグマ上昇に伴い地殻内および地表で発生する様々な火山現象の理解において鍵となり，その推定精度の向上は，火山活動と噴火現象の多様性の原因や，マグマ溜り–火道システムの理解を進めるために必要不可欠である。噴火の多様性を支配する要因の一つである噴出率は，噴出物の微細構造・組織や化学組成不均質など，マグマの上昇・減圧に起因する噴出物の特徴に大きく影響を与える。このような噴火物理パラメータと噴出物の物質科学的特徴との関係解明は，火山噴火の理解を大きく進める可能性がある。一方，近年の火山噴火では，噴出物・堆積物データと地上や衛星からの多様かつ豊富な観測データと比較することで，マグマの地表への噴出から堆積までのプロセスが高い解像度で捉えられるようになってきており，そこから得られる知見は，過去の火山噴火の復元においても重要な制約となることが期待される。噴火物理パラメータの解明は，火山噴火ダイナミクスの理解のみならず，噴火に伴う災害や将来の噴火を予測するにおいても重要である。本発表では，近年の火山噴火や過去の超巨大噴火における噴火物理パラメータの解明研究について紹介し，課題についても述べる。

キーワード：火山噴火、噴出量、噴出率、物理パラメータ
Keywords: volcanic eruption, eruptive volume, discharge rate, physical parameter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[U-04] 地球惑星科学における高速過程を捉える

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

破壊・噴火・衝突といった現象はマントル対流のような長いスケールの地質現象とは異なるカタストロフィックな現象である。しかし、恐竜の絶滅に代表される隕石衝突などの地球規模の現象は長期的な変動だけではなく、このような劇的な高速の現象で引き起こされる。つまり、地球の進化・防災を考える上でも、高速のダイナミクスの理解を深めることは重要である。放射光技術の進展で極限状況におけるフェムト秒から数分スケールまでの速い現象を捉えることが可能になりつつある現状を踏まえて、物質科学・観測・数値モデルといった多くの手法から高速のダイナミクスの包括的な理解を目指す。

15:30 ~ 15:45

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

★招待講演

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

15:45 ~ 16:00

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

★Invited Papers

*久保 友明[1]、宮原 正明[2] (1.九州大学、2.広島大学)

16:00 ~ 16:15

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

★Invited Papers

*尾崎 典雅[1] (1.大阪大学)

16:15 ~ 16:30

[U04-10] X線自由電子レーザーで捉える動的過程

★招待講演

*片山 哲夫[1] (1.公益財団法人　高輝度光科学研究センター)

16:30 ~ 16:45

[U04-11] 放射光 X 線を用いた高速度計測

★招待講演

*上杉 健太朗[1] (1.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

16:45 ~ 16:58

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

★招待講演

*河野 義生[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

16:58 ~ 17:00

Discussion

衝突蒸気雲内化学反応が結びつける小惑星リュウグウと地球初期進化
Chemical reaction processes bridge between asteroid Ryugu and early evolution of Earth

*杉田 精司[1,3]、桑原 秀治[2]、黒澤 耕介[3]
*Seiji Sugita[1,3], Hideharu Kuwahara[2], Kosuke Kurosawa[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 愛媛大学、3. 千葉工業大学
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science Sciece, The University of Tokyo, 2. Ehime University, 3. Chiba Institute of Technology

はやぶさ２は始源的小惑星リュウグウの素性が明らかにしつつある。だが、リュウグウのような炭素に富む小惑星が地球に衝突したときに、地球表層環境の進化にどんな影響を及ぼすかを理解することは容易ではない。この理解には、衝突時に起きる高速現象の理解が本質に重要である。本発表では、大気突入の力学過程と地表に衝突した際に発生する衝突蒸気雲内の高温化学反応過程についてレビューし、小惑星探査の結果が地球などの進化に与える影響を推察する。

キーワード：小惑星探査、超高速衝突、衝突蒸気雲、大気突入物理過程
Keywords: Asteroid missions, Hypervelocity impacts, Impact vapor clouds, Atmospheric entry physics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*久保 友明[1]、宮原 正明[2]
*Tomoaki Kubo[1], Masaaki Miyahara[2]

1. 九州大学、2. 広島大学
1. Kyushu University, 2. Hiroshima University

High-pressure transformations occur on timescales of ~0.01 to a few seconds in shocked meteorites. Reactions in such short timescales often remain incomplete and/or metastable state, which is usually problematic for the interpretation, but can be good information for shock durations if the kinetics is experimentally known. Here we present some experimental results on curious kinetic behaviors in seifertite and lingunite, those presences in shocked meteorites have been difficult to explain based on phase equilibrium. A conventional method combining multi-anvil high-pressure apparatus with synchrotron white X-ray was routinely used to observe non-equilibrium behaviors and their kinetics in minerals at pressures up to ~30 GPa by collecting time-resolved X-ray diffraction data every 10 sec with energy dispersive method. By using this system, we found that seifertite and lingunite are metastably formed at high pressures from silica and plagioclase, respectively. The problematic presence of these phases in shocked meteorites can be reasonably explained as metastable phases. Extrapolations of kinetic data obtained to shorter timescales at higher temperatures of shock events uniquely constrain the critical shock durations and the size of the impactor. Similar strategy has also been applied to the back-transformation recorded in shocked meteorites. Time-resolved X-ray observations have revealed that some high-pressure phases such as bridgmanite and lingunite do not directly transform to their low-pressure phases, but through the amorphous state. This may explain the presence of amorphous phases with enstatite and plagioclase compositions in shocked meteorites. Our studies demonstrate that the conventional 10-second time-resolved synchrotron X-ray observations under static pressures capture the critical processes of solid-state reactions during shock events. On the other hand, crystallization of high-pressure phases from shock-induced melt is another important process to be solved. Improvement of the system with better time resolution and grain observations by 2D detector are required to detect the rapid melt crystallization processes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ultrafast pump-probe experiemnts for planetary materials using high-power lasers and XFEL

*尾崎 典雅[1]
*Norimasa Ozaki[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

Materials at high pressures and temperatures are of great current interest for warm dense matter (WDM) physics, planetary sciences, and inertial fusion energy research. At the high-energy density (HED) conditions, the micro-structures of material significantly influence the behavior and properties. Ultra-short X-ray pulse, *i.e.*, X-ray free electron laser (XFEL), is a unique and powerful tool to directly observe a structure and to reveal the time scale of the structural change under the dynamic high pressures. Here we present recent experimental results on shock-compressed planetary materials using high-power laser and XFEL.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X線自由電子レーザーで捉える動的過程
Tracking dynamical phenomena with X-ray free-electron lasers

*片山 哲夫[1]
*Tetsuo Katayama[1]

1. 公益財団法人　高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X線自由電子レーザー（XFEL）は、フェムト秒の高強度X線パルスを発生する光源として、従来の放射光では観測することが困難だった高速過程（ダイナミクス）を捉える研究に利用されている。フェムト秒の時間領域では、XFELと同期レーザーと組み合わせた時間分解X線計測によって、原子レベルの時間・空間分解能を併せ持つ「分子動画」[1-3]が可能となった。一方、ナノ秒以上の時間領域であっても、放射光では捉えられなかった不可逆な現象を、XFELの高輝度性を生かしてシングルショットで観測しようという研究[4,5]も展開されている。

本講演では、XFELの光源特性やSACLAにおけるこれらの研究例を紹介し、地球惑星科学におけるXFELの可能性について議論する。

1. T. Katayama *et al.*, submitted.
2. K. H. Kim *et al.*, *Nature* **518**, 385-389 (2015).
3. T. Katayama *et al.*, *Struct. Dyn.* **3**, 034301 (2016).
4. K. H. Kim *et al.*, *Science* **358**, 1589-1593 (2017).
5. E. Nango *et al.*, *Science* **354**, 1552-1557 (2016).

キーワード：X線自由電子レーザー、動的過程
Keywords: X-ray free-electron laser, dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

放射光X線を用いた高速度計測
High speed measurement with synchrotron radiation X-ray.

*上杉 健太朗[1]
*Kentaro Uesugi[1]

1. 公益財団法人高輝度光科学研究センター
1. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

X線は物質に対する透過力が高く、物質の内部情報を得るためのプローブとして適している。たとえば単純レントゲン像に相当する透過X線強度分布により物質内部の状態観察が可能であるが、さらにそのエネルギースペクトルからは物質による吸収・蛍光スペクトルなどが分かる。また回折像からは、物質の鉱物相を同定することが可能である。

放射光X線は基本的には連続スペクトルを有している。これにより、物質の種類や必要とする情報に応じてX線照射エネルギー（波長）を調整し最適化することが可能となる。大型放射光施設SPring-8などの第三世代以降の放射光施設ではX線の光束密度(photons / sec / mm^2)あるいは輝度(photons / sec / mm^2 / $(mrad)^2$ / 0.1%b.w.)を高めるため、アンジュレーターなどの挿入光源が導入されている。アンジュレーターからの放射光X線とラボ用光源からのX線の輝度を比較すると、最大で10^9倍程度の開きがある。つまりアンジュレーターからはラボ用線源とは比較にならないほどのX線強度(正確には光束密度)が得られ、圧倒的な(時間・空間・エネルギー)分解能を実現できる。

たとえばX線画像計測(X線イメージングとも言う)では、1kHz程度のフレームレートでの観察は十分行えるし、小角散乱計測でも数kHzで昆虫が羽ばたく際の筋肉の運動がその場観察できる。湾曲型の結晶分光器を使うDispersive XAFSという手法ではミリ秒程度でXAFS信号の取得が可能である。これらは様々な非平衡あるいは動的現象を捉えるのに有効である。

講演では放射光X線を利用して実施された高速度計測の事例をいくつか示し、今後どのような地球科学的現象に適用できるか、参加者と議論したい。

キーワード：放射光X線、高速度計測、X線イメージング
Keywords: Synchrotron radiation X-ray, High speed measurement, X-ray imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Recent advances in high-pressure synchrotron X-ray experiments on magmas under pressure at the beamline 16-BM-B in Advanced Photon Source

*河野 義生[1]
*Yoshio Kono[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University

大容量高圧プレスを用いた高圧実験と組み合わせた放射光X線測定は、地球内部科学研究における最も有用な手法の一つであり、これまで高圧高温条件下における鉱物の相転移、結晶構造、状態方程式、弾性波速度の測定などにより、地球深部の鉱物相や化学組成などの‘静的’な地球内部構造が解明されてきた。一方、地球内部におけるマントル対流やプレートの沈み込み、それに伴う岩石の変形・破壊、また岩石の溶融や生成したマグマの輸送、初期地球のマグマオーシャンにおける液体地球のダイナミクスなど、数多くの‘動的’な地球科学現象を理解することが、地球内部のダイナミクスを解明する上で重要な課題として残されている。特に、岩石の破壊による地震発生現象やマグマの上昇による火山の噴火など、地球内部に端を発する自然災害のメカニズムの物質科学的理解は、地球内部科学のみでなく、社会的にも重要な課題である。このような‘動的’地球科学現象を理解するためには、これまで行われてきた‘静的’な高圧実験とは異なる ‘動的’な高圧実験研究の開拓が必要である。

本発表では、特に液体の高圧放射光X線実験による高圧マグマ研究の開拓について紹介する。マグマは高圧条件下で生成する高圧物質であり、高圧下におけるマグマなどの‘液体’の構造、物性の理解は、地球内部のマグマ活動やそれに関連した地球内部の熱輸送、化学的進化を議論する上で重要な課題である。特に、高圧下におけるマグマの構造変化は、地球内部における鉱物の相転移同様に、最も基礎的で重要な情報であるが、'固体'の高圧実験と比べて'液体'の高圧実験は、実験の困難さによりあまり行われていないのが現状である。最近、我々はアメリカの放射光X線施設Advanced Photon Source (APS)の16-BM-Bビームラインにおいて、液体の構造、物性測定技術の開発を精力的に行ってきた（例えば、Kono et al., 2014, Nature Communications, 5, 5091；Kono et al., 2014, Phys. Earth Planet. Inter., 228, 269-280）。その結果、高圧下においてケイ酸塩メルトは一気圧下と大きく異なる構造を持つことが明らかになり、高圧下におけるケイ酸塩メルトの構造変化がケイ酸塩メルトの密度や粘性に大きく影響を与えることが分かってきた（例えば、Wang et al., 2014, Nature Communications, 5, 3241）。このような高圧下におけるケイ酸塩メルトの構造変化とそれに伴う物性変化は、地球内部におけるマグマの輸送過程などに大きな影響を与え、地球内部のマグマの状態とその輸送を理解する上で非常に重要であると考えられる。本発表では、高圧放射光X線実験による高圧下におけるマグマの構造、物性測定について紹介し、高圧マグマ実験研究の現状と将来の新しい高圧放射光X線実験へ向けた課題を議論する。

キーワード：高圧、マグマ、放射光X線
Keywords: High pressure, Magma, Synchrotron X-ray

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[U-07] 連合の環境・災害への対応―予期せぬ地質災害の衝撃に備える―

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

日本地球惑星科学連合は環境災害対応委員会を設置して、地球惑星科学と社会の接点にあって現在最も重要な課題である、環境や災害に関する研究の推進と調整や相次いで発生する自然災害への対応を進めてきた。2011年東北日本太平洋沖地震と津波災害は、空前の規模と広域かつ激甚な被害から、多数の学術団体が共同で調査研究を進めて災害の全貌を明らかにできた。近年多発する大規模な災害に対しても学術団体個別の対応には限界があり，日本地球惑星科学連合のような学際的な連合体の取り組みが不可欠である。本セッションでは、予期されないままに突発して大きな衝撃を与えた最近の地震・火山災害に対する加盟学協会の取り組みについて情報共有をはかり、複数の学協会にまたがる問題に対して実質的な連携を促進する上で連合にどのような体制を築いていくべきかを検討する。

10:45 ~ 10:55

[U07-01] 予期せぬ地質災害の衝撃を緩和する自然災害環境と景観の理解

*奥村 晃史[1] (1.広島大学大学院文学研究科)

10:55 ~ 11:10

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

*宮村 淳一[1] (1.気象庁)

11:10 ~ 11:25

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

*松田 博貴[1,2] (1.熊本大学、2.日本地質学会)

11:25 ~ 11:40

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

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

11:40 ~ 11:55

[U07-05] 地震ハザードマップへの非線形地盤応答の影響

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

11:55 ~ 12:10

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

★招待講演

*八木 浩司[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

12:10 ~ 12:15

Discussion

予期せぬ地質災害の衝撃を緩和する自然災害環境と景観の理解
Seismotectonic environments and landscape as keys to mitigate the impacts from unexpected hazards

*奥村 晃史[1]
*Koji Okumura[1]

1. 広島大学大学院文学研究科
1. Graduate School of Letters, Hiroshima University

地震や火山噴火による災害が起きるたびに，研究者の胸に繰り返し湧きあがる問いは，私たちはその災害について何を知っていたのか，そして何を知らなかったか，という問いではないだろうか．そして，たとえ不完全であったとしても，その知識をなぜ被害軽減に生かせなかったのか，という思いである．2018年に大きな衝撃を引き起こした地震の一つ，６月18日大阪府北部地震は有馬-高槻断層帯，生駒断層帯，上町断層帯の会合部近くで発生した．これら３つの断層は多くの不確かさを残しながらも，活動史が解明され将来予測も行われていた．また，震源を特定できない地震の発生は活断層とは別に予測評価をされている．さらに，震源断層の主部の活動がない場合でも，断層末端付近や他の断層との会合部付近にやや小さな地震が起きることは希ではない．人口と産業の集積によって災害への暴露と脆弱性が著しく高まっている大都市の直下型地震への備えるために，われわれが蓄積した知識を効果的に，多くのチャネルを通じて市民に伝えていく必要がある．淀川沿いに広がる低地は地震動を増幅する軟弱な地盤を示し，低地から急にそびえる生駒山地や六甲山地の急斜面は山地を隆起させる断層の存在を示している．日ごと目にする自然環境の中に地震災害のリスクを見て，被害を考えることは災害に対する備えの第一歩となるはずである．一方，９月６日胆振東部地震の震源域は，断層地塁山地と構造盆地が入り組む近畿地方とは異なり，急峻な山地もなく，起伏の小さななだらかな地形から断層運動や斜面災害を想像することは難しい．しかし９月の地震を起こした大地の動きを知らせてくれるのは，震央付近から日高海岸にかけて広がる広々とした海岸段丘の隆起であり，新第三系が作るなだらかな丘陵そのものである．日高地方・胆振東部の海岸線は広域に隆起する一方で，石狩低地帯とその南方延長には沈降域が広がっている．このコントラストは新第三紀末から第四紀の衝突テクトニクスによって形成された．このテクトニクスは現在まで継続していることが推定され，石狩低地帯東縁断層帯の活動も解明が進んでいた．胆振東部の自然景観を地震災害と結び作ることは容易ではないし，大きな被害をもたらした土砂災害を地形から予測することも困難であった．しかし，限られた知識をリスクの認識につなげて災害予測と被害軽減をはかることは重要な課題である．

キーワード：地震地体構造、地質、地形
Keywords: seismotectonics, geology, geomorphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年1月23日草津白根山（本白根山）噴火への対応　ー気象庁の取組を中心にー

Activities related with the eruption at Kusatsu-Shiranesan (Motoshiranesan) volcano on 23 Jan,2018 - Focusing on JMA’s activities -

*宮村 淳一[1]
*Junichi Miyamura[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

我が国は111の活火山を有する世界有数の火山国で、これまで多くの火山災害が繰り返されてきた。しかし、20世紀初頭を最後に大規模噴火が発生しておらず、近年の日本の火山活動は静穏に経過している。

その一方で、2014年御嶽山噴火では火口付近に居合わせた登山客が犠牲となり、戦後最大の火山災害となった。小規模噴火であっても火口近くで遭遇すると大きな災害につながることが噴火災害の特徴の一つである。最近の2018 年 1 月23日草津白根山噴火は、有史以来噴火の記録がなかった本白根山において突然発生し、噴火地点に近いスキー場で人的被害を生じた。

日本火山学会は1932年に火山に関する世界初の学会として設立された。2002年には、火山学に関連する学術調査・研究、普及・啓発及び研究奨励・表彰等の事業を通じて、火山学及びこれに関連のある諸科学の進歩及び普及をはかることを目的に特定非営利活動法人として再設立され、現在に至っている。会員の所属機関は大学・研究機関はもとより、防災対策に当たる自治体・行政機関、防災教育に当たる中・高等学校、民間企業など多岐にわたる。火山学研究を噴火災害の軽減につなげるため、一般市民を対象とした公開講座やシンポジウムを開催するなど、普及啓発にも力を入れている。

本講演では、2018年本白根山噴火に係る各機関の取組について、気象庁の対応を中心に紹介する。

キーワード：日本火山学会、2018年本白根山噴火、気象庁、火山防災対応支援
Keywords: The Volcanological Society of Japan, The 2018 Motoshiranesan Eruption, Japan Meteorological Agency, Support for Activities of Volcanic Disaster Mitigation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

学会行事開催時の非常変災への対応　～日本地質学会年会における事例～
Correspondences to society events at emergency disaster –In case of the Annual Meeting of the Geological Society of Japan -

*松田 博貴[1,2]
*Matsuda Hiroki[1,2]

1. 熊本大学、2. 日本地質学会
1. Kumamoto University, 2. the Geological Society of Japan

近年，台風やゲリラ豪雨による風水害，また予期せぬ地震による地震災害など，多くの自然災害が発生している．日本地質学会では，このような自然災害に対して，地質学の観点からメカニズムや防災・減災に関する学術研究，ならびに社会への教育・啓蒙活動を推進している．また学会行事中の非常変災では，参加者の安全確保と共に秩序立った運営に留意している．しかし実際には，現場での適切な対応が難しい場合もある．本講演では，この数年の学会行事中の非常変災とその対応・課題について紹介し，今後の皆様の一助になればと考える．

日本地質学会は，例年9月開催の学術大会（3日間）において，一般講演・公開シンポジウム・市民講演会を実施すると共に野外巡検・地質情報展などを行い，会員に加え，児童・生徒，市民の皆様の参加をいただいている．この時期は台風シーズンにあり，これまでも悪天候に見舞われたことがあった．特に第120年学術大会（仙台大会；2013年9月14～16日）では，大会最終日に18号台風が東北地方を直撃し，市民講演会は風雨の中での開催，また交通機関の乱れにより学会参加者の帰路に影響が出た．これを受け，学会では2014年7月に「一般公開行事実施の際の警報等発令時及び地震発生時の対応指針」を，さらに2016年1月には「日本地質学会学術大会に関する緊急時対応」を策定したところであった．

第124年学術大会（愛媛大会；2017年9月16～18日）

状況：本大会では，18号台風が四国地方を直撃した．九州南部に上陸した18号台風は，大会2日目17日に四国を横断した後，近畿地方を通過し，18日未明に日本海へと抜けた．

対応： 大会初日（16日），台風接近を受け，行事委員長ほか執行部で協議し，開催校愛媛大学の規則に則り，松山市に暴風警報が発令された場合には大会の一部を中止することとした．16日13時に17日の大会実施の決定時期についてML・HPにより配信し，17日7時に午前の中止を，そして9時30分に17日全行事の中止を発表した．17日発表予定であった学生・院生の口頭発表については，希望者分について18日午前中に特別セッションとして開催した．また中止となった講演の要旨は，今回に限りとして希望者には「台風によりプログラム中止」と明記の上，J-STAGEに公開し引用可能とした．

第125年学術大会（札幌大会；2018年9月5～7日）

＜21号台風＞

状況：21号台風は，大会前日9月4日午前中に関西地方に大きな被害を与えながら通過し，その後，日本海を北上，4日深夜，北海道西岸に達した．4日昼から関西・関東方面の航空便を中心に，交通機関に大きな乱れが生じた．

対応：大会前日，執行部で協議し，大会初日には台風は通過後と判断し，大会実施を予定した．大会初日，会場周辺に被害がないことを確認の上，予定通り大会を開催した（5日午前9時配信）．なお交通機関の乱れによる講演キャンセルについては「緊急時対応」に則り，講演発表取り消しとして扱った．

＜「平成30年北海道胆振東部地震」＞

状況：大会2日目未明（6日午前3時8分），「平成30年北海道胆振東部地震」（M=6.7，最大震度7）が発生し，札幌市内でも震度6弱を観測した．道内全域で大規模停電が発生し，交通機関のほぼすべてが停止し，それは大会3日目まで続いた．

対応：発災直後に執行部に非常呼集がかけられ，6時過ぎに対応を協議した．情報不足の上，復旧目処が不明の中，午前8時に大会2日目プログラム中止を配信した．しかしポスター発表の学生の一部が参集したた

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

め，ポスター発表については実施することとした．大会3日目には，一部通電したものの会場の停電は継続中であり，また交通機関・商業施設の再開の目処が立たないため，すべてのプログラム中止を決定した（7日午前6時30分配信）．中止となった講演の要旨については，愛媛大会に準拠した．

＜「つくば特別大会（12月1～2日）」＞

状況： 2年連続して大会の一部が中止になったことにより，講演中止を余儀なくされた参加者から何らかの対応の声が寄せられた．

対応：学会終了後，直ちに執行部で協議をし，代替大会開催を模索した．9月13日には会員に「代替大会開催についての緊急アンケート」を実施すると共に，代替会場・日程について協議した．その結果，「つくば特別大会」の実施を決定し，10月1日，会員に周知した．特別大会には，300名を超える参加者を得ることができ，代替大会の役目を果たした．

上述のように，台風のように事前に予測ができる場合には万全の対応はとれるが，地震などの場合，「緊急時対応」にはない判断が求められる．また情報伝達法，ならびに参加者の権利や公平性の配慮も必要となる．これらが今後の検討課題である．

キーワード：非常変災対応、台風、地震、日本地質学会
Keywords: correspondence at emergency disaster, typhoon, earthquake, the Geological Society of Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Aftershock and microtremor array observation around the source area of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*吉見 雅行[1]、飯山 かほり[2]、盛川 仁[2]、後藤 浩之[3]
*Masayuki Yoshimi[1], Kahori Iiyama[2], Hitoshi Morikawa[2], Hiroyuki Goto[3]

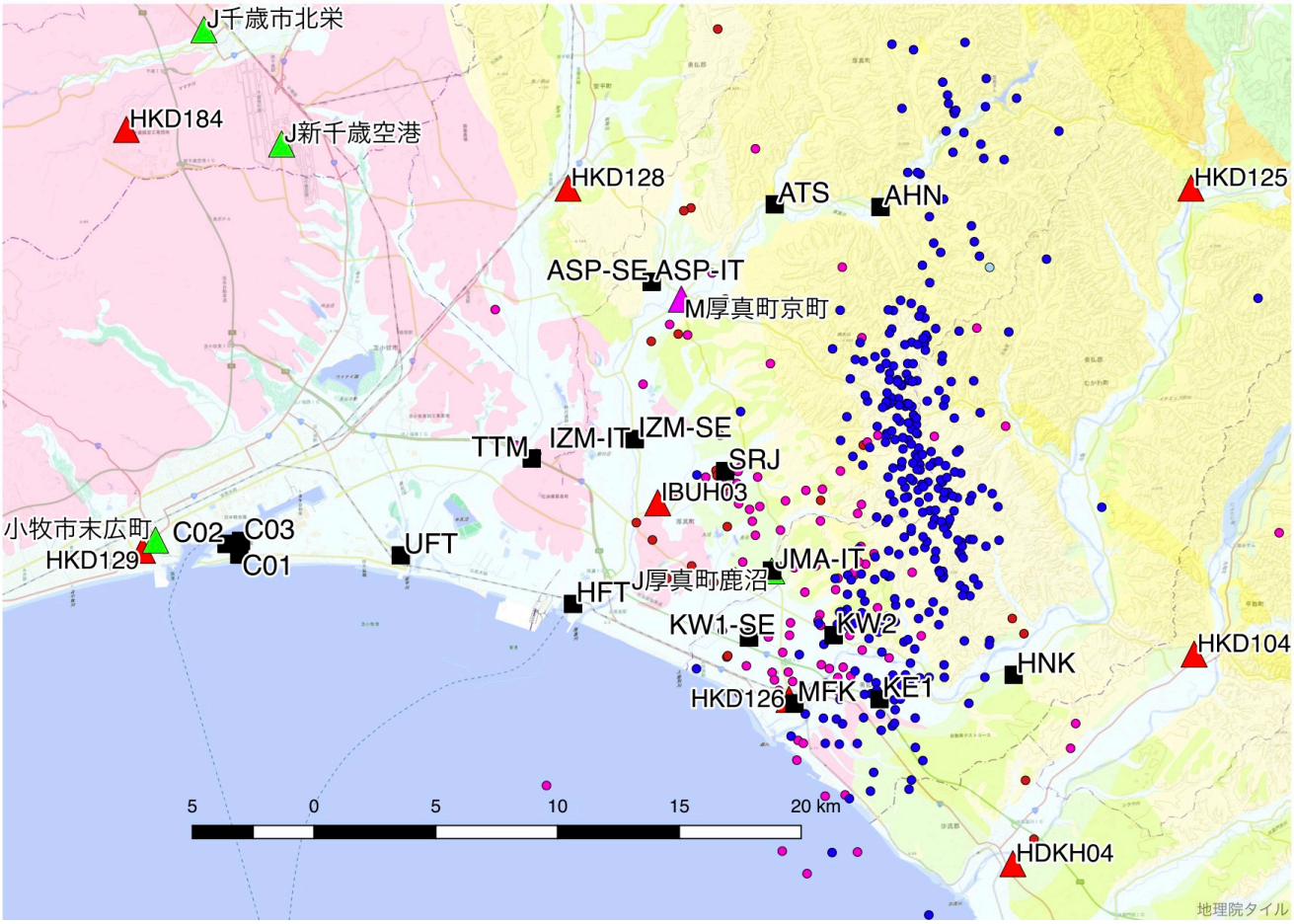
1. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 東京工業大学、3. 京都大学防災研究所
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. DPRI, Kyoto Univ.

2018年9月6日に発生した2018年北海道胆振東部地震（Mw6.6）は、深さ37kmで発生したやや深い内陸地殻内地震である。厚真町鹿沼で計測震度７を観測したほか、計測震度5強以上の領域は震源域周辺から石狩−勇払盆地一帯に広がった。震源域の西に位置する鵡川町、厚真町に位置する地震動観測点（K-NET鵡川、厚真町鹿沼、KiK-net厚真、厚真町京町）では卓越周期1～3秒の明瞭なパルス状の速度波形が観測され、地震動強度を示す応答スペクトルはこの周期帯域で1995年兵庫県南部地震の鷹取駅記録にも匹敵するものであった。やや深いMw6.6の地震で震度７および強いパルス状地震動が発生したメカニズムを解明することが地震防災上大変重要である。

パルス状地震動が観測された地域は石狩一勇払堆積盆の東縁に位置しており、堆積層厚が急変する場所である。震源特性に加え地盤増幅特性の把握が必要であることから、余震観測と余震観測点周辺での微動アレイ探査を実施した。胆振東部地方の定常地震観測点の間を埋め堆積盆の縁を跨ぐように14箇所に地震計を設置し、2018年9月16日～21日（最大期間）に連続観測を実施した。また、微動アレイは2018年10月に半径数mから30 mを標準とし、３成分の速度型微動計で１アレイあたり30分程度の微動観測を実施した。観測期間が短かったこともあり余震観測点で観測された地震は少なく、S/Nが確保できたのは高々20地震程度であったが、観測記録を元に地震波増幅特性を検討した。さらに微動アレイ探査により、震源域周辺の地下速度構造を推定した。

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、強震動、余震観測、微動アレイ探査、地下速度構造、地震動増幅
Keywords: The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, strong ground motion, aftershock observation, microtremor array survey, subsurface velocity structure, site amplification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震ハザードマップへの非線形地盤応答の影響
Effect of non-linear site response on earthquake hazard map

*香川 敬生[1]
*Takao Kagawa[1]

1. 鳥取大学大学院工学研究科
1. Tottori University Graduate School of Engineering

国，自治体レベルで様々な地震ハザードマップが作成・公開されている．その際の地盤増幅として，表層地盤をモデル化した上でサイト固有の非線形地盤応答を考慮することが望ましいが，単純な震度増分で表現されることも多い．これら表層地盤特性のモデル化は，常時微動や地震観測記録（弱震動）で行われることが多く，強震時の剛性低下や減衰の増加による地盤卓越周期の長周期化に十分対応できていない．実際，2016年熊本地震では非線形化による地盤卓越周期と建物の塑性化による固有周期の長周期化が連動し，建物被害を拡大したとの説もある．北海道胆振東部地震の斜面崩壊や宅地の地盤災害のトリガーとしても強震下での地盤の振る舞いが影響したとも考えられており，地震時の地盤災害を考える上でも重要である．地震学において非線形地盤応答が注目されはじめたのは1990年代だが，地震工学・地盤工学の分野では1970年代にはその影響を評価する手法（プログラムSHAKE）が提案されている．一方，常時微動や地震波干渉法，拡散波動場理論など地震学的アプローチによる新たな地下構造モデルの構築法も進展している．地球惑星科学の枠組みを越えた，これら諸分野との共同研究により，強震時の地盤応答を地震ハザードマップに反映させるための取り組みが求められている．

キーワード：非線形地盤応答、地震ハザードマップ、分野横断共同研究
Keywords: Non-linear site response, Earthquake hazard map, Joint study across research fields

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中部ネパールヒマラヤにおける下刻と埋積にともなう地すべり地形発達 -カタストロフィックな斜面災害を知る-
Evolution of catastrofic landslides due to rapid valley incision and filling since Last Glacial Age in central Nepal Himalayas

*八木 浩司[1]
*Hiroshi YAGI[1]

1. 山形大学地域教育文化学部
1. Faculty of Art, Science and Education, Yamagata University

地すべりを山地内の重要な地形形成営力と捉える研究も多く進められてきた(防災科研, 1982 ほか多数，日本地すべり学会東北支部, 1992).それらは地すべり現象が河川による浸食よりもより面的であり、土砂供給の点で重要であることを明らかにした。しかし後者には編年情報が少なく、炭素年代試料から後氷期の湿潤化に対応したものとしたものも、大きな地すべり地内のどの移動体から採取されたなどの議論がなされていないなど、気候変化との関連づけには大きな議論の余地が残されていた。近年，苅谷(2014)などによる大規模地すべりの編年資料が蓄積しつつあるが，流域の地形発達という観点での議論はまだ少ない状況ではなかろうか.

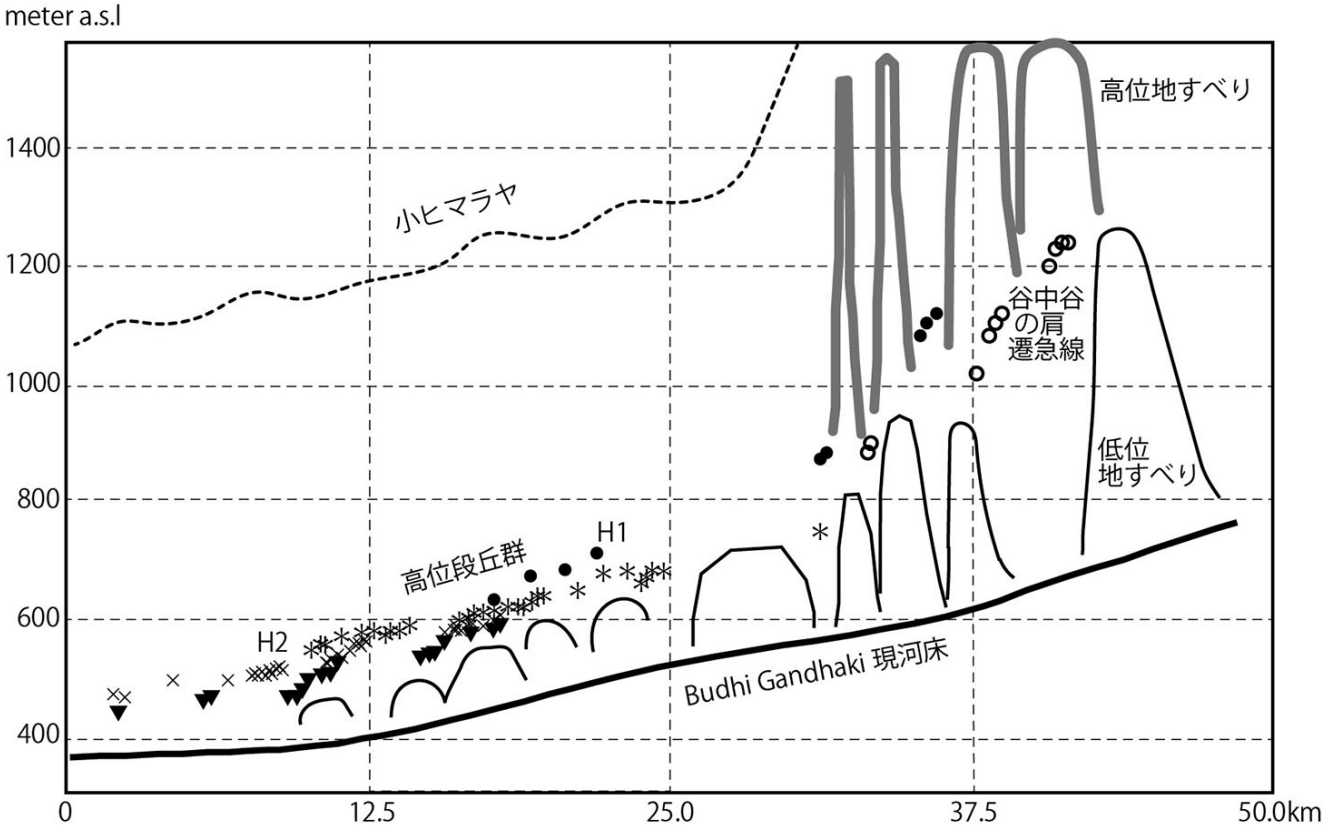
ここでは，演者が行ってきたネパール・大ヒマラヤ山麓～小ヒマラヤ帯における地すべり発達を河谷沿いに発達する河成段丘分布および編年を関連づけながら，急速な下刻･埋積そして更なる下刻の繰り返しによって発生している地変について報告する.

ネパール中部・マナスル山塊切るBudhi Gandhaki川が小ヒマラヤに流れこむ山麓Arghat付近には，現河床から比高150-170m程度の位置に赤色化した土層を載せる高位段丘群が広く発達する．高位段丘群のうちH2としたこの地域で最も広く発達するものは，OSL年代から2万年前頃の形成と考えられ，谷底から段丘頂部まで土石流性堆積物を含む礫質堆積物から構成される．Arghatから上流側には段丘面群は断片的に残存するが，さらに上流側には谷中谷が発達しその遷急線は，投影断面図上で高位段丘群にほぼ連続する(図１).

本地域にも地すべり地形は多数発達するが，変位が谷中谷の肩を挟んでその上位だけで止まっているもの(ここでは高位地すべりと称する)も見受けられる．一部では，高位段丘の背後に高位地すべりが見られるものの，段丘そのものは変位を受けていないものもある．従って，高位地すべりは高位段丘群の深い谷を掘り込んだ時期に活発に活動したが，その後の谷の埋積後（高位段丘礫層の流入後）安定化した．そしてさらなる下刻に伴い，現在河床に沿った位置で新たなすべり面を形成し活動しているものが多いと考えられる.
このように，ヒマラヤ山麓地域では最終氷期以降，数万年の時間オーダーで急激な下刻や埋積そして更なる下刻が繰り返され，それに伴う斜面の不安定化にともなう斜面変動も発生している．高位地すべりについても，現在安定率が平衡して動きが停止しているようなものもある．しかし，谷中谷の遷急線付近では重力性のクリープ変形を呈しているものも少なからず，地震や豪雨に伴っても再活動推察される．その際もっとも危惧される地変は，Budhi Gandhaki本線の河道閉塞であり，その決壊･土石流である．西側のマルシャンディ川では小ヒマラヤ内を30km以上流下した厚さ50m以上の4千年頃の土石流堆積物も認められる.
さまざまな時間スケールで発生している重力性斜面変形や近年の気候変化の複合現象として，予想を超えたカタストロフィックな斜面災害が今後も発生する可能性を，我々は記憶しておくべきであろう.

キーワード：ネパール小ヒマラヤ帯、急速な下刻と埋積、斜面不安定化、谷中谷、最終氷期
Keywords: Nepal Lessor Himalaya, rapid valley incision & valley filling, destabilization of valley slope, inner gorge, last glacial age

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

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

本セッションでは、対流圏から熱圏にいたる地球大気中における種々の物理・化学過程、および大気上端の領域である電離圏・中間圏・熱圏における中性大気と電離大気の相互作用やエネルギー収支、力学、化学過程を議論する。磁気圏あるいは各大気層との上下結合に関する話題も広く歓迎する。これらの領域において生じる各種の現象に関して、衛星・ロケット観測や地上の電波・光学観測等に基づく研究成果と、数値シミュレーションや理論研究成果、及び新しい観測装置の開発に関する研究などについて総合的な議論を深める。

9:00 ~ 9:15

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

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

9:15 ~ 9:30

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

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

9:30 ~ 9:45

[PEM16-03] 極域熱圏風の加速領域の空間分布と二次元観測の重要性

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

9:45 ~ 10:00

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

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

10:00 ~ 10:15

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

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

10:15 ~ 10:30

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

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

The model study of ionospheric variations during the solar eclipse event by assimulating the GNSS TEC observations

*陳 佳宏[1]、Lin Charles[1]、Matsuo Tomoko[2]
*Chia-Hung Chen[1], Charles Lin[1], Tomoko Matsuo[2]

1. 台湾国立成功大学地球科学学科、2. コロラド大学航空宇宙工学
1. Department of Earth Sciences, National Cheng Kung University, 2. Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado at Boulder, CO

Using the physics-based thermosphere-ionosphere model (NCAR-TIEGCM) with an ensemble Kalman filter, this study reports the first data assimilative analysis of the ionosphere responses to the solar eclipse on 21 August 2017. The system, using a 2-minute assimilation cycle of data from ground-based GNSS observations, show dynamic variations of the equatorial ionization anomaly (EIA) due to the electrodynamic effects of the solar eclipse. Two major ionospheric responses are captured: (1) an early appearance of EIA at the westward boundary of moon shadow and (2) an enhanced EIA at lower latitudes and suppressed EIA at the higher latitudes. These eclipse-induced conjugate EIA variations are produced by an eastward electric field perturbation around magnetic equator and a westward electric field perturbation at the higher latitudes.

キーワード：電離圏データ同化、日食、電場変動
Keywords: Ionospheric data assimilation, solar eclipse, electric field perturbation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーロラ領域の加熱に伴う熱圏・電離圏メソスケールダイナミクスの特性
Characteristics of mesoscale thermospheric-ionospheric dynamics associated with heating in the auroral region

*大井川 智一[1]、品川 裕之[2]、田口 聡[1]
*Tomokazu Oigawa[1], Hiroyuki Shinagawa[2], Satoshi Taguchi[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2. 国立研究開発法人情報通信研究機構
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

極域の熱圏・電離圏は長年にわたって研究がなされてきたが、近年の地上や衛星からの観測により、そのダイナミクスはきわめて複雑であることが明らかになりつつある。特にオーロラ領域においては、イオンと中性気体のドラッグ、Joule加熱、降下粒子による加熱と電離、化学反応、拡散、大気重力波等の様々な過程が相互作用していることが知られている。このオーロラ領域に特徴的なメソスケールの現象として、非常に大きな中性鉛直風や質量密度上昇が挙げられる。これらの現象には局所的な加熱が重要な役割を担っていると考えられているが、なぜこれほど大きな鉛直風・質量密度上昇が発生するのかは未だ定量的な理解がなされていない。このようなオーロラ領域における熱圏・電離圏のメソスケールのダイナミクスを調べるためには、様々な物理・化学過程を含んだ高分解能な数値モデルが必要である。本講演では、2次元数値モデルを用いて、加熱の大きさおよびその空間構造によって熱圏・電離圏ダイナミクスがどのように変化するのかを報告する。さらに、熱圏-電離圏間の相互作用についても議論を行う。

キーワード：中性鉛直風、中性質量密度、加熱、オーロラ領域、メソスケール、数値シミュレーション
Keywords: vertical neutral wind, neutral mass density, heating, auroral region, mesoscale, numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

極域熱圏風の加速領域の空間分布と二次元観測の重要性
Spatial distribution of the polar thermospheric wind acceleration and importance of the 2D measurement

*大山 伸一郎[1,2,3]、Aikio Anita[2]、Conde Mark[4]、Vanhamaki Heikki[2]、Virtanen Ilkka[2]、Ulich Thomas[5]、Brandstrom Urban[6]、Verronen Pekka[7]、Andersson Monika[7]、Kalakoski Niilo[7]、Roininen Lassi[8]、Lasanen Sari[8]、Workayehu Abiyot[2]、塩川 和夫[1]、徐 何秋岑[1]、石井 守[9]、平原 聖文[1]、坂野井 健[10]、鍵谷 将人[10]、Sorri Juha[5]、Teppo Tomi[5]、田中 良昌[3]、Fallen Christopher[4]、Watkins Brenton[4]、Orispaa Mikko[5]、小川 泰信[3]、Cai Lei[11]、Turunen Esa[5]、Kauristie Kirsti[7]、津田 卓雄[12]、栗原 純一[13]
*Shin-ichiro Oyama[1,2,3], Anita Aikio[2], Mark G Conde[4], Heikki Vanhamaki[2], Ilkka Virtanen[2], Thomas Ulich[5], Urban Brandstrom[6], Pekka Verronen[7], Monika Andersson[7], Niilo Kalakoski[7], Lassi Roininen[8], Sari Lasanen[8], Abiyot Workayehu[2], Kazuo Shiokawa[1], Heqiucen XU[1], Mamoru Ishii[9], Masafumi Hirahara[1], Takeshi Sakanoi[10], Masato Kagitani[10], Juha Sorri[5], Tomi Teppo[5], Yoshimasa Tanaka[3], Christopher Fallen[4], Brenton J Watkins[4], Mikko Orispaa[5], Yasunobu Ogawa[3], Lei Cai[11], Esa Turunen[5], Kirsti Kauristie[7], Takuo T. Tsuda[12], Junichi Kurihara[13]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. University of Oulu、3. 国立極地研究所、4. Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks、5. Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu、6. The Swedish Institute of Space Physics (IRF)、7. Finnish Meteorological Institute、8. Lappeenranta-Lahti University of Technology、9. 情報通信研究機構、10. 東北大学、11. KTH Royal Institute of Technology、12. 電気通信大学、13. 北海道大学
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, 2. University of Oulu, Finland, 3. National Institute of Polar Research, Japan, 4. Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks, US, 5. Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu, Finland, 6. The Swedish Institute of Space Physics (IRF), Sweden, 7. Finnish Meteorological Institute, Finland, 8. Lappeenranta-Lahti University of Technology, Finland, 9. National Institute of Information and Communications Technology, Japan, 10. Tohoku University, Japan, 11. KTH Royal Institute of Technology, Sweden, 12. The University of Electro-Communications, 13. Hokkaido University

Understanding the flow of energy and mass throughout the magnetosphere-ionosphere-thermosphere coupled system is a fundamental goal of solar-terrestrial physics. Since substantial energy accumulated in the substorm growth phase in the magnetospheric tail flows into the polar ionosphere immediately after the substorm onset, investigating the energy dissipation process at high latitudes around the time of substorm onset can contribute significantly to achieving that objective. The energy dissipation generates acceleration and heating of the ionosphere and thermosphere, but this might occur not only near aurora but also far from it by hundreds kilometers equatorward. We analyzed ionospheric and thermospheric measurements in the northern Scandinavian area (65-80 N) during periods of considerably low geomagnetic activity but with some aurorae above Svalbard (75-80 N). Thermospheric winds measured with a Fabry-Perot interferometer (FPI; 630.0 nm) at Tromsø, Norway (69.6 N) showed westward accelerations coinciding with auroral brightening at the Svalbard area at the dusk sector though the relative distance from Tromsø to the aurora was 200-500 km in some cases. Moving into the dawn sector with the earth’s rotation, the acceleration direction turned to southeastward through stagnation area or period seen at magnetic local midnight. The acceleration pattern well represents thermospheric responses to the ionospheric convection, but of particular interest is its location, in which the thermospheric wind have been obtained at the sub-auroral region far from the main auroral oval. In this analysis, we cannot infer to horizontal patterns of the wind acceleration because we have only a point measurement from the Tromsø FPI. While this result suggests the importance of two-dimensional

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

measurements of ionosphere and the thermosphere, we need a new configuration of the observation network to infer horizontal winds and accelerations. In this presentation, we will introduce “SDI-3D” project, which aims at developing 3 Scanning Doppler Imagers (SDIs) and deploying them at the same area as for the EISCAT_3D, which may start in operation in 2022.

キーワード：オーロラ、サブストーム、熱圏、電離圏
Keywords: aurora, substorm, Thermosphere, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Analysis of the thermospheric neutral wind vector using observed images of *Trimethylaluminium* (*C6H18Al2*) released from sounding rocket in the upper atmosphere

*大塚 祐樹[1]、山本 真行[1]、齊藤 大晶[1]
*Yuki Otsuka[1], Masa-yuki Yamamoto[1], Hiroaki Saito[1]

1. 高知工科大学
1. Kochi University of Technology

1. 研究背景・目的

熱圏・電離圏における中性大気密度や電離大気密度などの高度プロファイルは、太陽活動や季節、昼夜の変化に伴い変動する。こうした変動は地上での通信、人工衛星との通信、またはその軌道に大きな影響を与える様々な現象を引き起こすが、詳しい発生メカニズムは分かっていない。本研究室ではこのメカニズムに重要な役割を果たしていると言われている、熱圏・電離圏おける中性大気風に関してJAXAやNASAとの共同実験・研究を行ってきた。

本研究では2013年7月にJAXAが実施した、夜間中緯度域でのロケット実験時に観測されたTMAの画像から、電離圏における中性風の風速を算出することを主目的とする。

2. ロケット実験概要

2013年7月に中緯度電離圏に作用する電磁気的相互作用と電離・中性大気相互作用の全貌を明らかにすることを目的として、JAXAがロケット実験を実施した。内之浦宇宙空間観測所（USC）からS-310-42号機とS-520-27号機の計2機の観測ロケットが打ち上げられ、前者ではトリメチルアルミニウム（TMA）、後者からはリチウム（Li）が超高層大気中へと放出され、各観測地点及び航空機から、それらの発光雲の変化を光学観測し、図1に実験時の航空機の飛行経路、観測地点、TMA及びLiの放出領域等を示す[1]。

3. 風速算出方法

風速の算出には、2013年7月のロケット実験で観測されたTMAの画像を用いる。各観測地点で観測された画像から、TMAが明瞭に写り、かつ長時間光学観測が実施された組み合わせとして、航空機からの画像（図2）とUSCでの画像（図3）を解析していく。

風速の算出は、横山（2011）と木原（2015）の方法を用いる。解析の順序に関しては、木原（2015）の方法を優先的に行い、解析データが出来次第、横山（2011）の方法を実施していく。

3.1 横山（2011）による方法[1]

観測された画像からTMAガスの中央位置を輝度情報から読み取り、TMAガスの中心軸を求める。 観測された画像に写っている星の中から1つを中心星としてその周りに10個程度の星を選択する。 星の画像上のX,Y座標、赤経、赤緯を用いて、中心星と周りの星との距離からレンズの歪曲補正を行う。 得られた中心軸の座標を天球座標に変換した後、観測地点情報を用いて地球座標に変換する。 上記の手順によって得られた各観測地点のデータから三角測量の方法を用いて風速を算出する。

3.2 木原（2015）による方法[2]

観測された画像からTMAガスの中央位置を輝度情報から読み取り、TMAガスの中心軸を求める。 カメラレンズの歪曲補正を行った後、画像上の座標を仰角、方位角へと変換する。 上記の補正を施した同地点の時間が異なった画像2枚の差分情報から風速を算出する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

TMAガスの中心軸の抽出、星の抽出、仰角・方位角への変換、風速の概算を行ったがTMAガスの中心軸検出時の誤差や方位角・仰角変換に問題があり解決を急いでいる。今後はレンズの歪み、カメラの傾き、さらに航空機による撮影の場合は、航空機の揺れの補正も必要となる。本発表では、上記の誤差の修正・評価、補正を行い、改めて算出した結果を発表する予定である。

参考文献

[1]木原大城, “観測ロケットより超高層大気中に放出したリチウム共鳴散乱光の航空機観測と昼間熱圏中性風測定手法の開発”平成26年度高知工科大学大学院 特別研究報告,2015.

[2]横山雄生, “S-520-23号ロケット放出Liによる共鳴散乱光の多地点観測と熱圏中性風の高精度解析”平成20年度高知工科大学大学院 特別研究報告, 2009.

キーワード：電離圏中性風、観測ロケット、トリメチルアルミニウム
Keywords: the thermospheric neutral wind, sounding rocket, Trimethylaluminium (C6H18Al2)

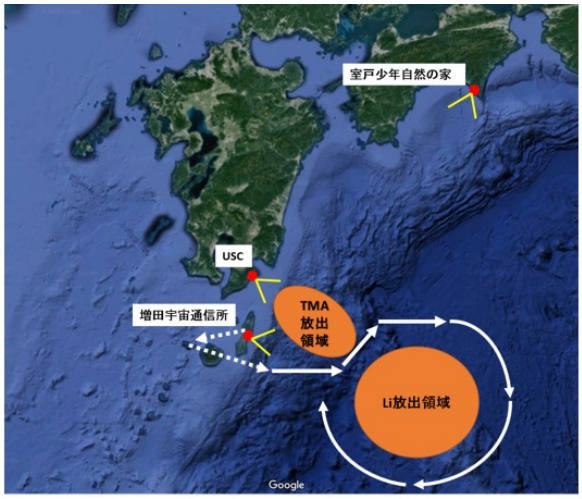


図1 Li、TMAの放出領域、航空機飛行経路、地上観測点の位置関係



図2 航空機からの観測画像



図3 USCでの観測画像

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Establishment of real-time analysis method in a new HRO interferometer system and operation test of comprehensive meteor observation

*佐藤 匠[1]、武田 誠也[2]、山本 真行[1]
*Takumi Sato[1], Seiya Takeda[2], Masa-yuki Yamamoto[1]

1. 高知県公立大学法人高知工科大学、2. 株式会社バスキュール
1. KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2. Inc.Bascule

流星(Meteor)は、宇宙空間に漂う直径約数 mm～数 cmのチリの粒が、地球の大気に飛び込んできて大気と激しく衝突し、空力加熱により断熱圧縮され高温になってチリが気化する一方で、大気や気化したチリの成分が光を放つ自然現象である。このとき、超高層大気において大気分子との衝突(空力加熱)により放出される熱エネルギーにより大気分子が電離し、大量のプラズマが一時的に発生する。このプラズマにより流星軌跡に沿った細長い円柱状の高密度な電離柱が形成される。流星電波観測はこの電離柱における自由電子による散乱電波を用いた観測方法である。本研究では、高知工科大学(以下、本学)において、福井県立大学より安定的に送信されている53.755 MHzの超短波VHF(アマチュア無線波)を利用した前方散乱方式での流星電波観測(HRO)を行った。本研究の目的は高知工科大学でこれまで開発・運用してきた5ch 流星電波干渉計に新たな観測手法や解析手法を適用し、従来の同干渉計を用いた流星研究[1]を発展させることである。また現状ではHROの国内観測点や観測者は少ないため、正確な観測手法と観測結果を共有できれば、流星観測の分野の発展に貢献できる。

本研究では、新HRO干渉計システム(以下、HRO干渉計システム)、光学観測、インフラサウンド観測の3手法(以下、流星総合観測[1])の運用を行った。HRO干渉計システムでは、アンテナで受信された信号を受信機で復調した後、ADボードを介し入力した観測用PC上で解析用ソフトウェアによるリアルタイム処理を行った。あらかじめソフトウェア上で設定した閾値を超えた場合のみトリガーをかけ流星エコーとして保存できる仕組みであり今回初めて採用した。内部位相差を考慮した流星出現方向の分析では、5ch 流星電波干渉計の5基のアンテナの干渉処理[1]により、流星出現方向の算出に必要な基線長0.5 λと2.5 λ(λは観測波長) の東西・南北の各位相差を得た。

光学観測では、既存の白黒高感度CCDカメラ(WAT-100N)に加え、新たに設置したカラー4Kカメラ(Sony α6300)に動体自動検出ソフトウェアUFOCaptureV2および同HD2をそれぞれ組み合わせて運用した。対象物の位置、速度、軌跡の直線性などの情報を得られるUFOAnalyzerV2を用いて、カメラ録画データの情報について分析した。インフラサウンド観測では、大規模な自然現象などにより生じる20 Hz以下の超低周波音を観測できるセンサ群を用いて、大火球などの特異な流星の観測を行った。音波の到達時間や振幅などから、流星の規模や運動エネルギーの推定が行える。

なお、本研究では内部位相差を既知とするべく、流星総合観測データについて同時観測可能性を優先的に探った。2018年8月~2019年1月の半年間において、2つの流星群に対して流星総合観測データを得た。また、2019年しぶんぎ座流星群にて総合流星観測データの解析により内部位相差候補数例を得たが、確定には至らなかった。

本研究の成果として、干渉計処理により流星出現方向の正確な算出に必要な内部位相差の候補値を得た。候補値を絞り切れなかった要因として、観測データ数の不足などがあげられる。今後は解析工程に不備がないか見直した上で、本システムを運用し観測データを増やして内部位相差を確定し、データの正確性と信頼性を確保しなければならない。リアルタイム解析という新たな試みを5ch 流星電波干渉計に適用し、共同開発した新受信機システムの妥当性を確認するとともに、今後の研究に必要な内部位相差の候補値を得た。正確に得られ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

たデータの一部はWeb上やメーリングリストで他の観測者と共有し、微力ながら流星観測の分野の発展に貢献した。

参考文献

[1] 水本聡, “多地点電波観測による流星飛跡情報の算出と流星総合観測システムの構築”, 平成28年度 高知工科大学 特別研究報告, 2017.

キーワード：流星、流星電波観測、干渉計
Keywords: Meteor, Ham-band radio meteor observation, Interferometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar flare effects of the D-region ionosphere using daytime tweek atmospherics

*山野辺 晃大[1]、大矢 浩代[2]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2]、塩川 和夫[3]
*Kodai Yamanobe[1], Hiroyo Ohya[2], Hiroyuki Nakata[2], Toshiaki Takano[2], Kazuo Shiokawa[3]

1. 千葉大学 大学院融合理工学府 基幹工学専攻 電気電子工学コース、2. 千葉大学大学院工学研究院、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University , 2. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

It has been known that intensity and phase of very low frequency (VLF, 3-30 kHz)/low frequency (LF, 30-300 kHz) transmitter signals significantly change due to intense ionization by solar flares [e.g., Mitra, 1974; Thomson et al., 2005]. Santolik and Kolmasova [2017] showed daytime tweek atmospherics (1.5-10.0 kHz) did not become observal for two hours just after a solar flare of M2.2 class, which suggests large absorption due to the solar flare. However, there are little studies for tweeks during solar flares. In this study, we investigate solar flare effects of the D-region ionosphere using tweek atmospherics. We analyzed the daytime tweek atmospherics observed at Kagoshima (31.48N, 130.72E) and Moshiri (44.37N, 142.27E), Japan, during January-July, 2013. The sampling frequency is 20 kHz, and the VLF data were recorded for each two minuteat 20-22 and 50-52 minutes every hour. For two M1.4-class flares, the daytime tweeks were received about 30-40 minutes after the solar flares. For a M5.6-class flare, the daytime tweeks were not observed for about 4 hours after the solar flare. The tweek reflection height had a weak negative correlation (-0.38) with X-ray flux observed by the GOES-13/15 satellites, suggesting that electron density in the D-region ionosphere increased with increasing the X-ray flux.In the presentation, we will discuss the D-region ionization and propagation mechanism of the tweeks during solar flares in more detail.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM16] 大気圏・電離圏

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

本セッションでは、対流圏から熱圏にいたる地球大気中における種々の物理・化学過程、および大気上端の領域である電離圏・中間圏・熱圏における中性大気と電離大気の相互作用やエネルギー収支、力学、化学過程を議論する。磁気圏あるいは各大気層との上下結合に関する話題も広く歓迎する。これらの領域において生じる各種の現象に関して、衛星・ロケット観測や地上の電波・光学観測等に基づく研究成果と、数値シミュレーションや理論研究成果、及び新しい観測装置の開発に関する研究などについて総合的な議論を深める。

10:45 ~ 11:00

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

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

11:00 ~ 11:15

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

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

11:15 ~ 11:30

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

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

11:30 ~ 11:45

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

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

11:45 ~ 12:00

[PEM16-11] 桜島噴火の規模とGPS-TEC変動との相関

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

12:00 ~ 12:15

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

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

ALOS2 ScanSAR InSARによるSporadic-Eイベントの検出へ向けて
Toward a detection of sporadic-E episodes by ALOS2 ScaSAR InSAR

*古屋 正人[1]、前田 隼[2]、日置 幸介[1]
*Masato Furuya[1], Jun Maeda[2], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 北海道大学附属図書館
1. Department of Earth and Planetary Sciences Hokkaido University, 2. Hokkaido University Library

Maeda et al. (2016) and Furuya et al. (2017) reported their detections of sporadic-E (Es) episodes in Japan, using L-band interferometric synthetic aperture radar (InSAR). The SAR data images are acquired by Advanced Land Observation Satellite (ALOS) 1/2 launched by JAXA in 2006 and 2014, respectively. The high spatial resolution of InSAR data allow us to examine the detailed structure of Es episode, which will complement the high temporal resolution of GNSS TEC data. The previous two studies are based on stripmap-mode SAR images, which have higher spatial resolution but are limitted in terms of the observation swath-width (Maeda et al., 2016; Furuya et al., 2017). Although the stripmap-mode is the most standard SAR imaging mode, ScanSAR mode is also nearly operational nowadays, and can image the Earth with much wider swath-width by as much as 350 km; the standard stripmap-mode of SM1 for ALOS2 covers only 50 km. Although the ScanSAR mode is a bit worse in terms of the spatial resolution along radar range direction than the stripmap mode image, ScanSAR InSAR image can dramatically improve the observation coverage, and thus help detect both small-scale and large-scale structure of Es. We first check the data availability of ScanSAR images in Japan at any specific areas, and then check if any significant anomalies in either TEC or ROTI are observed via the database provided by NICT. We will report our preliminary results of ScanSAR InSAR imaging of Es in Japan.

キーワード：電離層、スポラディックE、干渉合成開口レーダー、だいち2号
Keywords: ionosphere, Sporadic-E, InSAR, ALOS2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高分解能Ca^+ライダーによって観測されたスポラディックE層の微細構造
Vertical fine structure and time evolution of plasma irregularities in the E_s layer, observed by a high resolution Ca^+ lidar

*江尻 省[1,2]、中村 卓司[1,2]、津田 卓雄[3]、西山 尚典[1,2]、阿保 真[4]、高橋 透[1]、津野 克彦[5]、川原 琢也[6]、小川 貴代[5]、和田 智之[5]
*Mitsumu K. Ejiri[1,2], Takuji Nakamura[1,2], Takuo T. Tsuda[3], Takanori Nishiyama[1,2], Makoto Abo[4], Toru Takahashi[1], Katsuhiko Tsuno[5], Takuya Kawahara[6], Takayo Ogawa[5], Satoshi Wada[5]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 電気通信大学、4. 首都大学東京、5. 理化学研究所光量子工学研究センター、6. 信州大学工学部
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI (Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced Studies), 3. The University of Electro-Communications, 4. Tokyo Metropolitan University, 5. RIKEN, RAP, 6. Shinshu University Faculty of Engineering

The vertical fine structures and the time evolution of plasma irregularities in the sporadic E (E_s) layer were observed via calcium ion (Ca^+) density measurements using a resonance scattering lidar with a high time-height resolution (5 s and 15 m) at Tachikawa (35.7˚N, 139.4˚E) on December 24, 2014. The observation successfully provided clearer fine structures of plasma irregularities, such as quasi-sinusoidal variation, localized clumps, “cats-eye” structures, and twist structures, in the sporadic Ca^+ (Ca^+_s) layers at around 100 km altitude. These fine structures suggested that the Kelvin-Helmholtz (K-H) instabilities occurred in the neutral atmosphere whose density changed temporarily or spatially. The maximum Ca^+ density in the Ca^+_s layer was two orders of magnitude smaller than the maximum electron density estimated from the critical frequency (f_oE_s) observed by the ionosonde at Kokubunji (35.7˚N, 139.5˚E) simultaneously. The correlation showed a strong positive correlation with a coefficient of 0.91. These results suggest that Ca^+ contributes forming the E_s layer as well as major metallic ions Fe^+ and Mg^+ in the lower thermosphere. Moreover, the formation of a new Ca^+_s layer at 110 km and the upward motions of the Ca^+_s layers at 100 km and 110 km were observed just after the sunrise time at the conjugation point and before the local sunrise. Although the presence or absence of a causal relationship with the sunrise time was not clear, a possible explanation for the formation and the upward motions of the Ca^+_s layers was the occurrence of strong eastward winds at around 100 km, rather than the enhancement of the eastward electric field.

キーワード：共鳴散乱ライダー、カルシウムイオン密度、スポラディックE層、微細構造、中間圏・下部熱圏領域
Keywords: resonance scattering lidar, calcium ion density, sporadic E layer, fine structure, The mesosphere and lower thermosphere region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Study of Effects of Stratospheric Sudden Warming on Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances Using Total Electron Content Data Obtained from World-Wide GPS Receiver Networks

*大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、Abadi Prayitno[2]、津川 卓也[3]、西岡 未知[3]
*Yuichi Otsuka[1], Atsuki Shinbori[1], Prayitno Abadi[2], Takuya Tsugawa[3], Michi Nishioka[3]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. インドネシア航空宇宙庁、3. 情報通信研究機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. LAPAN, 3. National Institute of Information and Communications Technology

Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTIDs) are wavy structures of the ionospheric plasma density with horizontal scale-size of hundreds of kilometers. In order to investigate effects of Stratosphere sudden warming (SSW) on MSTIDs, we have analyzed total electron content (TEC) data obtained from GPS receivers at different four longitudinal sectors (east Asia, Europe, and western and eastern America) before and after SSW that occurred on January 2009 and 2013. To obtain perturbation component of TEC, which could be caused by MSTID, we have subtracted 1-hour running average from the original TEC time series for each pair of satellites and receivers, and converted the slant to vertical TEC. We have defined MSTID activity as dI/I, where dI is the standard deviation of the perturbation component within 1 hour, and I is 1-hour average absolute vertical TEC. In this study, we applied the same method to the GPS-TEC data at mid-latitudes before and after major Stratospheric Sudden Warming (SSW) events that occurred on January 2009 and 2013. We have found that MSTID activity during daytime is high before SSW events and low after SSW events. On the other hand, the nighttime MSTID activity does not show such a difference between before and after SSW events. These results suggest difference of mechanisms generating MSTIDs between daytime and nighttime. The daytime MSTIDs could be caused by gravity waves propagating upward from below into the thermosphere. Recent simulations suggest that these gravity waves are secondary waves generated from dissipation of the primary waves in the MLT region. Miyoshi et al. (JGR, 2015) have reported that the generation of secondary gravity waves is more active when the strato-mesospheric jet is strong, and that the generation of secondary waves is inactive when the strato-mesospheric jet is attenuated or becomes westward. Consequently, low MSTID activity after January 24 could be caused by weaker generation of secondary gravity wave during weaker or westward strato-mesospheric jet. On the other hand, gravity waves propagating from below does not contribute to generation of MSTIDs during nighttime.

キーワード：GPS、伝搬性電離圏擾乱、成層圏突然昇温
Keywords: GPS, TID, Stratospheric Sudden Warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Tsunami-generated ionospheric currents inferred from geomagnetic observations at ground level: Case for the 2011 Tohoku Earthquake

*南 拓人[1]、鴨川 仁[2]、小河 勉[1]、上嶋 誠[1]、茂木 透[3]、市原 寛[4]
*Takuto Minami[1], Masashi Kamogawa[2], Tsutomu Ogawa[1], Makoto Uyeshima[1], Toru Mogi[3], Hiroshi Ichihara[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 東京学芸大学教育学部物理学科、3. 北海道大学大学院工学研究科、4. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 3. Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

It is known that large earthquakes cause atmospheric gravity/acoustic waves reaching the ionosphere and drive ionospheric dynamo currents at the altitude (e.g. Iyemori et al. 2005). Related phenomena were detected by observations of total electron content (TEC) (e.g. Tsugawa et al. 2011) and reported by numerical simulations (e.g. Kherani et al. 2013). However, the form of electric currents due to the coseismic ionospheric dynamo has never been revealed from the perspective of geomagnetic observations at ground level.

We investigated 1-min sampling magnetic data at nineteen on-land stations on the Japan Arc and at one ocean-bottom magnetometer ~200 km off the Tohoku, to reveal the form of coseismic electric currents in the ionosphere during the 2011 Tohoku earthquake (Mw 9.0). First, we subtracted the effects of non-seismic components of ionospheric and magnetospheric origins from the geomagnetic data, using magnetic transfer functions between the stations of interest along the Japan Arc and a reference site in China, Changchun. Second, we subtracted the oceanic dynamo effects due to the tsunami by a time-domain finite element simulation in the same manner as Minami et al. (2017). By rotating the coordinate system at each station to that consisting of radial and transverse axes in terms of the tsunami centre, we recognized a clear concentric propagation of a trough in the radial magnetic component with a phase velocity of ~ 1 km/sec and a trough amplitude of ~ 7 nT. This propagation happens in all the directions and the propagation velocity is almost the same as that of the slow coseismic ionospheric disturbances (CID) observed by TEC observations (e.g. Kakinami et al., 2013). The radial propagation of a trough in the radial component indicates presence of anti-clockwise electric currents in the ionosphere.

In the presentation, we report our analysis of the geomagnetic data at ground level and the inferred characteristics of the coseismic electric currents in the ionosphere. We also plan to show some results of spectral analyses of the propagation features involved in the geomagnetic data.

キーワード：津波、ダイナモ、磁場観測、2011年東北地震
Keywords: tsunami, dynamo, magnetic observations, The 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

桜島噴火の規模とGPS-TEC変動との相関
Relationship between the magnitude of Sakurajima eruptions and the disturbance of GPS-TEC

*庄子 聖人[1]、中田 裕之[1]、鷹野 敏明[1]、大矢 浩代[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2]
*Kiyoto Shoji[1], Hiroyuki Nakata[1], Toshiaki Takano[1], Hiroyo Ohya[1], Takuya Tsugawa[2], Michi Nishioka[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 情報通信研究機構
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

地震や台風、火山噴火などの下層の現象に伴い、大気波動が生じ、これによって電離圏擾乱が引き起こされることが知られている。火山噴火に伴い、大気波動が生じることは知られているが，火山噴火に伴う電離圏擾乱の観測事例はそれほど多くない。そこで本研究では、火山噴火に伴う電離圏の変動について、全電子数(Total Electron Content(以下TEC))を用いて解析を行った。

本研究では、国土地理院のGNSS連続観測システム(GNSS Earth Observation Network : GEONET)より導出されたTECデータを使用した。また、電離圏貫通点は300kmと仮定した。解析に用いたデータは、GEONETの受信点1200点、衛星仰角30度以上の30秒値である。解析対象は桜島で発生した火山噴火4事例(2009年10月3日7時45分(UT)、2012年9月19日1時7分(UT)、2012年12月9日20時25分(UT)、2014年2月12日20時21分(UT))である。噴火の規模は東郡元における空振計データにより評価した。

それぞれの事例においてTEC変動を抽出したところ、空振計の圧力変動が大きいほど、TEC変動が大きい事例が多かった。エネルギーが火口からの距離応じて減衰していくため電離圏の変動が火口からの距離と逆相関関係を取ると考えられる。そのため、TEC変動と火口から貫通点までの距離との相関を求めた。その結果、4事例中1事例で距離との逆相関関係はみられたが、3事例は相関関係がはっきりしなかった。これは磁場の影響と、変動の波面と衛星ー受信機の視線方向が直角でない2つの影響によるものであると考えられる。これらの影響を取り除くために音波レイトレーシングのデータを算出し補正行った。

補正したデータに対し、補正前のデータと同様にTEC変動と火口から貫通点までの距離との相関を求めたところ、4事例中3事例で補正前と比べTEC変動と火口からの距離との間に強い逆相関関係が確認された。

しかし、補正したデータにおいて全体の傾向と比べ高い値を示したデータがいくつかみられた。これらのデータはTEC変動に対する磁場の影響を取り除くための補正が他のデータと比べ大きくかかっている傾向がみられたため、補正が効きすぎているのではないかと考えられる。

以上の結果より、火山噴火の規模とTEC変動の間には定量的な関係があると考えられるが、多くの場合は磁場と視線方向の影響を補正する必要があることが明らかとなった。

キーワード：電離圏、火山噴火、全電子数
Keywords: ionosphere, volcanic eruptions, Total Electron Content

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Water vapor estimation using digital terrestriall broadcasting waves - Simultaneous observation with microwave radiometer -

*花土 弘[1]、川村 誠治[1]、岩井 宏徳[1]、佐藤 晋介[1]、中川 勝広[1]、田尻 拓也[2]、折笠 成宏[2]、小司 禎教[2]、荒木 健太郎[2]、瀬古 弘[2]
*Hiroshi HANADO[1], Seiji Kawamura[1], Hironori Iwai[1], Shinsuke Satoh[1], Katsuhiro Nakagawa[1], Takuya Tajiri[2], Narihiro Orikasa[2], Yoshinori Shoji[2], Kentaro Araki[2], Hiromu Seko[2]

1. 国立研究開発法人　情報通信研究機構、2. 気象庁気象研究所
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Meteorological Research Institute

はじめに NICTでは、水蒸気を広範囲で効率的に観測できる手法の開発を行っている。水蒸気は、気象現象の予測において、風速・温度と並んで重要な量であるが、気体状態の水でレーダでは観測できず、広範囲で観測可能となる方法が限られている。現在、気象数値モデルで水蒸気データとして利用されているGPS/GNSS可降水量観測は、衛星からのLバンドの電波の遅延量を利用しているが、地デジ放送波(UHF帯)で同様の測定が可能であることを実証した[1]。その手法は地デジ放送波に含まれている基準信号から遅延プロファイルを復号し、送信局から直接伝わる波（直達波）と周囲の反射体から反射され伝わる波（反射波）を時間的に分離、それらの位相差を使うことで、放送局・受信点での基準信号の位相雑音の影響をキャンセルし、UHF帯の電波の伝搬遅延をピコ秒レベルの精度で測定する。 マイクロ放射計との同時観測について 2017年2月に気象研究所屋上にマイクロ波放射計と地デジ放送波受信装置を設置し、長期観測を継続中である。マイクロ波放射計は測定点の上空の鉛直方向に積算された水蒸気量の観測が可能な測器である。それに対し、地デジ放送波による水蒸気量推定では、地表付近の高度の水蒸気量を水平方向に積算された形での水蒸気量の観測であり、観測体積が異なるため、両者を組み合わせることで相補的な水蒸気量推定の可能性が期待される。時間分解能の点では、マイクロ波放射計ではアンテナビームを複数方向に向けて、それらの熱雑音の受信電力データから推定することから、それほど高くないが、地デジ受信での推定では、1秒間に約50程度のサンプルが測定されており、かなり高い時間分解能を有している点が異なる。本発表では約１年半に渡るマイクロ波放射計と地デジ放送波により観測された水蒸気量の変動を比較し、両者の測定装置としての特性の違いに着目して解析結果を紹介する。

キーワード：水蒸気、地デジ、伝搬遅延
Keywords: water vapor, digital terrestrial broadcasting wave, propagation delay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[P-EM18] 太陽圏・惑星間空間

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

太陽活動に起因して、太陽圏で生起する様々なプラズマおよび高エネルギー粒子現象や、地球環境への影響についての理解を深めるため、太陽面現象、太陽風、惑星間空間プラズマ・磁場構造、宇宙線、太陽活動と地球環境の関連等についての研究発表を行う。

13:45 ~ 14:00

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

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

14:00 ~ 14:15

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

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

14:15 ~ 14:30

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

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

14:30 ~ 14:45

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

*梅垣 千賀[1]、天野 孝伸[1]、北村 成寿[1] (1.東京大学)

14:45 ~ 15:00

[PEM18-05] 統計的衝撃波ドリフト加速理論の観測的検証

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

15:00 ~ 15:15

[PEM18-06] 太陽圏境界領域の動径方向構造

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

太陽風磁気ロープ構造解析の問題点：フォースフリーモデル対GS法
Problems in determining structures of interplanetary magnetic flux ropes

*丸橋 克英[1]、久保 勇樹[1]、西村 信彦[2]、徳丸 宗利[2]、Nada Al-Haddad[3]
*Katsuhide Marubashi[1], Yuki Kubo[1], Nobuhiko Nishimura[2], Munetoshi Tokumaru[2], Nada Al-Haddad[3]

1. 情報通信研究機構、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. アメリカカソリック大学
1. National Institute of Information and Communications Technology , 2. ISEE, Nagoya University, 3. IACS, Catholic University of America

太陽風磁気ロープ（IFR）はコロナガス噴出（CME）にともなって太陽コロナから惑星間空間に放出され、特徴的な構造をもっている。その磁場構造はCME発生機構を考えるうえで重要な手がかりを与える研究課題である。また、IFRは強い南向き磁場をもち、Dstが-100 nTを超えるような磁気嵐の駆動源としても広く関心がもたれている。いずれの面からもIFRの3次元形状と内部磁場構造を決めることが研究の第一歩である。太陽風磁場の観測からこの問題にとりくむには、IFRのモデルを仮定して観測と比較する手法が必要になる。これまでの研究で広く使われている代表的な方法として次の２つがあげられる。（１）IFRにforce-freeの磁場構造をあてはめる解析と（２）Grad-Shafranov（GS）方程式から磁場構造を構築する解析である。Al-Haddad et al. (Solar Phys. 2018) は13例のIFRについて検討し、２つの方法から得られるIFRの形状・内部構造には完全な一致が見られないことを示した。そこでは、「イベント毎に各モデルの適合性が異なるのであろう。」という不確かな結論が述べられている。

本研究はAl-Haddad et al.の研究を一歩進めようとする試みである。まず、２つの方法について制限条件を考えると、現在のGS法では磁場構造の２次元性とこの完全な対称性を仮定する。この条件から２次元構造（基本的には円筒型）の軸を決定し、GS方程式を数値的に解くことによりIFRの内部磁場構造を求めることができる。これに対してforce-freeモデルでは、内部構造を仮定し、これを横切ることにより観測されるはずの磁場変化がIFR磁場の観測を再現するように軸を決定する。もしIFRの磁場構造がforce-free型であるならば、２つの方法で得られた磁場構造は一致するはずである。実際はGS法ではプラズマ圧を考慮に入れているので、磁場構造は厳密にはforce-freeからずれる。このずれの程度をイベント毎に算定すれば、モデルの適合性検討の材料になるはずである。このような考えに基づいて、２つの方法によるIFRの軸がどれだけ異なるかを調べ始めたが、実状はそんなに簡単ではない。今のところ、太陽風磁場変化からIFRとして選ぶ時間間隔の不確かさが一番の問題である。発表では、いろいろな時間間隔について解析結果を比較する。特にGS法では対称性の条件から、IFRの時間間隔を不自然に選ばなければならない場合があることを指摘したい。

キーワード：太陽風磁気ロープ、フォースフリーモデル、グラッド・シャフラノフ方程式
Keywords: interplanetary flux rope, force-free model, Grad-Shafranov equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Validation of estimated interplanetary flux rope axial direction using internal plasma motions: benchmark test

*西村 信彦[1]、徳丸 宗利[1]、丸橋 克英[2]
*Nobuhiko Nishimura[1], Munetoshi Tokumaru[1], Katsuhide Marubashi[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 情報通信研究機構
1. Institute for Space Earth Environmental Research, 2. National Institute of Information and Communications Technology

Interplanetary flux rope (IFR) is a structure with helical magnetic field lines wrapping around a central axis to form a flux rope structure. Accurate estimation of this structure is important for improving the space weather forecasting and understanding the evolution of IFR. Local structures of IFRs have been investigated by many model fittings and reconstruction method. However, the outputs of these model fittings and reconstruction method are often different. The chirality and magnetic flux of corresponding flux rope at the Sun are often compared with those of IFR to check the validity of estimation of IFR properties, but it is questionable whether this consistency check guarantees the validity of IFR axis direction which is one of the important properties of IFR. In this study, we propose a method that validates IFR axial direction based on plasma motion. It is known that the radius of IFRs often expand or sometimes contract during the passage of IFR through a spacecraft and if the expansion or contraction exist, the direction of plasma motion in IFR may be perpendicular to IFR axis in the frame comoving with the IFR. This suggests that plasma velocity in IFR reflects the axial direction of IFR. We test the method for a well-investigated IFR event on May 21-22, 2007. The magnetic field structure of this event has already been investigated by Liu et al. (2008) using multi-spacecraft measurements at STEREO-B, ACE, Wind, and STEREO-A and other researches (e.g. Kilpua et al. 2009) which report similar axial directions to that of Liu et al. (2008). Herein, We consider that the axial direction determined by them is correct since Liu et al. (2008) found that output from reconstruction at STEREO-B agrees fairly well with the observations at ACE and Wind. We fit the cylindrical and toroidal IFR models (Marubashi et al. 2007) to this event and then apply our validation method proposed in this study to the outputs from the fittings. We checked whether the outputs with the correct axial direction are judged to be valid and vice versa. We find that the fitting result with correct axial direction is judged valid. However, our validation method also judged some fitting results with wrong axial direction to be valid. We need to improve our validation method to make it work well.

キーワード：惑星間空間フラックスロープ、惑星間空間、宇宙天気
Keywords: interplanetary flux rope, interplanetary space, space weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Effect of line-of-sight integration on locations of coronal mass ejection in the sky projection map of interplanetary scintillation observations

*徳丸 宗利[1]、藤木 謙一[1]、岩井 一正[1]
*Munetoshi Tokumaru[1], Ken'ichi Fujiki[1], Kazumasa Iwai[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

The g-value derived from interplanetary scintillation (IPS) observations abruptly enhances when a high density (i.e. shocked) plasma associated with a coronal mass ejection (CME) intersects the line-of-sight (LOS). The plane-of-sky location of the line-of-sight, which shows the g-value enhancement, provide information of the radial distance of the CME-driven shock, and enables determination of the shock transit speed in the solar wind between the Sun and the Earth. It should be noted here that IPS measurements include an effect of the LOS integration, and the plane-of-sky location of g-value enhancements is affected significantly by this effect for some cases. The most significant bias is expected for an Earth-directed event. In this study, we investigated the dependence of the LOS integration effect on the radial distance, the angular width, and the non-uniform expansion for an Earth-directed CME. We made calculations of the sky projection map of g-value using the CME model (Tokumaru et al., 2003). As the result, we found that the plane-of-sky location of g-value enhancements tends to underestimate the actual distance of CME, and that this tendency is distinct in the region near the Sun, being less as the CME moves further from the Sun. This means that apparent acceleration is observed for an Earth directed CME propagating with a constant speed. The degree of this tendency is significant for a case with a small angular extent of CME and also for a case with the non-uniform expansion. Such apparent acceleration of CME near the Sun has seldom reported from IPS measurements for Earth-directed CMEs. This fact may suggest that the CME detected by IPS has a sufficiently large angular width, and hence that the acceleration effect is counterbalanced or overwhelmed by intrinsic deceleration of CME during propagation.

キーワード：惑星間空間シンチレーション、太陽風、コロナ質量噴出、宇宙天気
Keywords: interplanetary scintillation, solar wind, coronal mass ejection, space weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Estimation of spatial structure of whistler mode wave packets in Earth’s bow shock by multiple spacecraft analysis

*梅垣 千賀[1]、天野 孝伸[1]、北村 成寿[1]
*Chika Umegaki[1], Takanobu Amano[1], Naritoshi Kitamura[1]

1. 東京大学
1. The university of tokyo

宇宙空間に普遍的に存在する非熱的な荷電粒子の生成メカニズムについては、未だ明らかになっていない部分が多い．そのメカニズムの有力な候補の1つとして衝撃波近傍で発生するフェルミ加速が挙げられる．フェルミ加速では非熱的粒子を衝撃波近傍に閉じ込める必要があり、そのためには波動粒子相互作用によるピッチ角散乱が重要となる．電子の場合、ピッチ角散乱に大きな役割を果たすと考えられている波動にホイッスラーモード波動がある．ホイッスラーモード波動は背景磁場に対し右円偏波する電磁波動であり、電子と向かい合って相互作用し、サイクロトロン共鳴を起こすことで電子の散乱に寄与していると考えられている．実際に、衝撃波の近傍で磁場に対し平行伝播するコヒーレントなホイッスラーモード波動は多く見つかっており(Hull et al., 2012)、ホイッスラーモード波動と電子が相互作用する様子も観測されている(Oka et al., 2017)．しかし、衝撃波における電子加速の観測例は少なく、実際の衝撃波近傍における電子の散乱効率とホイッスラーモード波動の関係性は明らかではない．特に衝撃波遷移層で観測されるコヒーレントなホイッスラーモード波動については標準的な準線形理論の適用可能性は議論されていない．ホイッスラーモード波動はコヒーレントな波束を伴って観測されることが分かっており、その波束の時空間スケールの同定が散乱効率の決定のためには不可欠である．

本研究では衝撃波遷移層で観測されるホイッスラーモード波動の波束の空間スケールを推定することを目的とする．例えば波束の磁場に対し垂直な方向の空間スケールを見積もることができれば、共鳴散乱される電子のジャイロ半径はそれより十分小さくなければならないため、散乱される電子のエネルギーに制限をつけることが可能となる．このためには複数衛星による同時観測が必要である．本研究では高周波(~ 100 Hz)の電磁的波動についてNASAのMMS(Magnetospheric MultiScale)衛星を用いた複数衛星観測による解析を行った．

本研究では特に2015年10月7日11時44分 (イベント1)、および2016年12月6日10時29分 (イベント2)のバウショック観測データを解析した結果を報告する．衛星間距離はイベント1の期間で20 km、イベント2の期間で7 kmであり、両者の比較によって波束の時空間スケールの推定が可能である．最初にホイッスラーモード波動の存在を確認するために、磁場のパワースペクトルが増大する周波数帯として、イベント1では100-250 Hz(fce>1 kHz)、イベント2では50-150 Hz(fce=300 Hz)の波動にバンドパスフィルタをかけた．ここで短い時間スケール(50-100 ms)で散発的に現れるホイッスラーモード波動の波束が確認された．これらの波束についてMVA(Minimum Variance Analysis)を用いて波の伝播方向を定めた．ただしポインティングベクトルを考慮することにより伝播方向を一意に決定した．また、電場と磁場の大きさの比からファラデーの法則を用いて波長を計算した．これより、各期間で観測されたホイッスラーモード波動の波長は10 km程度であり、イベント1の期間は衛星間距離が波の波長より大きく、イベント2の期間は衛星間距離が波長よりも小さいことが分かった．同様の解析を各衛星で行った結果、イベント1では衛星間で波束の対応がほぼとれなかった．一方でイベント2では波束の対応がとれる場合ととれない場合があることが確認できた．このことから、ホイッスラーモード波動の波束の空間スケールは数km程度であると推察できる．本発表では、各衛星で観測された波束の比較から、波束の磁場に対し垂直および平行な方向の空間スケールを見積もった結果を報告する．

キーワード：ホイッスラー波、MMS衛星

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: whistler wave, MMS spacecraft

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

統計的衝撃波ドリフト加速理論の観測的検証
Experimental Test for Stochastic Shock Drift Acceleration Theory

*天野 孝伸[1]、加藤 拓馬[1]、北村 成寿[1]、岡 光夫[2]、松本 洋介[3]、星野 真弘[1]
*Takanobu Amano[1], Takuma Katou[1], Naritoshi Kitamura[1], Mitsuo Oka[2], Yosuke Matsumoto[3], Masahiro Hoshino[1]

1. 東京大学 理学系研究科、2. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley、3. 千葉大学 理学研究科
1. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, 2. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, 3. Department of Physics, Chiba University

High-energy charged particles are ubiquitous in space. They have energies orders of magnitude higher than the thermal energy and often exhibit a power-law distribution in a wide energy range. The collisionless shock is one of the leading mechanisms that may produce such high-energy non-thermal particles. Indeed, radio, X-ray, and gamma-ray observations strongly suggest that shock waves associated with supernova remnants, pulsar winds, relativistic jets in active galactic nuclei and gamma-ray burst are accelerating relativistic electrons. On the other hand, in-situ observations in the heliosphere (at planetary bow shocks, or interplanetary shocks driven by coronal mass ejections) have shown that the acceleration of electrons is, in general, weak or even absent in many of the shock crossings.

We have recently proposed a theory for electron acceleration at shocks that may resolve the observational controversy. The theory referred to as stochastic shock drift acceleration (SSDA) assumes stochastic pitch-angle scattering during electrons are interacting with a collisionless shock. The energy gain comes from the gradient-B drift (due to the magnetic field compression in the shock transition layer) in the direction anti-parallel to the convection electric field and is not associated with the assumed scattering. The scattering is, however, essential to confine the accelerated electrons in the shock transition layer for a long time, because, otherwise they would quickly escape from the system. In other words, the theory assumes that the electron transport obeys the diffusion-convection equation with an energy gain term determined only by the magnetic field gradient. It successfully explains the formation of a power-law energy spectrum, with a maximum energy cut-off determined by the rate of pitch-angle scattering. We here present the result of an experimental test using NASA's MMS (Magnetospheric MultiScale) spacecraft observation of an Earth's bow shock crossing event on December 9, 2016.

In particular, we have checked the following points that are predicted by the theory: (1) exponential increase in energetic particle intensity toward downstream within the shock transition layer, (2) nearly isotropic pitch-angle distribution. We find that both are reasonably satisfied in a thin layer (~7 sec. or ~350 km assuming a shock propagation speed of ~50 km/s) within the shock transition region. The result is then used to estimate the rate of pitch-angle scattering as a function of energy. We find that the pitch-angle scattering rate increases as increasing the particle energy from just above the thermal energy up to a few keV, beyond which it saturates to a nearly constant value. We find that the observed maximum energy cut-off (~30 keV) in the electron energy spectrum is consistent with that predicted by the theory based on the observed pitch-angle scattering rate. All of these results strongly indicate that the observed non-thermal electrons are accelerated by the SSDA.

キーワード：衝撃波、粒子加速、非熱的粒子
Keywords: shock, particle acceleration, non-thermal particle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽圏境界領域の動径方向構造
Radial structure of heliospheric boundary region

*松清 修一[1]、Gary Zank[2]、鷲見 治一[3]、羽田 亨[1]
*Shuichi Matsukiyo[1], Gary P. Zank[2], Haruichi Washimi[3], Tohru Hada[1]

1. 九州大学大学院総合理工学研究院、2. The Center for Space Plasma and Aeronomic Research, University of Alabama in Huntsville、3. 九州大学宇宙天気科学・教育センター
1. Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University, 2. The Center for Space Plasma and Aeronomic Research, University of Alabama in Huntsville, 3. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University

The kinetic structure of the heliospheric boundaries is investigated using one-dimensional full PIC (Particle-In-Cell) simulations. Both the termination shock and the heliopause are simultaneously reproduced in the simulation. The spatial scale of the heliopause increases as the angle between the heliopause normal and local magnetic field (referred to as the normal angle, hereafter) becomes increasingly oblique. The VLISM region, out side the heliopause, contains compressible flucturations in both magnetic field and plasma density. The fluctuations are originated from the inner heliosheath, the region between the termination shock and the heliopause, pass the heliopause, and propagate away from it. The total pressure, including the plasma pressure and magnetic pressure, at the heliopause is not constant when the normal angle is oblique in contrast to predictions based on MHD theory. In the oblique case, the solar wind plasma and interstellar plasma are able to inter-penetrate by moving along the local magnetic field. Since their bulk velocities along the magnetic field differ from each other, the distributions overlap in phase space so that the effective local plasma pressure parallel to the magnetic field is enhanced. This results in an increase that resembles a hump in the density and parallel pressure of the local plasma, which is not seen in magnetic field.

キーワード：太陽圏境界、フル粒子シミュレーション
Keywords: heliospheric boundaries, full particle-in-cell simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

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

アタカマミリ波サブミリ波干渉計（アルマ）は2011年に科学観測を始め、2014年からは長基線観測も開始された。アルマは、その高い感度と撮像能力によって、星・惑星形成の現場や太陽系小天体の観測において、本質的に新しい情報を我々にもたらしている。例えば、惑星の形成現場である原始惑星系円盤の観測では、リング状構造が多くの天体に存在していることや、太陽系の惑星の存在位置に対応する、数天文単位スケールでの構造が見つかってきている。また、太陽系天体の観測においては、小惑星ジュノーの表面輝度の非一様が60kmイメージピクセルサイズでマッピングされて回転する様子が捉えられたり、エウロパのプリュームに伴う衛星表面の加熱の有無の調査などがされている。サイクル4からは、太陽観測機能もコミュニティに公開され、例えば、プラズモイドの物理状態を定量的に調べられるようになるなど、太陽研究においても新しい展開を迎えている。本セッションでは、昨年度に引き続き、アルマがもたらした惑星科学の様々な分野の研究成果を概観し、観測と密接に関係する理論的・実験的研究の成果も含め、これからの展開を包括的に議論する。

9:00 ~ 9:15

[PCG24-01] ALMA観測による太陽大気構造の理解

★招待講演

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

9:15 ~ 9:30

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

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

9:30 ~ 9:45

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

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

9:45 ~ 10:00

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

★招待講演

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

10:00 ~ 10:30

[PCG24-05] アルマによる惑星系形成研究

★招待講演

*深川 美里[1] (1.国立天文台)

ALMA観測による太陽大気構造の理解
Understanding solar atmosphere by ALMA observations

*川手 朋子[1]、岡本 丈典[2]、岩井 一正[3]、増田 智[3]、下条 圭美[2]
*Tomoko Kawate[1], Takenori J Okamoto[2], Kazumasa Iwai[3], Satoshi Masuda[3], Masumi Shimojo[2]

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 国立天文台、3. 名古屋大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Nagoya University

ALMA はサイクル4からband3およびband6による太陽観測を開始した。band3,6で観測する100GHzや240GHzの電磁波は、太陽表面では主に彩層におけるfree-free放射であり、輝度と電子温度がプランク関数で直接関連付けられると考えられる。これまでの彩層観測では紫外線から近赤外線の吸収線を用いることが一般的であり、これらの吸収線は非局所熱力学平衡下にあるため温度放射領域の温度の診断が困難であった。したがって、ALMAで太陽大気構造の新たな物理診断が可能となった。

一方、ミリ波の輝度と電子温度を直接比較できるものの、太陽大気中のどの領域の放射であるかは理解されてはいない。モデル大気や観測データを用いた彩層輝線とミリ波放射の比較は、ALMAの太陽観測開始前後から行われてきた。しかし太陽大気の温度構造は多様であり、単純比較によるミリ波放射形成高度の推定は難しい。したがって、ALMAを用いて太陽大気温度構造を理解するためには、多波長観測による構造比較と同時に、大気構造ごとにALMA・彩層輝線双方の放射過程の理解が必要となる。

われわれは、ALMAサイクル4で観測されたプラージュ領域を詳細解析した。他の観測との比較としてHinode/SPを用いた光球磁場、IRISによる彩層・遷移層撮像分光、SDO/AIAによる彩層およびコロナ撮像を用いた。その結果、ALMAデータ中で時間変動している構造は彩層の音速に対応する速度を持っており、彩層における現象として理解できるものの、ミリ波と彩層輝線の間で観測される構造は必ずしも対応していなかった。本講演ではこれまで議論されてきたミリ波の形成高度を参照しながら、本研究における観測結果および太陽大気モデルにおける連続光放射領域の計算結果を踏まえて、ALMAで観測する太陽が何を表しているかを議論する。

キーワード：太陽、放射過程、彩層
Keywords: Sun, radiative processes, chromosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi-thermal structures in a spicule observed with ALMA, IRIS, and AIA/SDO

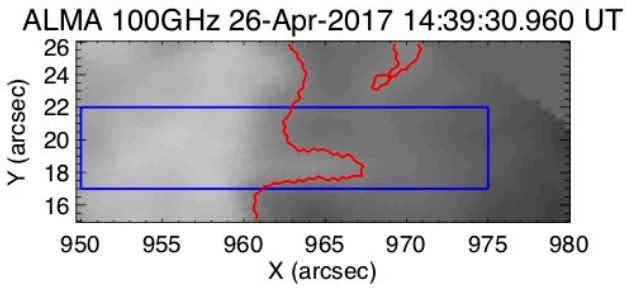
*下条 圭美[1]、川手 朋子[2]、岡本 丈典[1]、横山 央明[3]
*Masumi Shimojo[1], Tomoko Kawate[2], Takenori Okamoto[1], Takaaki Yokoyama[3]

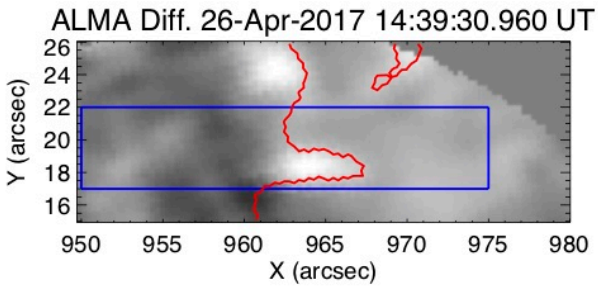
1. 国立天文台、2. 宇宙科学研究所、3. 東京大学
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. Institute of Space and Astronautical Science , 3. University of Tokyo

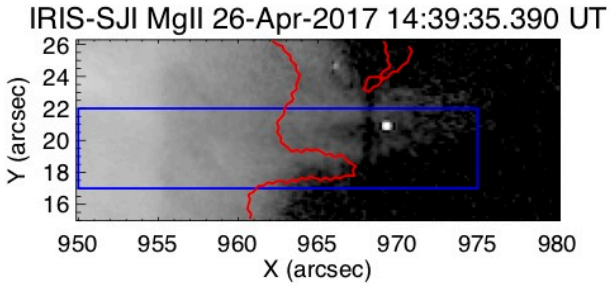
A spicule is a key phenomenon for understanding the solar atmosphere. We succeeded in observing a large spicule with ALMA, IRIS, and AIA/SDO simultaneously, and report the details of the spicule in the paper. While an eruption of a blob-like structure shown in the 100 GHz images started just before appearing a spicule in the He II and Mg II images, a spicule seen in 100 GHz image itself began about one minute after beginning the spicule in the He II and Mg II images. The spicule in the 100 GHz images can be seen as an absorbing structure in the Fe XII images. The maximum height and width of the Mg II/He II spicule are larger than those of the 100 GHz/Fe XII spicule. The 100 GHz/Fe XII spicule is included in the Mg II/He II spicule and is located at the southern edge of the Mg II/He II spicule. The rising velocities of the spicule in the Mg II and He II image, and the erupted blob in the 100 GHz images are ~70 km/s. On the other hand, the rising velocity of the spicule in the 100 GHz and Fe XII images is ~40 km/s. Considering of the differences of the structures shown in the Mg II/He II and 100 GHz/Fe XII images, and the typical formation temperature of each band, the 100 GHz and Fe XII images show a cold and dense component of the spicule. The conclusion is consistent with the recently radiative MHD simulations, and we can explain why the 100 GHz spicule is delayed, shorter, and slower than the Mg II/He II spicule. The solar limb observations with ALMA are very few. Hence, it would be not accidentally that the blob-like eruptions are associated with both two large spicules observed with ALMA. The fact might suggest that large spicules included a cold and dense component is produced by magnetic reconnection that is induced by a plasmoid eruption, like a corona jet.

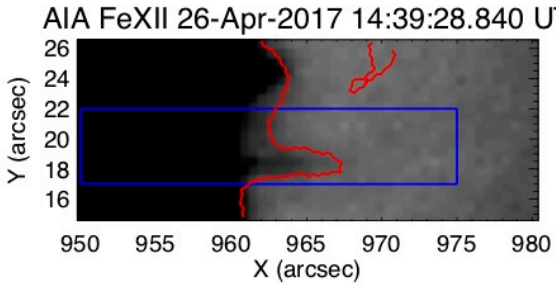
キーワード：太陽、彩層、ミリ波、ジェット、アルマ
Keywords: Sun, Chromosphere, Millimeter wave, Jet, ALMA

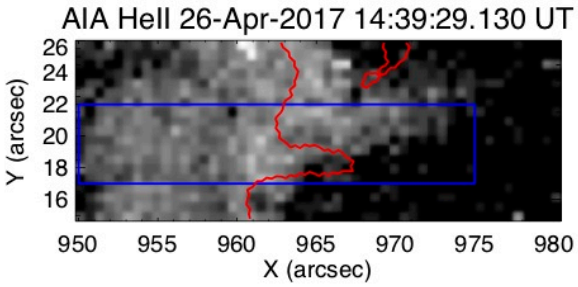
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

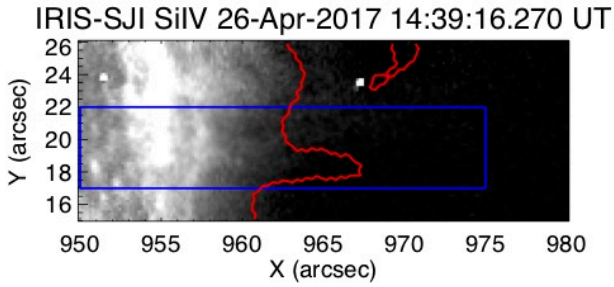












©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALMA望遠鏡を利用した2018年火星全球ダストストームの観測
Observing the 2018 global dust storm on Mars with ALMA

青木 翔平[2]、*佐川 英夫[1]、Kazi Rigl[3]、Geronimo L. Villanueva[4]、Bill Dent[5]、前澤 裕之[6]、Severine Robert[2]、中川 広務[7]、Frank Daerden[2]、黒田 剛史[8]、Marco Giuranna[10]、西合 一矢[9]、Michael J. Mumma[4]、笠羽 康正[7]、Ann Carine Vandaele[2]
Shohei Aoki[2], *Hideo Sagawa[1], Kazi Rigl[3], Geronimo L. Villanueva[4], Bill Dent[5], Hiroyuki Maezawa[6], Severine Robert[2], Hiromu Nakagawa[7], Frank Daerden[2], Takeshi Kuroda[8], Marco Giuranna[10], Kazuya Saigo[9], Michael J. Mumma[4], Yasumasa Kasaba[7], Ann Carine Vandaele[2]

1. 京都産業大学、2. ベルギー宇宙航空研究所、3. イタリア国立電波天文学研究所、4. ゴダード宇宙飛行センター、5. 欧州南天天文台アルマ チリ、6. 大阪府立大学、7. 東北大学、8. 情報通信研究機構 統合ビッグデータ研究センター、9. 国立天文台チリ観測所、10. イタリア国立宇宙物理学惑星学研究所
1. Kyoto Sangyo University, 2. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy, 3. Italian ALMA Regional Centre, INAF-Istituto di Radioastronomia, 4. NASA Goddard Space Flight Center, USA, 5. ESO ALMA, Chile, 6. Osaka Prefecture University, 7. Tohoku University, 8. NICT Big Data Integration Research Center, 9. NAOJ Chile Observatory, 10. Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Italy

One of the most striking features in Martian atmosphere is a very large (planet-encircling) storm, "global dust storm". The storm lifts the dust particles from the surface into the air, where the dust particles block sunlight from reaching the surface. This brings a decrease of the surface temperature. In contrast, the thickened dust layer absorbs the radiation, and directly leads to heating the atmosphere. Such a drastic change in the thermal structure in the atmosphere induces significant modulation in the dynamics as well as in the composition.

Starting from the middle of June 2018, a global dust storm has occurred on Mars for the first time in the past 11 years. Taking this unique opportunity, we observed Mars with ALMA on 30 June 2018 and 16 July 2018 that correspond to active periods of the global dust storm.

Observing with submillimeter wavelength has a good advantage compared to other optical and infrared wavelengths, since the dust opacity becomes transparent at the submillimeter wave and the emission from deep inside the global dust storm can be detected. We used Band 5 (183 GHz) and 6 (220 and 230 GHz) on 30 June, and only Band 6 on 16 July. Band 6 measurements allow us to investigate maps of temperature vertical profiles and wind fields from the CO lines. Band 5 measurements enable us to investigate maps of water vapor vertical profiles. The preliminary results from these ALMA observations will be discussed in the presentation.

キーワード：火星ダストストーム、ALMA、地上観測
Keywords: Global dust storm, ALMA, Ground-based observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

巨大氷惑星のサブミリ波による大気組成制約と熱進化への影響
Atmospheric observation of submillimeter wave and the thermal evolution of ice giants

*黒崎 健二[1]、生駒 大洋[2]
*Kenji Kurosaki[1], Masahiro Ikoma[2]

1. 名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻、2. 東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻
1. Department of Physics, Nagoya University , 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

太陽系内には天王星と海王星の二つの巨大氷惑星が存在する．ボイジャー2号によって天王星は1986年に，海王星は1989年に探査が行われ，大気の放射強度や重力モーメントなど内部構造や大気構造を推定する上で重要なデータを獲得した．現在では地上望遠鏡を用いて大気の観測が行われ，サブミリ波領域での大気吸収特性も調べられている．サブミリ波による大気吸収スペクトルの観測によると，天王星では目立った吸収線が見られない一方で，海王星にはHCNやCOの吸収線が存在し，天王星と海王星の大気組成が互いに異なっていることがわかっている．大気上端におけるCO量が観測により示されれば，惑星の持つO/Hの制約が可能になり，これは天王星や海王星の重元素量を大気観測を通して制約することにつながる．また，このような大気構造の違いによって惑星の熱進化に対しても影響を及ぼし，二つの惑星の内部構造や熱進化・起源の違いを理解する上で重要になると考考えられる．

本講演では，太陽系巨大氷惑星に対象を絞り，これら二つの天体に対して行われたサブミリ波領域で過去にどのような観測と大気モデルが提唱されていたかを議論する．また，大気組成の違いが与える熱進化への影響や天王星と海王星の違いの原因についても議論する．

キーワード：巨大氷惑星、大気
Keywords: Ice giant, Atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルマによる惑星系形成研究
Planetary-system formation revealed with ALMA

*深川 美里[1]
*Misato Fukagawa[1]

1. 国立天文台
1. National Astronomical Observatory of Japan

I review the current understanding of planetary-system formation that has primarily been obtained from observations of protoplanetary disks, the birthplaces of planets, with the radio astronomical telescope, Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). High angular resolution is one of the most important observing capabilities to address planetary-system formation, given the spatial scale of the planetary systems including the Solar system (30 au to Neptune), and considering the distance to the nearest star forming regions (>100 pc) where we can observe young planet-forming disks. The resolution of ~5 au at least would be necessary to obtain the spatial distribution of disk material (various gas species, dust grains) which are ingredients of planets. ALMA is the interferometer consisting of multiple antennas, providing us the resolution of about 5 au recently. ALMA has provided at least 43 12-m antennas for recent observations, providing also high sensitivity and good image quality.

The ALMA observations have so far shown that (1) rings are common for protoplanetary disk and (2) the diversity in disk structure is still seen including spiral arms and strong non-axisymmetry. Rings and other disk structures often interpreted as the sign of planet-forming activity and these observations have stimulated theoretical study on how planetesimals (km-sized bodies) form and how planet formation proceeds in an entire region of the disk. The detection of various rare molecules including organic ones is another highlight. The emission from such molecules is quite faint and the detections were owing to the ALMA's high sensitivity. Other ALMA results include finding the possible new tool to probe grain growth using polarization, and detections of tenuous gas that may be produced by collisions of cometary or planetary bodies in more evolved debris disks. Those results also give us an insight on the fruitful future in comparative study with the distribution of various material in the Solar system.

キーワード：系外惑星、惑星形成、アルマ、天文学
Keywords: Exoplanets, Planet formation, ALMA, Astronomy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[P-CG24] アルマによる惑星科学の新展開

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

アタカマミリ波サブミリ波干渉計（アルマ）は2011年に科学観測を始め、2014年からは長基線観測も開始された。アルマは、その高い感度と撮像能力によって、星・惑星形成の現場や太陽系小天体の観測において、本質的に新しい情報を我々にもたらしている。例えば、惑星の形成現場である原始惑星系円盤の観測では、リング状構造が多くの天体に存在していることや、太陽系の惑星の存在位置に対応する、数天文単位スケールでの構造が見つかってきている。また、太陽系天体の観測においては、小惑星ジュノーの表面輝度の非一様が60kmイメージピクセルサイズでマッピングされて回転する様子が捉えられたり、エウロパのプリュームに伴う衛星表面の加熱の有無の調査などがされている。サイクル4からは、太陽観測機能もコミュニティに公開され、例えば、プラズモイドの物理状態を定量的に調べられるようになるなど、太陽研究においても新しい展開を迎えている。本セッションでは、昨年度に引き続き、アルマがもたらした惑星科学の様々な分野の研究成果を概観し、観測と密接に関係する理論的・実験的研究の成果も含め、これからの展開を包括的に議論する。

10:45 ~ 11:00

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

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

11:00 ~ 11:15

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

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

11:15 ~ 11:30

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

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

11:30 ~ 11:45

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

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

11:45 ~ 12:00

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

*松浦 孝之[1]、奥住 聡[1] (1.東京工業大学)

12:00 ~ 12:15

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

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

Probing dust aggregate structure in protoplanetary disks by millimeter-wave polarization

*田崎 亮[1]、田中 秀和[1]、武藤 恭之[2]、片岡 章雅[3]、奥住 聡[4]
*Ryo Tazaki[1], Hidekazu Tanaka[1], Takayuki Muto[2], Akimasa Kataoka[3], Satoshi Okuzumi[4]

1. 東北大学、2. 工学院大学、3. 国立天文台、4. 東京工業大学
1. Tohoku University, 2. Kogakuin University, 3. NAOJ, 4. Tokyo Institute of Technology

Dust coagulation in protoplanetary disks is the first step of planetesimal formation and a pathway from dust aggregates to planetesimals remains unclear. Both laboratory and numerical studies have so far shown that the structure of a dust aggregate plays important roles in planetesimal formation. However, the aggregate structure has been poorly constrained by disk observations. Recently, ALMA opens a new window to observe (sub-)millimeter-wave polarization of disks, which is expected to provide additional constraints on dust aggregate properties. In this study, we perform 3D radiative transfer simulations in order to study how the structure of dust aggregates affects millimeter-wave polarization from disks. As a result, it is found that relatively compact particles are favorable to explain observed millimeter-wave scattering polarization of disks, whereas highly porous and fractal particles fail to explain the observations.

キーワード：原始惑星系円盤、ミリ波偏波、ダスト
Keywords: Protoplanetary disks, Millimeter-wave polarization, Dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

デブリ円盤のガス観測から、円盤散逸へ制約を与える理論的研究
A CONSTRAINT ON THE AMOUNT OF HYDROGEN FROM THE CO CHEMISTRY IN DEBRIS DISKS

*小林 浩[1]、岩崎 一成[2,4]、樋口 あや[3]
*Hiroshi Kobayashi[1], Kazunari Iwasaki[2,4], Aya Higuchi[3]

1. 名古屋大学理学研究科、2. 国立天文台、3. 理研、4. 大阪大学
1. Department of Physics, Nagoya University, 2. NAOJ, 3. RIKEN, 4. Osaka University

原始惑星整形円盤の大部分の質量を担う水素分子ガスは惑星形成に多大な影響を及ぼすが、その散逸過程を直接天文観測によって明らかにすることは非常に難しい。近年、原始惑星系円盤が進化して形成されると考えられているデブリ円盤でもCOガスが観測されてきている。光学的に薄くなっているデブリ円盤ではCOはUV照射により、非常に短時間でで解離してしまう。そのため、観測されるようなCOが存在するには、COが大量に生成している必要がある。デブリ円盤の固体から、このように固体総量よりも大量なガスを取り出すことは困難である。そのため、我々は化学反応を考慮した1次元輻射輸送計算を行い、解離したCからのCOの再生成を調べた。その結果、CとCOのそれぞれのガスの柱密度比は、COの再生成反応を律速する水素分子数密度に比例することを発見した。近年の観測で年齢が4千万年程度のA型星49 Cetiの周りのデブリ円盤でCガスの柱密度がASTE望遠鏡で計測されている。この観測と我々の理論に基づくと、このデブリ円盤では2 x 10{-8} cm^{-3}の水素ガスの存在が示唆される。これは原始惑星系円盤からデブリ円盤の散逸過程を示している可能性がある。さらに、最近のHiguchi et al.によるALMAでのこのデブリ円盤の観測でさらにC/CO比の空間分布が得られてきている。我々の理論に基づき、この空間分布を解釈するとガス円盤が中心星から離れた遠方から晴れてきていることを示唆している。

キーワード：原始惑星系円盤ガス散逸、デブリ円盤のガス、惑星形成
Keywords: Gas depletion in protoplanetar disks, Gaseous debris disks, planet formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Structure of the protoplanetary disk around V1094 Sco obtained from dust continuum emission and SED

*高橋 実道[1,2]、武藤 恭之[1]、塚越 崇[2]、橋本 淳[2]
*Sanemichi Takahashi[1,2], Takayuki Muto[1], Takashi Tsukagoshi[2], Jun Hashimoto[2]

1. 工学院大学、2. 国立天文台
1. Kogakuin University, 2. NAOJ

原始惑星系円盤の面密度分布や温度分布は、惑星形成環境を理解する上で重要となる。近年、ALMA望遠鏡などで円盤の高分解能観測が行われ、リング構造などの詳細構造が多数発見されている。そのため、円盤の面密度分布や温度分布などの物理状態の理解がますます重要になっている。ここでは、Tタウリ型星V1094Scoの周囲の原始惑星系円盤の注目する。これは、近年リング構造が観測され、注目されている円盤である。本研究では、V1094Scoの周囲の原始惑星系円盤について、輻射輸送計算とALMA Band 8 のダスト連続波の観測およびSEDの比較から、円盤の構造を調べた。その結果、ダスト連続波分布を再現するためには、円盤は半径 ～100 au 以内で光学的に厚く、半径 ～100 au 以上では光学的に薄くなるような２領域からなることがわかった。また、（１）円盤内縁付近（～0.1 au）で円盤が厚くなり、その後ろに中心星からの輻射に対する影を作り、（２）ダスト連続波で明るい領域（<100 au）で小さなダスト(<1um)の量が減少している、という２点が満たされている場合に観測と輻射輸送計算のSEDがよく一致することが分かった。

キーワード：原始惑星系円盤
Keywords: protoplanetary disks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Synthetic ALMA Multiband Analysis of the Dust Properties of the TW Hya Protoplanetary Disk

*Seongjoong Kim[1], Hideko Nomura[1], Takashi Tsukagoshi[2], Ryohei Kawabe[2,3,4], Takayuki Muto[5]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 4. Department of Astronomy, School of Science, University of Tokyo, 5. Division of Liberal Arts, Kogakuin University

Analyzing multiband observations of dust continuum emission is one of the useful tools to constrain dust properties which help us to understand the physical properties of the disks. We perform the synthetic ALMA multiband analysis to find the best ALMA band set for constraining the dust properties of the TW Hya protoplanetary disk. We find that the Band [10,6,3] set is the best set among the possible combinations of ALMA Band [3,4,5,6,7,8,9,10]. We also find two conditions for the good ALMA band sets providing narrow constraint ranges on dust properties; (1) Band 9 or 10 is included in the band set and (2) Enough frequency intervals between the bands. These are related with the conditions which give good constraints on dust properties: the combination of optically thick and thin bands are required, and large β (β is the power-law index of dust opacity, $\kappa_\nu \propto \nu^\beta$) and low dust temperature are preferable. To examine our synthetic analysis results, we apply the multiband analysis to ALMA archival data of the TW Hya disk at Band 4, 6, 7, and 9. Band [9,6,4] set provides the dust properties close to the model profile, while Band [7,6,4] set gives the dust properties deviating from the model at all radii with too broad constraint range to specify the accurate values of dust temperature, optical depth, and β. Since these features are expected by the synthetic multiband analysis, we confirm that the synthetic multiband analysis is well consistent with the results derived from real data.

Keywords: methods: observational, protoplanetary disks, stars: individual (TW Hydrae)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

うみへび座TW星周囲のギャップを持つ原始惑星系円盤でのダスト進化
Dust evolution in the protoplanetary disk around TW Hya

*松浦 孝之[1]、奥住 聡[1]
*Takayuki Matsuura[1], Satoshi Okuzumi[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

原始惑星系円盤は惑星形成の場である．惑星形成を議論する際に，原始惑星系円盤の構造や進化を理解することは重要である．特に円盤におけるダストの進化を理解するうえで理想的な天体の1つが，うみへび座TW星(TW Hya)である．TW Hyaは原始惑星系円盤を持つ若い星であり，この円盤は様々な波長で観測が行われてきた．特に，電波望遠鏡ALMAによる最新の高分解能観測によって，TW Hya周囲の円盤は22 au，37 auにダストのギャップを持つことなどが明らかになった．

ギャップ形成のメカニズムは様々なものが提唱されているが，その中の１つに惑星と円盤の重力相互作用によるものがある．近年，惑星の存在する円盤におけるガスおよびダストの進化シミュレーションが盛んに行われている．その結果，そのような円盤でのダストの分布は，円盤ガスの物理的性質や惑星の質量だけでなく，ダストの合体成長物(アグリゲイト)のサイズにも大きく依存することが明らかになっている．そして，アグリゲイトのサイズは，円盤のガスの乱流強度やアグリゲイトの強度に依存する．

そこで本研究では，ダスト成長理論とTW Hya円盤のALMA観測との比較を通じて，この円盤に存在する惑星やダストの物理的性質を探ることを目的とする．具体的には，22 au, 37 auに惑星をもつガス円盤を仮定し，そこでのダストの面密度および代表サイズの動径分布の進化をダストの成長・破壊・落下・拡散を考慮して計算した．惑星質量とダストの衝突破壊速度(大規模な破壊が起こり始める衝突速度)をパラメータとし，ALMAによって得られているTW Hyaのミリ波輝度温度およびスペクトル指数の動径分布が再現されるようなパラメータ範囲を模索した．

その結果，惑星質量を4ー10地球質量，ダスト衝突破壊速度を0.5 m s^{-1}と仮定した場合に観測の結果がある程度再現された．ダスト衝突破壊速度をベストフィット値からより大きく仮定すると，ギャップより内側のダストが枯渇し，ギャップ外縁にダストが過剰に多く集積する．惑星質量をより大きく仮定すると，ギャップ外縁にダストがより多く集積し，ギャップのコントラストが過剰に大きくなる．

本研究で得られたダスト衝突破壊速度は，従来の円盤ダストの成長理論から期待されていた値よりも小さく，アグリゲイトを構成している氷微粒子の粒径が10 μm以上の大きなサイズである可能性(Wada et al., 2013)や，構成微粒子の表面がCO_2氷で覆われている可能性(Musiolik et al., 2016)を示唆している．また，惑星のもととなる微惑星は，少なくともTW Hyaのギャップが見られる領域においては，ダストの直接合体成長とは異なる過程で形成された可能性を示唆している．

キーワード：原始惑星系円盤、うみへび座TW星
Keywords: protoplanetary disk, TW Hya

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

TW Hyaの原始惑星系円盤に付随する局所的なサブミリ波超過の検出
Discovery of a localized excess in the millimeter emission of the protoplanetary disk around TW Hya

*塚越 崇[1]、武藤 恭之[2]、野村 英子[3]、川邊 良平[1,4,5]、金川 和弘[9]、奥住 聡[3]、井田 茂[10]、Walsh Catherine[6]、Millar Tom[7]、高橋 実道[2,1]、橋本 淳[8]、鵜山 大智[5]、田村 元秀[5,8]
*Takashi Tsukagoshi[1], Takayuki Muto[2], Hideko Nomura[3], Ryohei Kawabe[1,4,5], Kazuhiro Kanagawa[9], Satoshi Okuzumi[3], Shigeru Ida[10], Catherine Walsh[6], Tom J Millar[7], Sanemichi Takahashi[2,1], Jun Hashimoto[8], Taichi Uyama[5], Motohide Tamura[5,8]

1. 国立天文台電波研究部、2. 工学院大学教育推進機構、3. 東京工業大学地球惑星科学系、4. 総合研究大学院大学、5. 東京大学理学系研究科、6. School of Physics and Astronomy, University of Leeds、7. Astrophysics Research Centre, Queen's University Belfast、8. 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター、9. 東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター、10. 東京工業大学地球生命研究所
1. Division of Radio Astronomy, National Astronomical Observatory of Japan, 2. Division of Liberal Arts, Kogakuin University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 4. The Graduate University for Adnvanced Studies, 5. School of Science, University of Tokyo, 6. School of Physics and Astronomy, University of Leeds, 7. Astrophysics Research Centre, Queen's University Belfast, 8. Astrobiology Center, National Institutes of Natural Sciences, 9. Research Center for the Early Universe, University of Tokyo, 10. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Planets are formed from dust and gas in circumstellar disks around young stars.
Observations of dust and gas in circumstellar disks can provide fundamental information on planet formation processes, and high-resolution (sub-)millimeter imaging is now revealing the dust substructure likely generated by forming planets in disks.
Here we report the detection of an excess in dust continuum emission at 233 GHz (1.3 mm in wavelength) in the circumstellar disk around TW Hya, the closest such system to Earth, revealed through high-sensitivity observations with the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA).

We have carried out 3 au resolution continuum observations at 233 GHz (Band6) toward the protoplanetary disk (PPD) around TW Hya using ALMA in 2016 and 2017.
The sensitivity has been improved by a factor of 3 than that of our previous cycle 3 observations.
The overall structure is axisymmetric, and there are apparent gaps at 25 and 41 au as previously reported.
The most remarkable new finding is a few au scale excess emission at the south-west part of the PPD.
The excess emission is located at 52 au from the disk center and is 1.5 times brighter than the surrounding PPD.
The extracted emission after subtracting the axisymmetric PPD emission has a size of 4.4x1.0 au and a total flux density of 250 micro-Jy, corresponding to a dust mass of 0.03 earth masses.
Since the excess emission can also be marginally identified in the Band 7 image at almost the same position, the blob is unlikely a background source.
The excess emission can be explained by a massive CPD around a Neptune mass forming-planet or a dust clump accumulated in a small elongated vortex.

キーワード：惑星系形成、原始惑星系円盤、アルマ
Keywords: Planet formation, Protoplanetary disk, ALMA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

9:00 ~ 9:30

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

★招待講演

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

9:30 ~ 9:45

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

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

9:45 ~ 10:00

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

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

10:00 ~ 10:15

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

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

10:15 ~ 10:30

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

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

アイスコアによる過去の大気エアロゾルの復元とその変動要因
Reconstruction and fluctuation mechanism of past aerosols preserved in ice cores

*飯塚 芳徳[1]、植村 立[2]、藤田 耕史[3]、服部 祥平[4]、関 宰[1]、大島 長[5]、大野 浩[6]、的場 澄人[1]
*Iizuka Yoshinori[1], Ryu Uemura[2], Koji Fujita[3], Shohei Hattori[4], Osamu Seki[1], Naga Oshima[5], Hiroshi Ohno[6], Sumito Matoba[1]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 琉球大学理学部、3. 名古屋大学環境学研究科、4. 東京工業大学、5. 気象研究所、6. 北見工業大学
1. Institite of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Department of Chemistry, Biology, and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 4. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology,, 5. Meteorological Research Institute, 6. Kitami Institute of Technology

アイスコアは古環境を復元できるアーカイブ(記録媒体)である. 海底堆積物などの他のアーカイブと比較して, アイスコアは降水(雪)が媒体であるため大気環境の復元, 特に大気成分(ｶﾞｽ)や沈着したエアロゾルを復元できる長所がある. 南極やグリーンランドにはドームと呼ばれる氷床頂上がいくつかあり, 氷床ドームでは1) 標高が高いことから比較的広範囲から排出した大気エアロゾルが沈着していること, 2) 氷床流動による氷体移流が無視でき, 過去まで同じ地点での降雪の情報を保持していることなどの利点がある. そのため, 近年の氷床掘削はドームで行われることが多い.

本発表ではまず, アイスコアで最も古い過去まで復元できる南極氷床ドームからの過去のエアロゾルに関するいくつかの研究成果を紹介し, 約10万年間の氷期間氷期変動などに代表される気候変動に応じた過去80万年間の各種エアロゾル(海塩･ダスト･硫酸塩など)の濃度(もしくはフラックス)変動とその変動要因を述べる. アイスコア分野では地球上で最も古い連続なアイスコアアーカイブを取得すること(oldest ice project)が国際的なトレンドであり, 南極氷床ドームは本分野のトピックの一つである.

その後, 発表者らが現在行っているグリーンランド南東ドームアイスコアのプロジェクトの成果と展望を紹介する. 南極と比較して, グリーンランドのドームは涵養量(ほぼ降水量と同義)が多い. 南東ドームはグリーンランドでもとりわけ涵養量が多い地域(水等量で年間約1.0 m)で, 他のグリーンランドドームの約4倍, 南極ドームの約30倍もの雪が堆積する. 高涵養量であることは, より古い時代の環境復元には適さないため, 南東ドームでのアイスコア掘削は敬遠されてきた. しかしながら, 涵養量が多いことはより時間分解能の高い環境復元を可能にし, 沈着したエアロゾルの変態や損失が起きにくいという長所がある. そのため, 人新世(1750-現在)など近過去を精密に復元するには適したｱｲｽｺｱであるといえる. 発表者らは2015年に90mのアイスコアを掘削し, 1960年から2014年までの北極大気の沈着エアロゾルを復元し, その変動要因を考察した. その結果, アイスコア中の硫酸エアロゾルフラックスは周辺国のSOx排出量の変動とよく似た傾向を示したが, 硝酸フラックスはNOx排出量とは異なり, 現在でも増加し続けていることが分かった. 発表者らは2020年に2本目となるグリーンランド南東ドームでより深いアイスコアを取得し, 人新世(1750-2020)のエアロゾルの変遷要因を氷床ドームアイスコア研究史上最も高い時間分解能で解読するプロジェクトを進行している. プロジェクトの詳細を紹介しつつ, 大気化学分野の皆様方との新しい連携研究の橋頭保としたい.

キーワード：アイスコア、古環境復元、エアロゾル
Keywords: ice core, paleoenvironmental reconstruction, aerosol

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

The 60 years history of atmospheric formation pathways responsible for sulfate based on triple oxygen isotopic composition of sulfate preserved in SE-Dome ice core

*服部 祥平[1]、飯塚 芳徳[2]、藤田 耕史[3]、植村 立[4]、石野 咲子[1]、大島 長[5]、鈴木 希実[1]、的場 澄人[2]、鶴田 明日香[1]、Savarino Joel[6]、吉田 尚弘[1]
*Shohei Hattori[1], Iizuka Yoshinori[2], Koji Fujita[3], Ryu Uemura[4], Sakiko Ishino[1], Naga Oshima[5], Nozomi Suzuki[1], Sumito Matoba[2], Asuka Tsuruta[1], Joel Savarino[6], Naohiro Yoshida[1]

1. 東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2. 北海道大学 低温科学研究所、3. 名古屋大学、4. 琉球大学、5. 気象研究所、6. Institut des Geoscience de l’Environnement, Universite Grenoble Alpes/CNRS
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya, Japan., 4. Department of Chemistry, Biology, and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus, 5. Meteorological Research Institute, 6. Institut des Geoscience de l’Environnement, Universite Grenoble Alpes/CNRS

The atmospheric sulfate is important for both climate change and air quality; it influences radiation forcing and cloud’s lifetime, and accounts for major components in fine particulate matter mass in urban regions with affecting visibility and public health. The emitted SO_2 is oxidized by OH radicals in the gas-phase, but modeling studies suggest that the large proportions (~80%) of global sulfate production were occurred in the aqueous-phase. However, the treatment of aqueous-phase in cloud pH set in atmospheric chemistry-transport models had the largest impact for atmospheric sulfate concentrations. Due to the lack of critical understanding for the chemical processes responsible for sulfate production, it is difficult to predict future changes in [SO_4^{2-}] and its effects on climate and air quality.

To help address this, here we use mass-independent oxygen isotopic composition ($\Delta^{17}O$) of sulfate providing insight into past oxidation pathways responsible for sulfate formation. We present $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-} obtained from a 90.45 m depth ice core drilled at a high-elevation dome site in southeast Greenland called SE-Dome, covering the last 60 years. We found that $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-} with low during the 1960s-1970s and high in after the 2000s. This increase in $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-} indicates that sulfate formation pathways responsible for sulfate changed after 1960 to the present along with declining SO_2 emission. In the presentation, we will discuss the enhanced role of a oxidation processes contributing to increase $\Delta^{17}O$ of SO_4^{2-}, and its implication to the changes in atmospheric chemistry though the changes in anthropogenic activities. This provides insight into direct and indirect effects of anthropogenic activities to the air quality by changing sulfate formation pathways. These functions, so called “chemical feedback", should be considered for making efficient mitigation policy for climate change and air quality by controlling emission of anthropogenic pollutants.

キーワード：安定同位体、硫酸エアロゾル、三酸素同位体、ケミカルフィードバック
Keywords: stable isotope, Sulfate, Triple oxygen isotopes, Chemical feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄県辺戸岬において2012年春季に見られた高濃度硫酸塩の発生源寄与評価

Estimation of high sulfate aerosol sources in 2012 spring at Cape Hedo, Okinawa

*板橋 秀一[1]、畠山 史郎[2]、島田 幸治郎[3]、高見 昭憲[4]
*Syuichi Itahashi[1], Shiro Hatakeyama[2], Kojiro Shimada[3], Akinori Takami[4]

1. 電力中央研究所、2. 埼玉県環境科学国際センター、3. 早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科、4. 国立環境研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Center for Environmental Science in SaitamaCenter for Environmental Science in Saitama, 3. School of Creative Science and Engineering, Waseda University, 4. National Institute for Environmental Studies

Air quality in Asia can cause regional-to-global environmental issues. Intensive observation campaigns approximately 1 week long have been conducted periodically from March 2010 to November 2015 at Cape Hedo, Okinawa, Japan. The period-averaged sulfate aerosol (SO_4^{2-}) concentrations for each campaign ranged from 0.34 to 6.97 $\mu g\ m^{-3}$, and the average concentration of all observations was 3.13 $\mu g\ m^{-3}$. The maximum daily mean concentrations surpassed 15 $\mu g\ m^{-3}$ in springtime 2012. The sources of this high SO_4^{2-} concentrations were estimated by using the air quality model with the tagged tracer method in this study. The main source of the high SO_4^{2-} concentrations in March was volcanoes and that in April was anthropogenic emissions from China. In March, the prevailing northerly wind transported a volcanic SO_2 plume with a low conversion ratio to Cape Hedo. The impacts of 15 volcanoes in Japan were estimated in this study, and a substantial impact of Sakurajima, which accounted for more SO_2 than anthropogenic emissions from Japan, was found. Throughout April, source apportionments from anthropogenic emissions from China were found; hence, the source was further divided into 31 provincial scales. Shandong and Jiangsu provinces, which are the first and seventh largest emission sources in China, were identified as important sources at Cape Hedo. These sources showed day-to-day variation, and the highest contribution from Shandong province was on April 23, whereas that from Jiangsu province was on April 22.

キーワード：硫酸塩、発生源寄与、大気質モデル
Keywords: Sulfate aerosol, Source contribution, Air quality model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Isotopic constrains on sources and formation pathways of atmospheric nitrate in Mt. Everest

*Kun Wang[1,2,4], Shohei Hattori[2], Shichang Kang[1,3,4], Mang Lin[2], Naohiro Yoshida[2,5]

1. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences , 2. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 3. CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, 4. University of Chinese Academy of Sciences, 5. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Studies on the sources and formation pathways of nitrate is crucial to better understand nitrogen cycle and atmospheric oxidation capacity. Tibetan Plateau (TP) and surroundings, referred to as the Third Pole and “Asia water tower”, contain the largest number of glaciers outside the polar regions and are largely experiencing shrinkage. A complete understanding on the source and formation mechanisms of atmospheric nitrate in the TP is important to indicate the impact of human activities on the environment and also crucial to investigate nitrogen cycle in glacier-hydrology systems of this region. Besides, it can supply information on interpreting ice core records to understand the past atmosphere chemistry. Here we collected aerosol samples from the Everest through pre-monsoon (April-May) and monsoon season (June-August) in 2018, and measured for the first time the isotopic compositions ($\delta^{15}N$, $\delta^{18}O$ and $\Delta^{17}O$) of nitrate in this region, allowing insights into their sources and potential formation mechanism. The results show that the seasonal variations in both $\delta^{15}N$ and $\Delta^{17}O$ values have a similar trends with maximum during pre-monsoon season and minimum during monsoon season. The relatively high values of $\delta^{15}N$ in pre-monsoon seasons, maybe indicate the enhanced contribution from fossil fuel combustions in South Asia which can be transported to our sampling sites across the Himalayas by the mountain/valley wind system. The $\Delta^{17}O$ (NO_3^-) value, which is dependent on both the $\Delta^{17}O$ (NO_2) value and the oxidation pathways (O_3 and OH) of NO_2 to NO_3^-, show that the O_3 oxidation pathway is dominant during pre-monsoon season, resulting in higher values of both $\delta^{18}O$ and $\Delta^{17}O$. In contrast, during monsoon season, formation involving HO_2/RO_2 radicals becomes important, producing lower values of $\delta^{18}O$ and $\Delta^{17}O$. To better understand the oxidation process of past atmosphere in the Everest region, observations of oxygen-17 excess of nitrate and sulfate in ice cores collected from this region in the future are recommended.

Keywords: Atmospheric nitrate, the Everest, Isotope, Aerosol, Oxidation pathways

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of a large volume sampling system for measuring stable isotope analysis of carbonyl sulfide and field observation

*亀崎 和輝[1]、服部 祥平[1]、吉田 尚弘[1,2]
*Kazuki Kamezaki[1], Shohei Hattori[1], Naohiro Yoshida[1,2]

1. 東京工業大学物質理工学院応用化学系、2. 東京工業大学地球生命研究所
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226-8502, Japan, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1-IE-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550, Japan

Carbonyl sulfide (OCS) is the most abundant sulfur-containing gas in the ambient atmosphere, with an average mixing ratio of 500 parts per trillion (ppt) by volume in the troposphere. OCS is suggested as a sulfur source of the stratospheric sulfate aerosols (SSA) which plays an important role for Earth of radiation budget and for ozone depletion. Moreover, since leaves consume OCS whenever they are assimilating CO_2 with same process but plant does not emit OCS to atmosphere by respiration, OCS provides a means to partition net ecosystem exchange into gross primary production (GPP) and respiration on land. Nevertheless, current figures for tropospheric OCS sources and sinks carry large uncertainties.

Isotope analysis is a useful tool to trace sources and transformations of trace gases. Very recently, Angert et al. (2019 Sci. Rep.) reported $d^{34}S$ value at Israel and Canary Island for tropospheric OCS using a gas chromatograph (GC)/multi collector-inductively coupled plasma mass spectrometer (MC-ICP-MS). For the measurement of sulfur isotope ratios of OCS in our laboratory, an online method measuring on a GC/isotope ratio (IR)-MS using S^+ fragmentation ions had been developed (Hattori et al., 2015). This method supports simple analysis of sulfur isotopic compositions of OCS over 8 nmol. However, application this method for atmospheric samples has yet to be done by this GC/IR-MS method, because of the large sample amounts that are necessary (i.e. 500 L of 500 pmol mol^{-1} OCS). Therefore, we developed a large volume air sampling system to apply S^+ IR-MS method for atmospheric samples and we observed $d^{34}S$ value in Suzukakedai campus at Yokohama (Kamezaki et al., 2019 Atmos. Meas. Tech.).

We will discuss the difference between the result of Angert et al. (2019) and our observation. Additionally, we also report the result in field campaign using our developed method.

キーワード：硫化カルボニル、硫黄同位体、大気微量成分
Keywords: Carbonyl sulfide, Sulfur isotope, atmospheric trace components

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

13:45 ~ 14:00

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

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

14:00 ~ 14:15

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

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

14:15 ~ 14:30

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

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

14:30 ~ 14:45

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

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

14:45 ~ 15:00

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

*茂木 信宏[1] (1.国立大学法人東京大学)

15:00 ~ 15:15

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

*Sergio Ibarra Espinosa[1]、Xuelei Zhang[1]、Aijun Xiu[1]、Edmilson Dias de Freitas[2] (1.Research Group of Regional Atmospheric Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, P. R. China、2.Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, Brazil.)

Observations of aerosol optical properties by sky radiometers at SKYNET Southeast and South Asian sites

*Al Fatmi[1]、入江 仁士[1]、Hossain Mohammed Syedul Hoque[1]、Damiani Alessandro[1]、Khatri Pradeep[2]、高村 民雄[1]、Jurupongsaku Thanawat[3]、Pandithurai Govindan[4]
*Al Mashroor Fatmi[1], Hitoshi Irie[1], Hossain Mohammed Syedul Hoque[1], Alessandro Damiani[1], Pradeep Khatri[2], Tamio Takamura[1], Thanawat Jurupongsaku[3], Govindan Pandithurai[4]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2. 東北大学、3. チュラロンコン大学、4. インド熱帯気象研究所
1. Center for Environmental Remote Sensing Chiba University , 2. Tohoku University, 3. Chulalongkorn University, 4. Indian Institute of Tropical Metereology

Direct and scattered sunlight measurements using sky radiometers were performed at two SKYNET sites –Phimai (15.18˚N, 102.56˚E) in Thailand and New Delhi (28.63˚N, 77.17˚E) in India. Phimai is a rural site and during the dry season (January to April), the site is affected by biomass burning. New Delhi is an urban site and expected to be influenced by vehicular and industrial emissions and agricultural waste burning. Depending on the data availability, aerosol optical properties during the year 2012 and 2016 were analyzed for New Delhi and Phimai, respectively. During the dry season in 2016 at Phimai, enhanced aerosol absorption optical depth (AAOD) was observed corresponding to the influence of biomass burning. The wavelength dependence of AAOD was quantified using the absorption Ångström exponent (AAE). The mean AAE at Phimai during the dry season in 2016 was 1.5±0.2, indicating the presence of organic brown carbon aerosols. This was consistent with coincident multi-axis differential absorption spectroscopy measurements showing higher concentration of organic compounds (formaldehyde and glyoxal) during the dry season, corresponding to biomass burning. At New Delhi, the mean AAE values during winter (December ~ February) and monsoon season (June ~ August) were 1.51±0.23 and 0.88± 0.24, respectively. The higher AAE during winter indicates the significant injection of organic brown carbon, probably due to transportation of carbonaceous materials from agricultural waste burning from Northern India. Thus, deduction of AAE, retrieved through sky radiometers observations, is expected to be useful for better understanding the physical and optical properties of light absorbing organic aerosols.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Analysis of factors causing variations in the absorption Ångström exponent of aerosols in Japan using skyradiometers

*山口 航大[1]、入江 仁士[1]、Khatri Pradeep[2]、竹村 俊彦[3]、山本 浩万[4]
*Kodai Yamaguchi[1], Hitoshi Irie[1], Pradeep Khatri[2], Toshihiko Takemura[3], Hirokazu Yamamoto[4]

1. 千葉大学、2. 東北大学、3. 九州大学、4. 産業技術総合研究所
1. Chiba University, 2. Tohoku University, 3. Kyushu University, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

将来の気候変動の予測において、エアロゾルは最大の不確実性をもたらしている。その不確実性を低減させるためには、エアロゾルの光学特性の理解が不可欠である。主要なエアロゾルのひとつである有機エアロゾルや鉱物ダストは光吸収が弱いため、その放射強制力はほとんどの気候モデルで負とされてきた。しかしながら、近年の室内実験や観測から、特に紫外から可視域において強い光吸収性を有すエアロゾル(ブラウンカーボンなど)があることが分かってきている。このような光吸収の波長依存性を表す指標として光吸収オングストローム指数(AAE)があるが、その観測は限られている。このような状況の中、本研究では日本の多地点で長期間、エアロゾルの観測を行っているSKYNETの主にスカイラジオメーターのデータを解析した。我々が新たに開発した解析アルゴリズムパッケージ(SR-CEReS)を用いて、日本の6地域(千葉、福江、春日、宮古島、仙台、高山)のAAEを導出し、その変動原因を調べた。ブラックカーボンのAAEの理論値は 1 と考えられている中、本研究の解析結果ではAAEの年平均値は1.15～1.51の範囲の値を示し、紫外から可視域において強い光吸収性を有すエアロゾルが全6地点で存在することが分かった。また、都市域ではAAEが比較的高い値をとることが分かった。さらには、スカイラジオメーターと同時に実施した多軸差分吸収分光法(MAX-DOAS)による観測から得られた二酸化窒素や二酸化硫黄の濃度データを合わせて解析したところ、工場や製鉄所、船舶などからの排出がAAEの増加に寄与していることが示唆された。

キーワード：エアロゾル、スカイラジオメーター、光吸収オングストローム指数
Keywords: Aerosol, Skyradiometer, Absorption Ångström exponent (AAE)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sources of atmospheric black carbon and related carbonaceous components at Rishiri Island, Japan

*朱 春茂[1]、金谷 有剛[1]、吉川 久幸[2]、入野 智久[2]、関 宰[2]、遠嶋 康徳[3]
*Chunmao Zhu[1], Yugo Kanaya[1], Hisayuki Yoshikawa[2], Tomohisa Irino[2], Osamu Seki[2], Yasunori Tohjima[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 北海道大学、3. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Hokkaido University, 3. National Institute for Environmental Studies

A field study was conducted to clarify sourcesof atmospheric black carbon and related carbonaceous components at Rishiri Island, Japan. We quantified equivalent black carbon (eBC) particle mass and the absorption Ångström exponent (AAE), atmospheric CO and CH_4, in addition to levoglucosan in total suspended particles, a typical tracer of biomass burning. Sixteen high eBC events were identified attributable to either anthropogenic sources or biomass burning in Siberia/China. These events were often accompanied by increases of co-emitted gases such as $CH_4$and CO. Specifically, we observed pollution events with elevated eBC, AAE, levoglucosan, and CH_4–CO slope in late July 2014, which were attributed to forest fires in Siberia by reference to the FLEXPART model footprint and fire hotspots. In autumn, drastic increases of eBC, AAE, and levoglucosan were observed, accompanied by an eBC–CO slope of >15 ng m^{-3}/ppb, resulting from long-range transport of emissions from extensive burning of crop residue on the Northeast China Plain. Other than the sources of fossil fuel combustion in China and forest fires in Siberia, we also report that pollution events in northern Japan are caused by crop residue burning in China. This study elucidated valuable information that will improve understanding of the effects of biomass burning in East Asia on atmospheric carbonaceous components.

キーワード：エアロゾル、バイオマス燃焼、レボグルコサン、ブラックカーボン、FLEXPART
Keywords: Aerosols, Biomass burning, Levoglucosan, Black carbon, FLEXPART

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Black Carbon and Inorganic Aerosols in Snowpack over the Arctic

*森 樹大[1]、東 久美子[2,3]、近藤 豊[2]、塚川 佳美[2]、三浦 和彦[1]、平林 幹啓[2]、大島 長[4]、小池 真[5]、Kaarle Kupiainen[6]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[7]、Sinha Ram[8]、杉浦 幸之助[9]、青木 輝夫[10]、Martin Schneebeli[11]、Konrad Steffen[11]、佐藤 篤司[12]、對馬 あかね[13]、Vladimir Makarov[14]、大宮 哲[15,16]、杉本 敦子[17]、鷹野 真也[17]
*Tatsuhiro Mori[1], Kumiko Goto-Azuma[2,3], Yutaka Kondo[2], Yoshimi Ogawa-Tsukagawa[2], Kazuhiko Miura[1], Motohiro Hirabayashi[2], Naga Oshima[4], Makoto Koike[5], Kaarle Kupiainen[6], Nobuhiro Moteki[5], Sho Ohata[7], Sinha Puna Ram[8], Konosuke Sugiura[9], Teruo Aoki[10], Martin Schneebeli[11], Konrad Steffen[11], Atsushi Sato[12], Akane Tsushima[13], Vladimir Makarov[14], Satoshi Omiya[15,16], Atsuko Sugimoto[17], Shinya Takano[17]

1. 東京理科大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 気象研究所、5. 東京大学大学院、6. Environmental Protection Department Ministry of the Environment、7. 名古屋大学、8. Department of Space Indian Space Research Organization、9. 富山大学、10. 岡山大学、11. WSL Institute for Snow and Avalanche Research、12. 防災科学技術研究所、13. 総合地球環境学研究所、14. Melnikov’s Permafrost Institute、15. 北海道大学低温科学研究所、16. 寒地土木研究所、17. 北海道大学
1. Tokyo University of Science, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Meteorological Research Institute, 5. Depertment of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 6. Environmental Protection Department Ministry of the Environment, 7. Institute for Space–Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, 8. Department of Space Indian Space Research Organization, 9. University of Toyama, 10. Okayama University, 11. WSL Institute for Snow and Avalanche Research, 12. former Snow and Ice Research Center, 13. Reserach Institute for Humanity and Nature, 14. Melnikov’s Permafrost Institute, 15. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 16. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 17. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

Black carbon (BC) deposited on snow lowers snow albedo, potentially contributing to the warming in the Arctic. The distributions of inorganic aerosols (ions), which contribute to direct and indirect aerosol effects, are also greatly influenced by deposition. It is critically important to measure the spatial distributions of BC and ions in snowpack in different regions of the Arctic to quantify these effects. Because accurate measurements of BC and ions in snowpack are very limited, we measured the mass concentrations of size-resolved BC (C_{MBC}) and ions in snowpack over Finland, Alaska, Siberia, Greenland, and Spitzbergen in early spring during the period of 2012 –2016 by using a single-particle soot photometer and ion chromatography, respectively. BC deposition amounts (DEP_{MBC}) during snow accumulation periods were derived from C_{MBC} and snow water equivalent (SWE). Detailed analyses have shown that the spatial distributions of the anthropogenic BC flux and topography strongly influenced the latitudinal variations of C_{MBC} and BC size distributions. The average size distributions of BC in snowpack shifted to smaller sizes with the decrease in C_{MBC}, likely due to an increase in the removal efficiency of BC with the increase in BC diameter during transport from major BC sources. The present C_{MBC} were much lower than previous C_{MBC} measured by using an Integrating Sphere/Integrating Sandwich spectrophotometer by a factor of about 13. The present accurate data of C_{MBC}, SWE, and DEP_{MBC} are very useful in constraining climate model to estimate the effect of BC on the climate of the Arctic.

キーワード：ブラックカーボン、湿性除去、北極
Keywords: Black carbon, Wet deposition, Arctic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

The single-particle extinction and scattering method for online characterization of submicron particles: Principles and applications to aerosol research

*茂木 信宏[1]
*Nobuhiro Moteki[1]

1. 国立大学法人東京大学
1. The Univerisity of Tokyo

本発表では、近年物理学分野で提唱された光学原理にもとづく汎用的な微粒子測定法である single-particle extinction and scattering (SPES)法 について、独自の開発・拡張の状況とそのエアロゾル研究への応用について紹介する。この手法は、単一粒子がレーザービームを横断するときの前方散乱波と入射波の干渉を利用して散乱波の振幅と位相を検出し、そのデータから粒子の複素屈折率の実部・虚部と粒子体積を推定するものである。発表では、測定原理、粒子形状を考慮したデータ解析の理論、開発した装置の性能評価実験について紹介したのち、エアロゾル気候影響の観点で重要な物質である黒色炭素粒子と鉱物粒子への適用結果を紹介する予定である。

キーワード：エアロゾル、ダスト、黒色炭素、生物粒子、海洋懸濁粒子、測定法
Keywords: aerosol, dust, black carbon, biological particles, marine suspended particles, measurement technique

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High spatial resolution vehicular emissions inventory for China using VEIN model

*Sergio Ibarra Espinosa[1], Xuelei Zhang[1], Aijun Xiu[1], Edmilson Dias de Freitas[2]

1. Research Group of Regional Atmospheric Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, P. R. China, 2. Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, Brazil.

Vehicular emissions are an important source of pollution in China. These and other anthropocentric emissions, with poor meteorological conditions enhance critic episodes of high concentrations of air pollutants (Wang S. and Hao J., 2012). Environmental policies seeks to improve air quality by diminishing and cutting emissions, making the emissions characterization of crucial importance. Even more, air quality modelers needs emissions inventories as inputs, which usually suffer of limited temporal and spatial representation and over simplification. Under these circumstances, it is not expected good air quality simulations. I other words, garbage-in, garbage-out.

This study aims to improve the temporal and spatial representation of vehicular emissions. This will be achieve using the VEIN model (Ibarra-Espinosa *et al.,* 2017), initially with a top-down approach. The method and data is described as follows: stock vehicles will be obtained for 31 provinces (National Bureau of Statistics (NBS), 2016) considering vehicle survival pattern and average age of use of the fleet (HAO *et al*, 2011; Wang H. *et al*, 2012). NBS data is aggregated without discriminating taxis and motorcycles, therefore, the vehicular composition and activity will be obtained with the percentages of Wang H. *et* al, (2008): Passenger Cars (PC), Taxi, Motorcycle, Moped, Bus, Small Trucks, Medium Trucks and Heavy Trucks by type of fuel. Furthermore, we will divide traffic at peak and off peak hours and by Freeways, Arterial and residential roads, shown on Fig.1, in each province to obtain the representative speed in each case, based on the driving cycles obtained by Wang Q. *et al*, (2008). We will use Copert (Ntziachristos and Samaras, 2016) emissions factors inside VEIN correcting by chemical composition of fuel and deterioration factors. Cold starts and evaporative emissions will be obviously included. To ensure consistency with the emissions and fuel consumed on each province, activity will be calibrated in order that fuel consumption estimation or CO_2 estimations matches with statistics of automotive fuel sales or CO_2 emissions, depending on the availability of data. Top-down emissions will be spatially dis-aggregated by length of type of road from OpenStreetMap in each province as shown by Andrade *et al*, (2015).

Vehicular, Emissions, VEIN, China

REFERENCES

Andrade, M. D. F., Ynoue, R. Y., Freitas, E. D., Todesco, E., Vara Vela, A., Ibarra, S., ... & Carvalho, V. S. B. (2015). Air quality forecasting system for Southeastern Brazil. Frontiers in environmental Science, 3, 9.

Wang, S., & Hao, J. (2012). Air quality management in China: Issues, challenges, and options. Journal of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental Sciences, 24(1), 2-13.

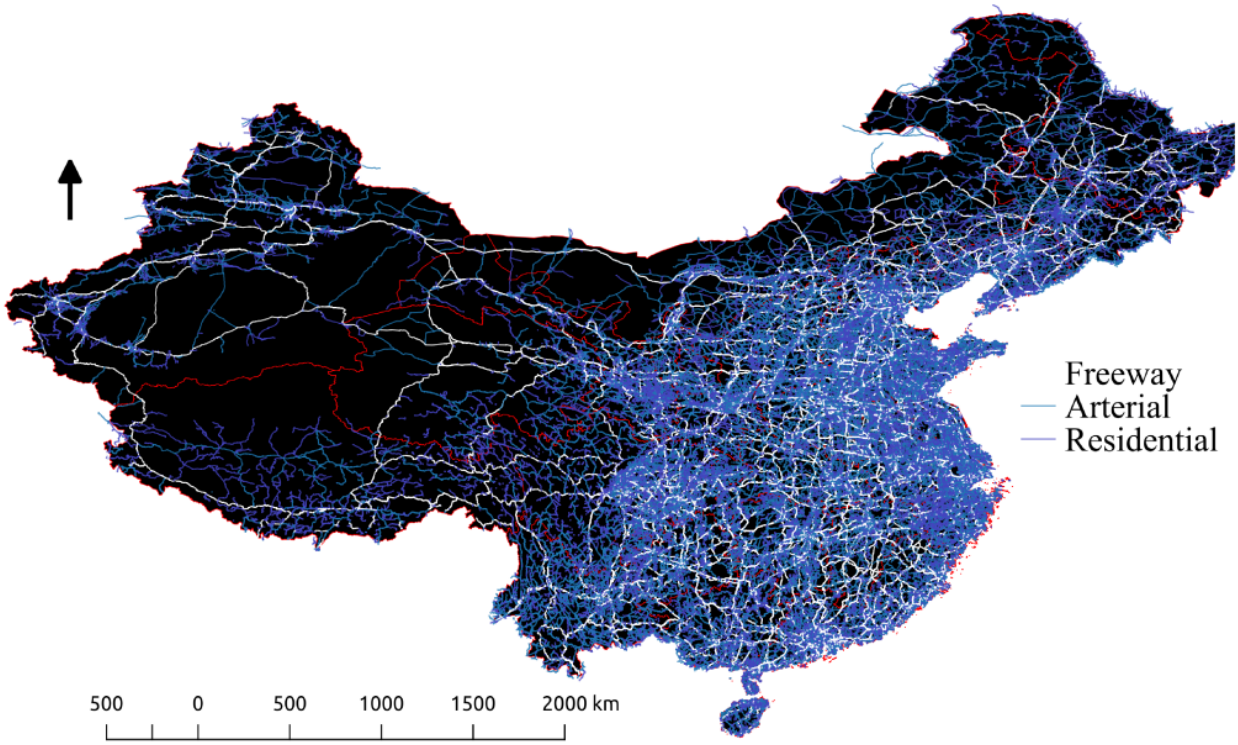
Hao, H., Wang, H., Ouyang, M., & Cheng, F. (2011). Vehicle survival patterns in China. Science China Technological Sciences, 54(3), 625-629.

Wang, H., Chen, C., Huang, C., & Fu, L. (2008). On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China. Science of the Total Environment, 398(1-3), 60-67.

Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., & Zhang, Q. (2008). Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. Transportation research part D: Transport and Environment, 13(5), 289-297.

Ntziachristos, L. and Samaras, Z. (2016): EMEP/EEA emission inventory guidebook; Road Transport: Passenger cars, Light commercial trucks, Heavy-duty vehicles including buses and Motorcycles, European Environment Agency, Copenhagen.

Keywords: Vehicular emissions, VEIN, China



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

15:30 ~ 16:00

[AAS04-12] Effect of land use change on GHG fluxes of tropical peat forests in Borneo island

★Invited Papers

*平田 竜一[1]、Habura Borjigin[1]、白石 知弘[1]、平野 高司[2]、Mellling Lulie[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学、3.Sarawak Tropical Peat Research Institute)

16:00 ~ 16:30

[AAS04-13] 地球観測衛星による陸域生態系炭素固定機能のリモートセンシング

★招待講演

*野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、清野 友規[1]、宮内 達也[1]、松永 恒雄[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

16:30 ~ 16:45

[AAS04-14] GOSAT TANSO-FTS TIRより導出された二酸化炭素濃度の上部対流圏および下部成層圏の変動解析

*江口 菜穂[1]、本田 照裕[1]、齋藤 尚子[2]、丹羽 洋介[3] (1.九州大学、2.千葉大学、3.国立環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[AAS04-15] C-130H輸送機により観測された北西太平洋上空における大気ポテンシャル酸素の季節および年々変動

*石戸谷 重之[1]、坪井 一寛[2]、丹羽 洋介[3]、村山 昌平[1]、松枝 秀和[2]、澤 庸介[2]、青木 伸行[1]、石島 健太郎[2]、古積 健太郎[4]、梅澤 研太[4]、雪田 一弥[4]、西田 重晴[4]、山本 めぐみ[4] (1.産業技術総合研究所、2.気象研究所、3.国立環境研究所、4.気象庁)

Effect of land use change on GHG fluxes of tropical peat forests in Borneo island

*平田 竜一[1]、Habura Borjigin[1]、白石 知弘[1]、平野 高司[2]、Mellling Lulie[3]
*Ryuichi Hirata[1], Habura Borjigin[1], Tomohiro Shiraishi[1], Takashi Hirano[2], Lulie Melling[3]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学、3. Sarawak Tropical Peat Research Institute
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Hokkaido University, 3. Sarawak Tropical Peat Research Institute

Borneo island, which is located in southeast Asia, has a rich forest and it store a huge carbon in biomass and soil. It is well known that peat, which is large carbon reservoir, widely spreads in the island. While tropical peat forest occupies only 0.25% of surface area on globe, it accounts 3% of soil organic carbon on earth. Tropical peat forest, in which forest grows on peat which depth from 1 to 10 m. Recently, the area of tropical peat forest is rapidly decreasing because of fire or plantation and has resulted in large carbon lost. Therefore, carbon management and control for tropical peat forest is very important with the objective of development, conservation and disaster prevention. In this study, we will introduce the studies to evaluate the effects of land use change on greenhouse gas fluxes of tropical peat lands from site scale to regional scale various methods i.e. flux observation of eddy covariance and chamber methods, remote sensing and numerical simulation under several projects.

キーワード：フラックス観測、リモートセンシング、モデル
Keywords: flux observation, remote sensing, model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球観測衛星による陸域生態系炭素固定機能のリモートセンシング
Remote sensing of carbon assimilation function of terrestrial ecosystem by Earth-observation satellite

*野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、清野 友規[1]、宮内 達也[1]、松永 恒雄[1]
*Hibiki M Noda[1], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Tomoki Kiyono[1], Tatsuya Miyauchi[1], Tsuneo Matsunaga[1]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. NIES National Institute of Environmental Studies

産業革命以降，化石燃料の燃焼などの人間活動により大気中の二酸化（CO_2）濃度は増加を続けており，地球規模での気候変動は年々深刻化している。この問題に効果的に対処するためには，生化学過程を含む，CO_2放出と吸収についてのメカニズムについて理解することが重要である。陸域生態系は，植物の光合成により大気中のCO_2を固定して炭水化物を生産することにより，生物圏と大気圏との炭素循環を駆動するという重要な役割を担っている。陸域生態系の光合成過程は，人為的に排出されるCO_2の約3割を陸上生態系により固定するとされる。一方で，生化学的な応答過程である光合成過程は気温や日射，降水量などの環境条件の影響を受ける。そのため，地域スケールなどの広域での光合成量の推定値には大きな不確実性が伴う。さらに，近い将来の気候変動下では，光合成生産も大きく変化しうると予想される。したがって，有効な温暖化緩和策を立てるためには，広域での陸域生態系の光合成量の空間分布を把握することが不可欠である。

地球観測衛星によるリモートセンシングは，陸上生態系の特性について広域での時空間変動を把握する上で強力な手法である。これまで，衛星により観測された植生の反射特性より，生態系の構造や生理的な特性を把握し，それらから光合成生産量を推定する試みが広く行われてきた。近年では，温室効果ガス観測技術衛星GOSATのような高波長分解能センサーを持つ衛星の登場により，太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の人工衛星による観測が可能になった。現在，SIFは，GOSATやGOSAT-2の他，GOME-2やOCO-2など大気観測をメインミッションとした衛星により副次的に観測されている。クロロフィル蛍光は植物が光合成の際に微弱な光であることから，SIFは従来の光学的指標よりも光合成活性と密接に関連していると考えられ，これを利用して光合成活性や生産量を把握する試みが行われている。

本発表では，これまで講演者が取り組んできた人工衛星を利用した陸域植生の光合成生産量の推定研究を紹介すると共に，GOSATおよびGOSAT-2が観測するSIFを利用した研究の将来展望について議論する。

キーワード：植生リモートセンシング、太陽光励起クロロフィル蛍光、GOSAT
Keywords: vegetation remote sensing, solar-induced chlorophyll fluorescence, GOSAT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GOSAT TANSO-FTS TIRより導出された二酸化炭素濃度の上部対流圏および下部成層圏の変動解析

Analysis of the carbon dioxide in the upper troposphere and lower stratosphere by the data from GOSAT TANSO-FTS TIR

*江口 菜穂[1]、本田 照裕[1]、齋藤 尚子[2]、丹羽 洋介[3]
*Nawo Eguchi[1], Akihiro Honda[1], Naoko Saitoh[2], Yosuke Niwa[3]

1. 九州大学、2. 千葉大学、3. 国立環境研究所
1. Kyushu University, 2. Chiba University, 3. National Institute for Environmental Studies

現在，成層圏の寒冷化が問題となっており，その原因として温室効果ガスの一つである二酸化炭素CO_2濃度の上昇だと言われている．しかし成層圏におけるCO_2濃度の全球規模での詳細はわかっておらず，またCO_2の成層圏への流入口である上部対流圏及び下部成層圏（Upper Troposphere/Lower Stratosphere; 以後UT/LS）の濃度及び流入量や流入過程の詳細は明らかにされていない．

本研究では，温室効果ガス観測技術衛星GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite;通称「いぶき」) 搭載のフーリエ分光計 TANSO-FTS (Thermal And Near-infrared Sensor for carbon Observation –Fourier Transform Spectrometer) の熱赤外域 (Thermal InfraRed: TIR (Band 4 : 5.5~14.3μm)) より導出されたCO_2の鉛直プロファイルデータを用いて，特にUT/LS (250～150 hPa) のCO_2濃度の季節・経年変化や季節内変動について詳細に調べることを目的とする．

解析に使用したデータはLevel 2 (version01.xx, 最新版) であり，解析期間は2010年1月から2013年12月までの4年間である． また本研究では比較のため，リトリーバル時に a prior として使用した国立環境研の大気輸送モデル (NIES-TM; Transport Model ver.5) と準一様格子全球モデルNonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM)–based Transport Model (TM) から得られたCO_2の全球鉛直プロファイルデータを使用した．

本研究により，CO_2濃度のUT/LSにおける年増加率，季節・経年変化，アジアモンスーン域の季節内変動の詳細を示すことができた．特に経年変動では, 熱帯域でENSOに伴うCO_2濃度の変動や, 季節内変動では積雲対流活動およびアジアモンスーンの高気圧性循環による水平移流の変動が明らかとなった．これらの結果は，航空機観測や大気球観測で観測できなかった領域および季節内の時間スケールでのCO_2濃度の動態を明らかにするため，全球モデルの物理化学過程の検証に加え，それらの開発にも活用することができる．今後は，数値モデリングの観点から素過程の理解を深め，観測から得られたマクロな場とのリンクを明らかにすることで，気候変動予測において重要なUT/LSでのCO_2濃度の動態解明につながることが期待される．

キーワード：温室効果ガス、成層圏対流圏間交換、GOSAT satellite
Keywords: greenhouse gases, stratosphere-troposphere exchange, GOSAT satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

C-130H輸送機により観測された北西太平洋上空における大気ポテンシャル酸素の季節および年々変動

Seasonal and interannual variations of the Atmospheric Potential Oxygen over the Western North Pacific observed by using a cargo aircraft C-130H

*石戸谷 重之[1]、坪井 一寛[2]、丹羽 洋介[3]、村山 昌平[1]、松枝 秀和[2]、澤 庸介[2]、青木 伸行[1]、石島 健太郎[2]、古積 健太郎[4]、梅澤 研太[4]、雪田 一弥[4]、西田 重晴[4]、山本 めぐみ[4]
*Shigeyuki Ishidoya[1], Kazuhiro Tsuboi[2], Yosuke Niwa[3], Shohei Murayama[1], Hidekazu Matsueda[2], Yousuke Sawa[2], Nobuyuki Aoki[1], Kentaro Ishijima[2], Kentaro Kozumi[4], Genta Umezawa[4], Kazuya Yukita[4], Shigeharu Nishida[4], Megumi Yamamoto[4]

1. 産業技術総合研究所、2. 気象研究所、3. 国立環境研究所、4. 気象庁
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Meteorological Research Institute, 3. National Institute for Environmental Studies, 4. Japan Meteorological Agency

The cargo aircraft C-130H flies once per month from Atsugi Base (35.45˚N, 139.45˚E), Kanagawa, Japan, to Minamitorishima (MNM; 24.28˚N, 153.98˚E), and air samples are collected during the level flight (~6 km) and the descent portion at MNM. The air samples have been analyzed for $O_2/N_2$and Ar/N_2ratios and stable isotopic ratios of N_2, $O_2$and Ar since May 2012. The analysis indicated a significant artificial fractionation due to thermal diffusion during the air sample collection. Nevertheless we succeeded to correct the effects of the fractionation on the observed O_2/N_2ratio precisely by using the observed Ar/N_2 ratio (Ishidoya et al., 2014). The corrected O_2/N_2ratio showed a secular decrease accompanied by a prominent seasonal cycle. The average secular change rate of the mid-tropospheric corrected O_2/N_2ratio was found to be -25.2±0.5 per meg $yr^{-1}$for the period 2012 –2018, which agreed well with that observed at La Jolla, USA by Scripps O_2program (Keeling and Manning, 2014). As the uncertainty of the change rate, we considered the spatial difference of the rates and the stability of the O_2/N_2ratio of standard air.

The Atmospheric Potential Oxygen ($APO=O_2+1.1xCO_2$), calculated by using the corrected O_2/N_2ratio, also showed prominent seasonal cycles, and the amplitude of the mid-tropospheric seasonal APO cycle observed at 25.5˚N was found to be 55 and 31 % of those observed at 33.5˚N and the surface MNM (Ishidoya et al., 2017), respectively. On the other hand, the corresponding seasonal amplitude of CO_2at 25.5˚N was found to be 72 and 93 % of those at 33.5˚N and the surface MNM, respectively. An atmospheric transport model (Niwa et al., 2017) reproduced general features of the observed seasonal APO and CO_2cycles, and its tagged simulation suggested that the mid-tropospheric seasonal APO cycle in the northern low latitudes was reduced significantly by the anti-phase seasonal APO cycle from the southern hemisphere. The observed APO showed interannual variations superimposed on secular downward trends, and the temporal change rates take maxima from the end of 2014 to the beginning of the 2015 at the surface MNM and in the mid-troposphere at 29 –34 ˚N. A comparison between the observed and simulated interannual variations of APO suggested that an interannual variation of the atmospheric transport contributed about 30 % of the observed variation.

Acknowledgments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We thank the staff of Japan Meteorological Agency for their work to collect the air samples onboard a cargo aircraft C-130H. This study was partly supported by the JSPS KAKENHI Grant Number 15H02814, and the Global Environment Research Coordination System from the Ministry of the Environment, Japan.

References

Ishidoya, S. et al. (2014) New atmospheric O_2/N_2ratio measurements over the western North Pacific using a cargo aircraft C-130H, *SOLA*, **10**, 23-28.

Ishidoya, S. et al. (2017) Development of a continuous measurement system for atmospheric O_2/N_2ratio using a paramagnetic analyzer and its application in Minamitorishima Island, Japan, *SOLA*, **13**, 230-234.

Keeling, R. F., and A. C. Manning (2014) Studies of recent changes in atmospheric O_2content, in *Treatise on Geochemistry*,**5**, 2nd ed., pp. 385–404.

Niwa, Y. et al. (2017) A 4D-Var inversion system based on the icosahedral grid model (NICAM-TM 4D-Var v1.0) –Part 1: Offline forward and adjoint transport models, *Geosci. Model Dev.*, **10**, 1157-1174.

キーワード：大気ポテンシャル酸素（APO）、航空機観測
Keywords: Atmospheric Potential Oxygen (APO), aircraft observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 201B 2F

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:渡邉 真吾(海洋研究開発機構)

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

9:00 ~ 9:10

Introduction

9:10 ~ 9:40

[AAS05-01] Turbulent kinetic energy dissipation rates depending on the polar vortex and on synoptic-scale disturbances in the UTLS region in the Antarctic

★Invited Papers

*高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]、西村 耕司[2]、堤 雅基[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻大気海洋科学講座、2.国立極地研究所、総合研究大学院大学)

9:40 ~ 9:55

[AAS05-02] 熱帯成層圏界面領域における半年周期振動の運動量収支解析

*冨川 喜弘[1,2]、V. Harvey[3]、John Knox[4]、藤原 正智[5] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.コロラド大学ボルダー校、4.ジョージア大学、5.北海道大学)

9:55 ~ 10:10

[AAS05-03] 高解像度ラジオゾンデデータを用いた夏の成層圏・中間圏に到達する重力波の発生源に関する研究

*奥井 晴香[1]、高麗 正史[1]、佐藤 薫[1] (1.東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

10:10 ~ 10:25

[AAS05-04] Stratospheric initial conditions provide seasonal predictability of the North Atlantic and Arctic Oscillations

*Yu Nie[1]、Adam Scaife[2,3]、Hong-Li Ren[1,4]、Ruth Comer[2]、Martin Andrews[2] (1.Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, China、2.Met Office Hadley Centre, Exeter, UK、3.College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, UK、4.Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geoscience, Wuhan, China)

10:25 ~ 10:30

Discussion

Turbulent kinetic energy dissipation rates depending on the polar vortex and on synoptic-scale disturbances in the UTLS region in the Antarctic

*高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]、西村 耕司[2]、堤 雅基[2]
*Masashi Kohma[1], Kaoru Sato[1], Koji Nishimura[2], Masaki Tsutsumi[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻大気海洋科学講座、2. 国立極地研究所、総合研究大学院大学
1. Department of Earth and Planet Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research and The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

The turbulence kinetic energy dissipation rate (TKEDR) is a fundamental parameter describing atmospheric turbulence. Our previous study reported the first estimation of the TKEDR in the free atmosphere in the Antarctic from atmospheric radar measurements at Syowa Station, and showed that the TKEDR in the 10–15 km height range became large in May through October. This fact suggests that the seasonal evolution of polar vortex has impact on the TKEDR in the upper troposphere and lower stratosphere (UTLS). The present study investigates the dependence of the TKEDR on the relative location to the polar vortex and on each phase of synoptic scale disturbances during austral winter in the UTLS region using the radar measurements at Syowa Station. First, the TKEDR is obtained as a function of the relative distance from the edge of the polar vortex. The edge of the polar vortex was determined from Ertel’ s potential vorticity on 475-K isentropic surface (Nash et al., 1996). The result showed that the TKEDR is significantly large near the polar vortex edge compared to that outside and deep inside the polar vortex. Furthermore, it is clarified that the TKEDR largely depends on synoptic-scale PV perturbation around the tropopause (300-K isentropic surface).

キーワード：乱流エネルギー散逸率、極渦、大型大気レーダー
Keywords: turbulent kinetic energy dissipation rate, polar vortex, atmospheric radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯成層圏界面領域における半年周期振動の運動量収支解析
Momentum budget of semiannual oscillation around the tropical stratopause

*冨川 喜弘[1,2]、V. Harvey[3]、John Knox[4]、藤原 正智[5]
*Yoshihiro Tomikawa[1,2], V. Lynn Harvey[3], John A. Knox[4], Masatomo Fujiwara[5]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. コロラド大学ボルダー校、4. ジョージア大学、5. 北海道大学
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. University of Colorado Boulder, 4. University of Georgia, 5. Hokkaido University

Meteorological reanalysis data have been updated and improved in the past decade, which are pretty useful for climate and meteorological studies. Their comprehensive evaluation is going underway as the SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP). This study reports the momentum budget of semiannual oscillation around the tropical stratopause for four kinds of the latest reanalysis data (i.e., MERRA, MERRA2, ERA-Interim, and JRA55) as a part of S-RIP. They showed that, while the westerly acceleration is primarily due to unresolved wave drag (i.e. gravity wave drag), the easterly acceleration is induced by momentum transport due to meridional circulation and resolved wave drag. This feature is consistent with previous studies based on simulation and observation. However, the contribution of unresolved wave drag is maximized in MERRA/MERRA2 later than in ERA-Interim/JRA55. We discuss the difference between the latest reanalyses and its impact on the tropical dynamics.

キーワード：成層圏界面、半年周期振動、再解析
Keywords: stratopause, semiannual oscillation, reanalysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度ラジオゾンデデータを用いた夏の成層圏・中間圏に到達する重力波の発生源に関する研究

A study on sources of gravity waves that reach the summer stratosphere and mesosphere based on high-resolution radiosonde data

*奥井 晴香[1]、高麗 正史[1]、佐藤 薫[1]
*Haruka Okui[1], Masashi Kohma[1], Kaoru Sato[1]

1. 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Gravity waves (GWs) are mainly generated in the troposphere and play a crucial role in the momentum transport in the stratosphere and mesosphere. Several possible main sources of GWs are suggested by theoretical, numerical and observational studies; topography and jet-front systems in winter, and strong convection in summer (e.g. Sato *et al.*, 2009). In addition, theoretical work by Bühler *et al.* (1999) indicated that the Kelvin-Helmholtz (KH) shear instability can cause significant emission of GWs in summer. Having critical layers in the lower stratosphere, orographic waves hardly propagate into the summer stratosphere and mesosphere. On the other hand, most GWs emitted from the KH instability above the tropopausal jet do not encounter their critical layer and can reach the stratosphere and mesosphere. However, observational studies from this view point are insufficient. In this study, using high-resolution radiosonde data from 9 stations in Japan, the generation and propagation of GWs with short vertical wave length ($\leq$ 4 km) in the troposphere and lower stratosphere are investigated. The parameters describing the wave structure are estimated by a hodograph analysis. Drawing a comparison with GWs observed in winter, source and propagation characteristics of GWs in summer are highlighted. The latitude-height distribution of wave amplitudes and phase velocity characteristics suggests that orographic waves are not dominant in summer in contrast with those in winter. The vertical direction of wave energy propagation shows that summer GWs propagate upward and downward from the 10-15 km height region, where the occurrence frequency of the events with Richardson number (Ri) less than 0.25 (which is a necessary condition for the KH instability) is high. In addition, wave amplitudes in the lower stratosphere are relatively large above the peak of the occurrence frequency of Ri < 0.25, which is located around the latitude and height region of 30°N-35°N, 12-15 km. These results suggest that the KH instability is one of major sources of GWs in the summer stratosphere. The KH instability tends to occur when the vertical wind shear is large and the static stability is low. In summer, the vertical shear associated with the jet is stronger at higher latitudes and the static stability is lower at lower latitudes. The peak of occurrence frequency of Ri < 0.25 as mentioned above is situated at the middle latitudes inbetween. Therefore, it can be inferred that this region is climatologically important for shear-generated GWs which can reach the summer stratosphere.

キーワード：中層大気、重力波
Keywords: middle atmosphere, gravity waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratospheric initial conditions provide seasonal predictability of the North Atlantic and Arctic Oscillations

*Yu Nie[1], Adam Scaife[2,3], Hong-Li Ren[1,4], Ruth Comer[2], Martin Andrews[2]

1. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, China, 2. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 3. College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, UK, 4. Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geoscience, Wuhan, China

The North Atlantic Oscillation (NAO), the regional manifestation of the Arctic Oscillation (AO), dominates winter climate variability in Europe and North America. Skilful seasonal forecasting of the winter NAO/AO has been demonstrated recently by dynamical prediction systems. However, the role of initial conditions in this predictability remains unknown. Using a latest generation seasonal forecasting system and reanalysis data, we show that the initial upper stratospheric zonal wind anomaly contributes to winter NAO/AO predictability through downward propagation of initial conditions. An initial polar westerly/easterly anomaly in the upper stratosphere propagates down to the troposphere in early winter, favoring a poleward/equatorward shift of the tropospheric mid-latitude jet. This tropospheric anomaly persists well into the late winter and induces the positive/negative phase of NAO/AO in the troposphere. Our results imply that good representation of stratospheric initial condition and stratosphere-troposphere coupling in models is important for winter climate prediction.

Keywords: Seasonal Prediction, Stratosphere, NAO/AO

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 201B 2F

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:関谷 高志

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

10:45 ~ 11:15

[AAS05-05] Transport of trace gases into the extratropical upper troposphere/lower stratosphere

★Invited Papers

*稲飯 洋一[1]、藤田 遼[2,1]、町田 敏暢[3]、松枝 秀和[4]、澤 庸介[4]、坪井 一寛[4]、勝又 啓一[3,5]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1] (1.東北大学、2.Imperial College London、3.環境研、4.気象研、5.高千穂化学工業)

11:15 ~ 11:30

[AAS05-06] Possible impacts of stratospheric ozone on circulation changes in the tropical tropposphere following a stratospheric sudden warming event

*出牛 真[1] (1.気象研究所環境・応用気象研究部)

11:30 ~ 11:45

[AAS05-07] **Stratosphere-troposphere exchange of ozone and carbon monoxide over the northern Pacific Ocean in northern winter using two chemical reanalysis data sets**

*席 浩森[1]、藤原 正智[1]、宮崎 和幸[2] (1.北海道大学大学院　地球環境科学院、2.NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA)

11:45 ~ 12:00

[AAS05-08] **Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasts**

*Yanjun GUO[1]、Cheng-zhi Zou[2]、Panmao Zhai[3]、Guofu Wang[1] (1.National Climate Center(NCC), China Meteorological Administration(CMA) 、2.Center for Satellite Applications and Research, NOAA/NESDIS、3.Chinese Academy of Meteorolgical Sciences (CAMS), China Meteorological Administration (CMA))

12:00 ~ 12:15

[AAS05-09] Environmental Characterization of the Atmosphere Using WACCM-X

*Rose Tseng[1]、Michelle Kanipe[1]、Brian Urbancic[1]、Robert Tournay[1]、Omar Nava[1]、Daniel Emmons[1]、Robert Loper[1]、Charlton Lewis[1] (1.Air Force Institute of Technology)

Transport of trace gases into the extratropical upper troposphere/lower stratosphere

*稲飯 洋一[1]、藤田 遼[2,1]、町田 敏暢[3]、松枝 秀和[4]、澤 庸介[4]、坪井 一寛[4]、勝又 啓一[3,5]、森本 真司[1]、青木 周司[1]、中澤 高清[1]
*Yoichi Inai[1], Ryo Fujita[2,1], Toshinobu Machida[3], Hidekazu Matsueda[4], Yousuke Sawa[4], Kazuhiro Tsuboi[4], Keiichi Katsumata[3,5], Shinji Morimoto[1], Shuji Aoki[1], Takakiyo Nakazawa[1]

1. 東北大学、2. Imperial College London、3. 環境研、4. 気象研、5. 高千穂化学工業
1. Tohoku Univ., 2. Imperial College London, 3. NIES, 4. MRI, 5. Takachiho Chem. Industrial

To investigate the seasonal characteristics of chemical tracer distributions in the extratropical upper troposphere and lower stratosphere (ExUTLS) as well as stratosphere–troposphere exchange processes, origin fractions of air masses originating in the stratosphere, tropical troposphere, mid-latitude lower troposphere (LT), and high-latitude LT in the ExUTLS are estimated using 10-year backward trajectories calculated with European Centre For Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ERA-Interim data as the meteorological input. Time-series of chemical tracers obtained from ground-based and airborne observations are incorporated into the trajectories, thus reconstructing spatiotemporal distributions of chemical tracers in the ExUTLS. The reconstructed tracer distributions are analysed with the origin fractions and the stratospheric age of air (AoA) estimated using the same backward trajectory. The reconstructed distributions of CO and CO_2 in the ExUTLS are affected primarily by tropospheric air masses because of the short chemical lifetime of the former and large seasonal variations in the troposphere of the latter. Distributions of CH_4, N_2O, and SF_6 are controlled primarily by seasonally varying air masses transported from the stratosphere. For CH_4 and N_2O distributions, their seasonally varying photochemical decay along the average pathway from the source region are particularly important. This study developed and demonstrated a unique and effective method to exploit the advantages of observational data in combination with trajectory analysis. This method provides a means to understand both air mass transport and chemical decay for photochemical active substances from a new perspective.

キーワード：物質輸送、地球大気、流跡線解析
Keywords: Transport, Earth atmosphere, Trajectory analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Possible impacts of stratospheric ozone on circulation changes in the tropical troppposphere following a stratospheric sudden warming event

*出牛 真[1]
*Makoto Deushi[1]

1. 気象研究所環境・応用気象研究部
1. Department of Atmospheric Environment and Applied Meteorology, Meteorological Research Institute

Many studies have shown that there are significant impacts of the stratospheric ozone on dynamical coupling between the stratosphere and troposphere (S-T) at middle and high latitudes, especially in the Southern hemisphere (e.g. Marshall *et al.*, JC, 2006; Thompson *et al.*, Nature Geo, 2011). In contrast, little attention has been given to role of the stratospheric ozone in modulating S-T dynamical coupling in the tropics (and sub-tropics) so far. Recently, there has been an increasing interest in the S-T dynamical coupling in the tropics because it has been recognized that this coupling has significant influences on moist convection and organized convective systems in the tropics (e.g. Son *et al.*, JC, 2017; Nishimoto and Yoden, JAS, 2017).
In this study, possible impacts of the stratospheric ozone on tropospheric circulation and precipitation in the tropical and sub-tropical regions were examined, focusing on a period of several months following a major stratospheric sudden warming (SSW) event. As a case study, the major SSW occurred in the winter of 2003/2004 was investigated. A set of ensemble re-forecasts was performed by using a chemistry-climate model (CCM) and an atmospheric general circulation model (AGCM) to elucidate radiative effects of the stratospheric ozone anomalies induced by the major SSW on the troposphere at low latitudes. The ensemble re-forecasts were conducted using the Lagged Averaged Forecasting (LAF) method with 60 ensemble members, where the initial-times were set just before the occurrence of the major SSW. The CCM resolves well full stratospheric and tropospheric chemistry processes, and considers online radiative feedbacks from the simulated atmospheric ozone. The CCM ensemble re-forecast was compared to the AGCM ensemble re-forecast in which climatological monthly mean ozone was forced. The CCM ensemble re-forecast reproduced well significant ozone decrease in the lower tropical stratosphere due to rapidly enhanced upward Brewer-Dobson circulation there after the major SSW. About two weeks after the occurrence of the major SSW, systematic differences with statistical significance between the two ensemble re-forecasts were simulated in the tropospheric circulation and precipitation especially in the northern tropics and sub-tropics. The northern cell of the Hadley circulation became stronger in the CCM ensemble re-forecast than in the AGCM one, with the larger amount of precipitation over the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). To confirm these impacts of the stratospheric ozone on the (sub-) tropical troposphere, other major SSW events are also investigated.

キーワード：成層圏対流圏結合、成層圏オゾン、熱帯対流圏循環、成層圏突然昇温
Keywords: stratosphere-troposphere coupling, stratospheric ozone, tropical tropospheric circulation, stratospheric sudden warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratosphere-troposphere exchange of ozone and carbon monoxide over the northern Pacific Ocean in northern winter using two chemical reanalysis data sets

*席 浩森[1]、藤原 正智[1]、宮崎 和幸[2]
*Haosen Xi[1], Masatomo Fujiwara[1], Kazuyuki Miyazaki[2]

1. 北海道大学大学院　地球環境科学院、2. NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA
1. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2. NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA

Stratosphere-troposphere exchange (STE) is one of the important factors that determine the distribution of constituents in the troposphere and stratosphere. Two-way airmass exchange between the lower stratosphere and the troposphere occurs in association with mid-latitude weather disturbances, with the net transport from the stratosphere to troposphere. In this study, we analyze the STE over the northern hemisphere Pacific Ocean in northern winter, focusing on transport of ozone and carbon monoxide (CO) using two chemical reanalysis data sets, the Tropospheric Chemical Reanalysis version 1 (TCR-1; Miyazaki et al., 2015) and the Monitoring Atmospheric Composition and Climate (MACC; Inness et al., 2013). The TCR-1 is a 10-year chemical reanalysis data set for the period from 2005 to 2014, while the MACC is for 2003 to 2012. Both reanalyses assimilate major satellite chemistry data during the respective periods. We calculate the amount of CO transported from the troposphere to stratosphere (TST) and ozone transported from the stratosphere to troposphere (STT) on the 350-K isentropic surface, by using 4 PVU potential vorticity to evaluate irreversible transport across the tropopause (e.g., Homeyer and Bowman, 2013). Results from the analysis of TCR-1 data are as follows. The amount of ozone transport per case maximizes in November and minimizes in February, and that in years 2005-2008 is significantly smaller than that in years 2009-2014 with the maximum in the 2010 winter (i.e., from November 2010 to March 2011). The amount of CO transport per case maximizes in March and minimizes in November, and that in years 2005-2009 is significantly larger than that in years 2010-2014 with the maximum in the 2009 winter. Results from MACC data are qualitatively similar. In the presentation we will also show the results with additional criteria for irreversibility by using trajectory calculations.

キーワード：オゾン、二酸化炭素、対流圏成層圏交換
Keywords: ozone, carbon monoxide, stratosphere troposphere exchange

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasts

*Yanjun GUO[1], Cheng-zhi Zou[2], Panmao Zhai[3], Guofu Wang[1]

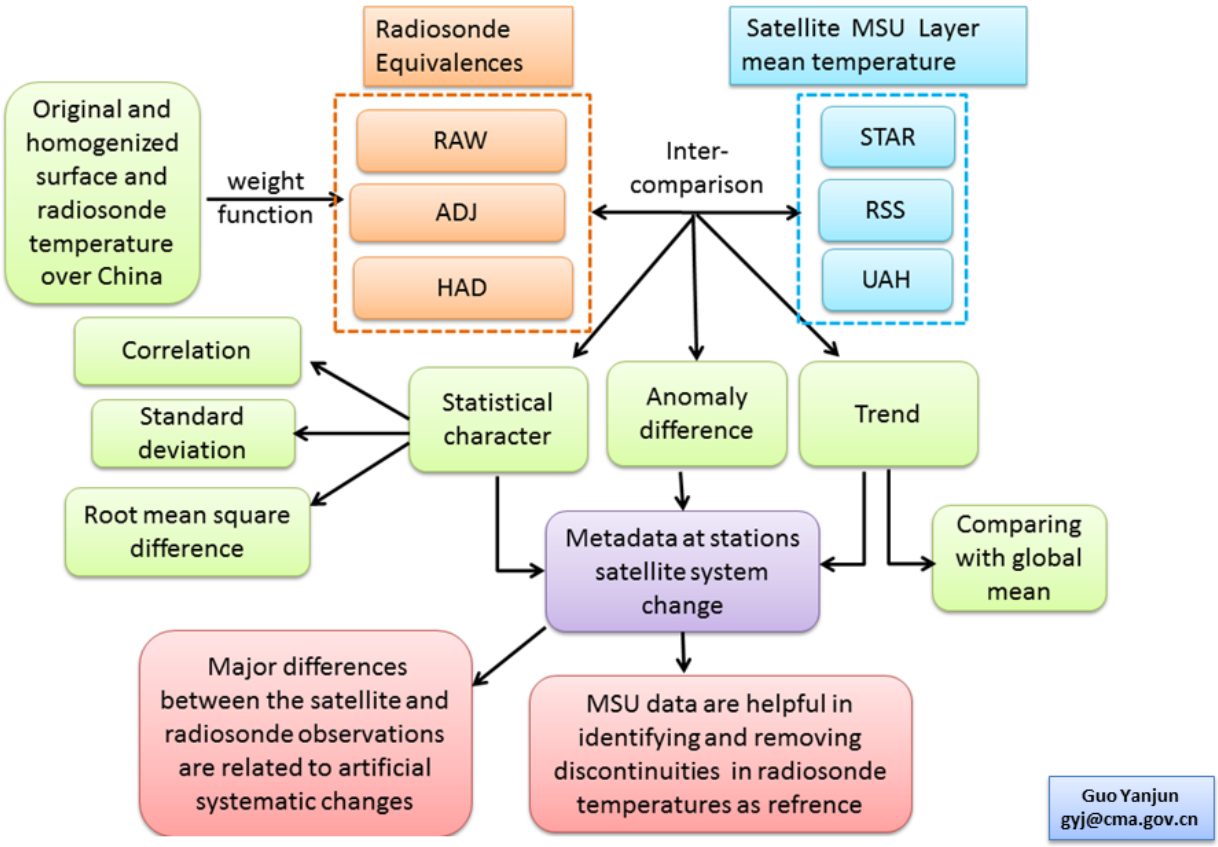
1. National Climate Center(NCC), China Meteorological Administration(CMA) , 2. Center for Satellite Applications and Research, NOAA/NESDIS, 3. Chinese Academy of Meteorolgical Sciences (CAMS), China Meteorological Administration (CMA)

Reconciling upper-air temperature trends derived from radiosonde and satellite observations is a necessary step to confidently determine the global warming rate. This study examines the raw and homogenized radiosonde observations over China and compares them with layer-mean atmospheric temperatures derived from satellite microwave observations for the lower-troposphere (TLT), mid-troposphere (TMT), upper troposphere (TUT), and lower stratosphere (TLS) by three research groups. The comparisons are for averages over China, excluding Tibetan Plateau, and at individual stations where metadata contain information on radiosonde instrument changes. It is found that major differences between the satellite and radiosonde observations are related to artificial systematic changes. The radiosonde system updates in early 2000s over China caused significant discontinuities and led the radiosonde temperature trends to exhibit less warming in the middle and upper troposphere and more cooling in the lower stratosphere than the satellite temperatures. Homogenized radiosonde data have been further adjusted using shift-point adjustment approaches to match with satellite products for China average. The obtained trends during 1979-2015 from the re-adjusted radiosonde observation are respectively 0.203±0.066, 0.128±0.044, 0.034±0.039, and -0.329±0.135 K Decade^{-1} for TLT, TMT, TUT, and TLS equivalents. Compared to satellite trends, the re-adjusted radiosonde trends are within 0.01 K Decade^{-1} for TMT and TUT, and 0.054 K Decade^{-1} warmer for TLT and 0.051 K Decade^{-1} cooler for TLS. The results suggest that the use of satellite data as a reference are helpful in identifying and removing inhomogeneities of radiosonde temperatures over China and reconciling their trends to satellite microwave observations. Future efforts are to homogenize radiosonde temperatures at individual stations over China using similar approaches.

Keywords: upper air, temperature, satellite, radiosonde, China, trend

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inter-comparison of Upper Air Temperature in China between Satellite MSU and Radiosonde Datasets



Guo Yanjun
gyj@cma.gov.cn

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental Characterization of the Atmosphere Using WACCM-X

*Rose Tseng[1], Michelle Kanipe[1], Brian Urbancic[1], Robert Tournay[1], Omar Nava[1], Daniel Emmons[1], Robert Loper[1], Charlton Lewis[1]

1. Air Force Institute of Technology

Researching the characteristics of the whole atmosphere can yield a variety of weather and climate understanding for the terrestrial and space environments. Of particular interest are the neutral species, wind, and temperature distributions from the surface to the middle atmosphere and across multiple latitudes. This is accomplished using data from the Whole Atmosphere Community Climate Model-Extended (WACCM-X) with the ionosphere, a model developed by inter-divisional collaboration at the University Corporation for Atmospheric Research. Presented here are the vertical profiles of neutral species, wind speed, and temperature of the troposphere and middle atmosphere up to 80 km. Preliminary results from a 10-year period show all three parameters vary temporally and spatially, particularly across latitudes and seasons. Ongoing work includes rigorous analysis, utilizing all years of WACCM-X data available.

Keywords: Whole Atmosphere, Climate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 201B 2F

[A-AS05] 成層圏・対流圏過程とその気候への影響

コンビーナ:河谷 芳雄(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、渡辺 真吾(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、関谷 高志(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、佐藤 薫(東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻)、座長:河谷 芳雄

成層圏・対流圏過程とその気候における役割（SPARC）は、世界気候研究計画 （WCRP）の主要プロジェクトの一つであり、気候形成・変動における成層圏・対流圏およびその間の相互作用の役割解明を主眼とし、大気化学と大気物理学との密接な連携を一大特徴とする。本セッションでは、近年の国際的動向を踏まえ、大気化学セッションとも密接に連携しながら、新しい大気科学のコミュニティ形成をめざす。成層圏と対流圏の両域に関わる様々な視点からの議論を歓迎する。

13:45 ~ 14:15

[AAS05-10] 新しい３次元波活動度フラックスを用いた2018年2月北半球大規模突然昇温の解析結果

★招待講演

*原田 やよい[1]、佐藤 薫[2]、木下 武也[3]、安井 良輔[2]、廣岡 俊彦[4]、直江 寛明[1] (1.気象研究所、2.東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻、3.国立研究開発法人海洋研究開発機構、4.九州大学大学院理学研究院)

14:15 ~ 14:45

[AAS05-11] 冬季から初夏における南半球大気のQBOに対する応答

★招待講演

*山下 陽介[1]、直江 寛明[2]、井上 誠[3]、高橋 正明[4] (1.海洋研究開発機構、2.気象研究所、3.秋田県立大学、4.国立環境研究所)

14:45 ~ 15:00

[AAS05-12] 成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みにおけるQBO的振動の熱帯対流系への影響

*余田 成男[1]、Hai Bui[2]、畔野 貴弘[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.Geophysical Institute, University of Bergen)

15:00 ~ 15:15

[AAS05-13] 成層圏から対流圏へのプラネタリー波束の下方伝播について

*松山 裕矢[1]、廣岡 俊彦[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

新しい３次元波活動度フラックスを用いた2018年2月北半球大規模突然昇温の解析結果

Diagnostics of a WN2-type major sudden stratospheric warming event in February 2018 using a new three-dimensional wave activity flux

*原田 やよい[1]、佐藤 薫[2]、木下 武也[3]、安井 良輔[2]、廣岡 俊彦[4]、直江 寛明[1]
*Yayoi Harada[1], Kaoru Sato[2], Takenari Kinoshita[3], Ryosuke Yasui[2], Toshihiko Hirooka[4], Hiroaki Naoe[1]

1. 気象研究所、2. 東京大学　大学院理学系研究科　地球惑星科学専攻、3. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、4. 九州大学大学院理学研究院
1. Meteorological Research Institute, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

Observational features of atmospheric fields during a zonal wavenumber two (WN2) type major sudden stratospheric warming (MSSW) event that occurred in February 2018 (MSSW18) are analyzed using the Japanese 55-year Reanalysis, satellite measurements by a microwave limb sounder, and a new three-dimensional wave activity flux. MSSW18 was characterized by a clear polar vortex split, continuance of easterlies with remarkable double peaks, clear planetary-wave propagation in the easterly region of the upper stratosphere and extraordinary upward propagation of WN2 planetary waves from the upper troposphere whose peak was comparable to that during an MSSW event that occurred in January 2009 (MSSW09), although MSSW18 showed relatively modest warming, unclear disappearance of the stratopause and weak stratopause elevation compared to those during MSSW09. Further analyses revealed that wave packets propagated upward simultaneously in both the Eastern and Western Hemispheres. Those observed in the Eastern Hemisphere converged strongly at the western edge of the Aleutian High and most of them did not propagate into the upper stratosphere. The wave packets observed in the Western Hemisphere locally propagated into the upper stratosphere over North America despite the fact that easterlies were predominant there in the mature stage of MSSW18. Furthermore, our results revealed that the regions and levels of wave-packet attenuation corresponded well to the area of weak eastward phase tilt or the quasi-barotropic condition of smaller-scale waves during MSSW18, whereas during MSSW09 the westward phase tilts of smaller-scale waves were clearly visible in the upper stratosphere.

キーワード：成層圏突然昇温、東西波数２、波活動度フラックス
Keywords: Sudden stratospheric warming, Zonal wavenumber two, Wave activity flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冬季から初夏における南半球大気のQBOに対する応答
Response of the Southern Hemisphere atmosphere to the QBO from winter to early summer

*山下 陽介[1]、直江 寛明[2]、井上 誠[3]、高橋 正明[4]
*Yousuke Yamashita[1], Hiroaki Naoe[2], Makoto Inoue[3], Masaaki Takahashi[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 気象研究所、3. 秋田県立大学、4. 国立環境研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Meteorological Research Institute, 3. Akita Prefectural University, 4. National Institute for Environmental Studies

赤道成層圏には準２年周期振動（QBO）と呼ばれる卓越した変動が存在し，西風と東風が交互に現れ下降する振動現象で特徴付けられる．QBOは赤道域周辺の循環に加え北半球極渦強度にも影響することが知られており，中高緯度の波や循環の変化とも関係すると言われている（例えば，Plumb and Bell 1982；Holton and Tan 1980）．他方QBOの南半球極渦強度への影響については，関係性を見出した際に用いられたQBO位相を定義する高度や定義方法が複数あり（例えば，Garcia and Solomon 1987；Baldwin and Dunkerton 1998；Naito 2002；Hitchman and Huesmann 2009），また手法として用いられてきたコンポジット平均の差には太陽周期やエルニーニョ・南方振動（ENSO）など他の年々変動の影響を含む可能性が残っている．そこで，本研究ではQBO位相の定義方法を工夫し，線形重回帰分析を用いて長期間のJRA-55客観解析データからQBOの影響と他の変動の影響とを分離することでQBOの南極渦への影響プロセスを調べた．重回帰式には中部成層圏に極値を持つQBO，下部成層圏に極値を持つQBOの項の他に等価実効成層圏塩素（EESC），太陽周期，ENSO，火山噴火の項を説明変数として加えた．重回帰式の説明変数とした中部成層圏QBO，及び下部成層圏QBOの項を分析することで，南半球の冬季から初夏においてQBOが南半球極渦に影響を与える２つの経路を示唆する結果を得た．まず１つ目の影響経路として，中部成層圏QBOに伴う二次循環が低緯度域の南半球大気応答を引き起こし，さらに高緯度域の応答をもたらすというプロセスを見出した．これにより季節進行の中で南極渦の中心軸が下降している速さが，QBO 西風年の８～11月に高緯度域（60ºS付近）で遅くなりやすい．１つ目の影響経路では南半球晩冬の8月において南極渦が一時的に弱まる応答を説明できていなかったが，応答を説明できていない部分を詳細に調べることで２つ目の影響経路を見出した．２つ目の影響経路は，8月において下部成層圏QBOが南半球中高緯度域の対流圏から成層圏への惑星波の上向き伝播の増大を引き起こすプロセスで，このプロセスを含めると８月に南極渦が一時的に弱まる傾向も矛盾なく説明可能である．

キーワード：準２年周期振動、南極渦、重回帰分析
Keywords: quasi-biennial oscillation, Southern Hemisphere polar vortex, multiple linear regression

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みにおけるQBO的振動の熱帯対流系への影響

Influence of QBO-like Oscillation on Tropical Convective Systems in a Three-Dimensional Minimal Model Framework of the Stratosphere-Troposphere Coupled System

*余田 成男[1]、Hai Bui[2]、畔野 貴弘[1]
*Shigeo Yoden[1], Hai Bui[2], Takahiro Banno[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. Geophysical Institute, University of Bergen
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Geophysical Institute, University of Bergen

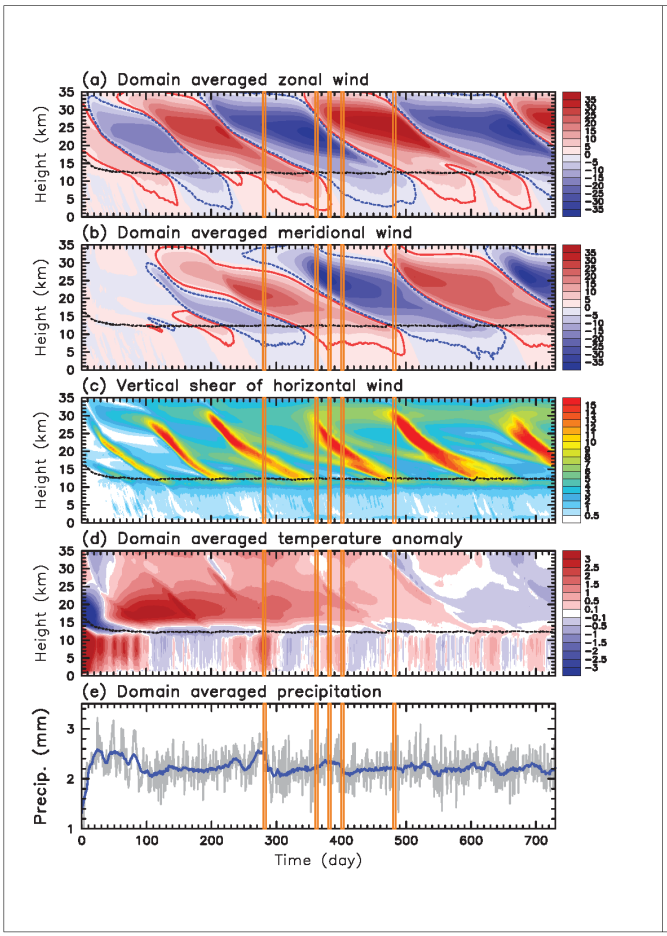
放射-湿潤対流準平衡状態でQBOに類似した自励的振動を生じる成層圏-対流圏結合系の３次元最小限モデル枠組みについて発表する。その計算領域は、640 km x 160 kmの長方形（格子間隔 5 km； Bui et al., 2019）、あるいは、100 km x 100 kmの正方形（格子間隔 1 km）とし、非回転系で二重周期境界条件とする。時間発展とともに成層圏に周期約300日のQBO的振動が領域平均した両水平成分に現れる（図-左）。両成分は同期しており、水平風ホドグラフを描くと歪んだ螺旋構造の反時計回りの回転として特徴づけられる（図-右）。

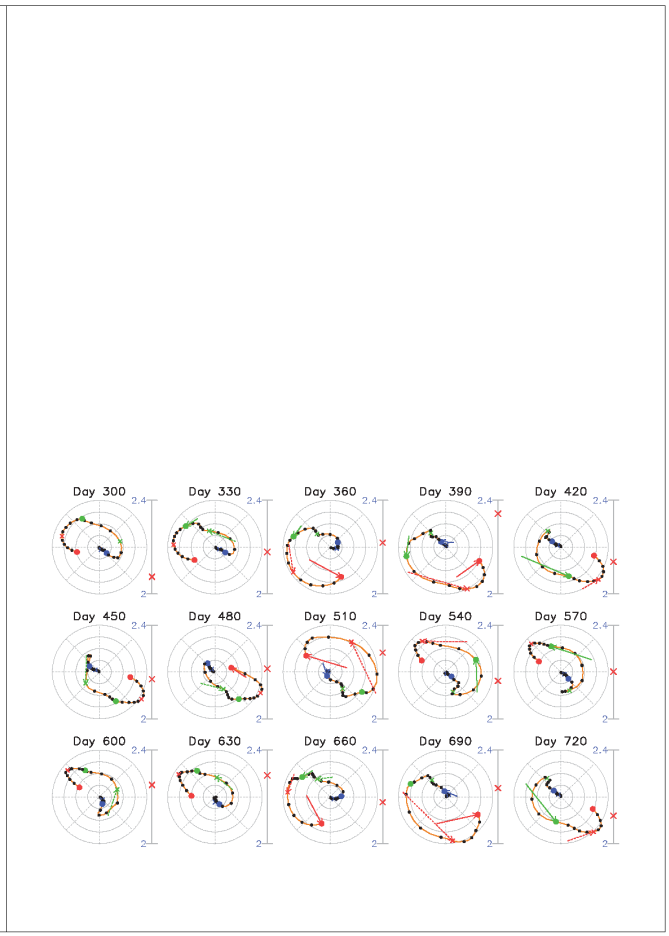
QBO的振動は振幅を大きく減じつつ対流圏に貫入し、約100日の時間スケールで変動する対流圏の気温偏差や降水に影響を及ぼしている。高降水量は高温と関連している。 この実験で、従来の速く移動するバックビルディング型およびスコールライン型の降水パターンに加えて、孤立的な純停滞型クラスターを得た。この純停滞型降水パターンは３次元モデルで初めて得られたものであり、鉛直断面スナップショットは低層雲が存在せず低湿度な領域の出現を示している。一方、速く移動する２つの降水パターンでは、非降水域を含む全領域にわたり低層雲が存在し高湿度である。湿潤対流システムの純停滞型降水パターンへの間歇的な自己組織化と、速く移動する２つの降水パターンへの回帰遷移が、３次元最小限モデル枠組みにおける自己集団化の基本的特徴である。

参考文献

Bui H., S. Yoden, and E. Nishimoto, 2019: QBO-like Oscillation in a Three-Dimensional Minimal Model Framework of the Stratosphere–Troposphere Coupled System. *SOLA*, **15**, 59–62.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏から対流圏へのプラネタリー波束の下方伝播について
Downward Propagation of Planetary Wave Packets from the Stratosphere to the Troposphere During Northern Hemisphere Winter

*松山 裕矢[1]、廣岡 俊彦[2]
*Matsuyama Yuya[1], Toshihiko Hirooka[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

北半球冬季において、プラネタリー波束が成層圏から対流圏へ下方伝播する事例がしばしば観測され、対流圏循環に影響を及ぼすことがあることが報告されている。最近の観測に基づくと、対流圏への下方伝播は、90W付近の北米上空において頻繁に発生しているとのことである。そこで、本研究では、プラネタリー波束の下方伝播の発生分布、及び発生時の背景場との関係を、JRA55再解析データを用いて解析した。本研究では、Plumb(1985)のWave Activity flux(波の活動度フラックス)を計算し、そのz成分の30hPa面における値に閾値を設け、全解析期間(1958年-2016年)にわたる強い下方伝播事例を抽出した。各事例について、どの経度帯で下方伝播が生じているのかを調べ、45度ずつに区切った8つの経度領域に分類し、経度領域ごとにコンポジット解析を行った。その結果、約500事例を抽出することができ、その80%以上の事例が135Wから0Eの領域で発生していた。さらに、これらの下方伝播は、成層圏におけるアリューシャン高気圧の発達と密接な関連があることが示された。残りの事例においても、下方伝播が生じる領域の西方に、発達した高気圧の出現が見られた。

キーワード：プラネタリー波束、下方伝播、波の活動度フラックス
Keywords: planetary wave packet, downward propagation, wave activity flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、堤 英輔

近年の観測や数値計算技術を用いた研究により沿岸海域における諸現象の詳細が明らかとなりつつある．これらの沿岸海域で発生する現象は，地球規模の海洋・大気循環や生態系にとって非常に重要であると考えられている．本セッションは沿岸・縁辺海域，河口域や湖沼における混合，渦，非線形内部波等の研究発表を集め議論を行う．その他，沿岸海域の物理現象と大スケールの外洋における黒潮や海洋循環を関連づける研究発表も本セッションの議論の対象とする．

13:45 ~ 14:00

[AOS14-01] エクマン輸送と海峡内での潮汐混合の複合効果に伴うインドネシア多島海南部の海面水温冷却

*永井 平[1]、日比谷 紀之[1] (1.東京大学理学系研究科)

14:00 ~ 14:15

[AOS14-02] HYCOM-ROMSモデルを用いた南シナ海南部における海洋流動構造に関する研究

*高浦 育[1]、内山 雄介[1]、Nizamani Zafarullah[2]、中山 昭彦[2] (1.神戸大学、2.Tunku Abdul Rahman University)

14:15 ~ 14:30

[AOS14-03] 東シナ海陸棚縁辺部における黒潮フロント渦と栄養塩・植物プランクトン動態

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、大城 一輝[1]、堤 英輔[2]、武田 重信[3]、石坂 丞二[4]、郭 新宇[1] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.九州大学応用力学研究所、3.長崎大学水産学部、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:30 ~ 14:45

[AOS14-04] Dissipation and transport due to internal tides generated by multiple submarine canyons

*Qiang Li[1]、Xianzhong Mao[1]、Ran Liao[1] (1.Tsinghua University)

14:45 ~ 15:00

[AOS14-05] 高解像度曳航式観測装置を用いた霞ヶ浦における物理構造計測

*浅岡 大輝[1]、増永 英治[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

15:00 ~ 15:15

[AOS14-06] 成層が発達する浅水湖における混合と傾圧構造に関する研究

*増永 英治[1]、浅岡 大輝[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3] (1.茨城大学、2.茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3.国土交通省)

エクマン輸送と海峡内での潮汐混合の複合効果に伴うインドネシア多島海南部の海面水温冷却

The cooling of sea surface temperature in the southern Indonesian Seas due to a combination of the Ekman transport and tidal mixing in narrow straits

*永井 平[1]、日比谷 紀之[1]
*Taira Nagai[1], Toshiyuki Hibiya[1]

1. 東京大学理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

The Indonesian archipelago is characterized by the warmest sea surface temperatures (SSTs) in the world and is a key region of the world climate system. Kida and Wijffels (2012) reported that SST cooling around the Nusa Tenggara Islands (NTIs) located at the southern Indonesia plays a crucial role in the seasonal variation of SST over a large area in the Indonesian Seas. Although they suggested that both the monsoonal winds and tidal mixing might significantly impact such SST cooling, their numerical model settings were somewhat idealized.

In this study, to investigate the mechanisms of SST cooling around the NTIs, we carry out a numerical simulation using a regional ocean model where the realistic distribution of vertical diffusivity estimated from a high resolution baroclinic tide model is incorporated. The simulated results show that significant mixing in the narrow tidal straits between the NTIs creates well-mixed waters, which spread out northward (southward) during Austral summer (winter) and finally causes significant SST cooling over a large area of southern Indonesian Seas.

We therefore carry out numerical experiments where either of the monsoonal wind or localized tidal mixing in the narrow straits is switched off. These numerical experiments show that well-mixed waters in the narrow straits are continuously advected by the northward (southward) flow driven by the western (eastern) monsoonal wind during Austral summer (winter) until the Indonesian Throughflow spreads them out over a large area of southern Indonesian Seas, demonstrating the importance of the combined effect of the Ekman transport and tidal mixing.

キーワード：インドネシア海の海面水温、狭い海峡内の潮汐混合、エクマン輸送
Keywords: SST in the Indonesian Seas, Tidal mixing in narrow straits, Ekman transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

HYCOM-ROMSモデルを用いた南シナ海南部における海洋流動構造に関する研究

A reanalysis of regional circulations in the Southern South China Sea using a HYCOM-ROMS downscaling ocean model

*高浦 育[1]、内山 雄介[1]、Nizamani Zafarullah[2]、中山 昭彦[2]
*Naru Takaura[1], Yusuke Uchiyama[1], Nizamani Zafarullah[2], Akihiko Nakayama[2]

1. 神戸大学、2. Tunku Abdul Rahman University
1. Kobe Univ, 2. Tunku Abdul Rahman University

A high-resolution, high-precision downscaling oceanic circulation model for the Southern China Sea (SCS) was developed based on the Regional Oceanic Modeling System (ROMS) at a lateral resolution of 5 km, initialized and forced by the Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) global reanalysis product. A multi-year reanalysis was conducted for the four-year period from 2012 to 2015 with the HYCOM-ROMS system that properly accounts for wind stress and heat budget at surface, freshwater influences from the atmosphere and major rivers, and tidal variability.
The model results were confirmed to agree well with satellite and in situ measurement, and generally consistent with the findings in previous studies. For instance, prevailing strong meridional currents are provoked along the continental shelves between China and the southern Vietnam, which are driven by seasonally varying monsoons dominated in the winter and summer, followed by current separation to the east off the southern Vietnam occurred in summer.
Prospective applications of the system include assessments of oceanic dispersal of wastewater, quantification of marine ecosystem network, analyses of micro plastic transport, its coastal accumulation and maintenance of offshore structure. In the present study, we utilized the model outcome to evaluate external forcing conditions on offshore oil platforms along the coast of the Malay Peninsular and Borneo Island by using extreme value statistics for surface currents and wind. The maximum surface velocity was found to occur off the coast of Borneo Island, which is influenced by the Mindanao Current. It was suggested that water mass exchange between the Pacific and the SCS is extremely significant as it subsequently controls regional circulations in the coastal margins in the SCS.

キーワード：南シナ海、物質輸送、HYCOM-ROMS、季節循環流
Keywords: South China Sea, mass transport, HYCOM-ROMS, seasonal circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東シナ海陸棚縁辺部における黒潮フロント渦と栄養塩・植物プランクトン動態

Nutrient and phytoplankton dynamics in the continental slope region of the East China Sea associated with the Kuroshio frontal eddy

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、大城 一輝[1]、堤 英輔[2]、武田 重信[3]、石坂 丞二[4]、郭 新宇[1]
*Naoki Yoshie[1], Anri Kabe[1], Kazuki Ohgi[1], Eisuke Tsutsumi[2], Shigenobu Takeda[3], Joji Ishizaka[4], Xinyu Guo[1]

1. 愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2. 九州大学応用力学研究所、3. 長崎大学水産学部、4. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, 2. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 3. Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 4. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

The lower-trophic level ecosystem in the continental slope region of the East China Sea (ECS) during summer generally shows typical subtropical features, i.e., small size pico-phytoplankton such as cyanobacteria dominates in the euphotic layer under the oligotrophic condition due to the stable stratification. It is also known that such stable physical and chemical conditions are often disturbed by the Kuroshio frontal eddy. In this study, we investigated the phytoplankton dynamics associated with the passing of Kuroshio frontal eddies. We conducted comprehensive observations with the high horizontal resolution (7km) around the continental slope region in the ECS in the late-July, 2018. We observed drastic changes in the depth of subsurface chlorophyll maximum (SCM) and nitrate concentrations around the SCM, and micro-phytoplankton such as diatom mainly changed around SCM. We found cyclonic frontal eddies with 15-35 km diameter around the 40-80 m depth near the drastic change of the SCM. These changes were caused by the horizontal advection of nutrient-rich shelf water associated with the passing of the cyclonic frontal eddies.

キーワード：フロント渦、栄養塩、植物プランクトン、東シナ海
Keywords: frontal eddy, nutrient, phytoplankton, East China Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

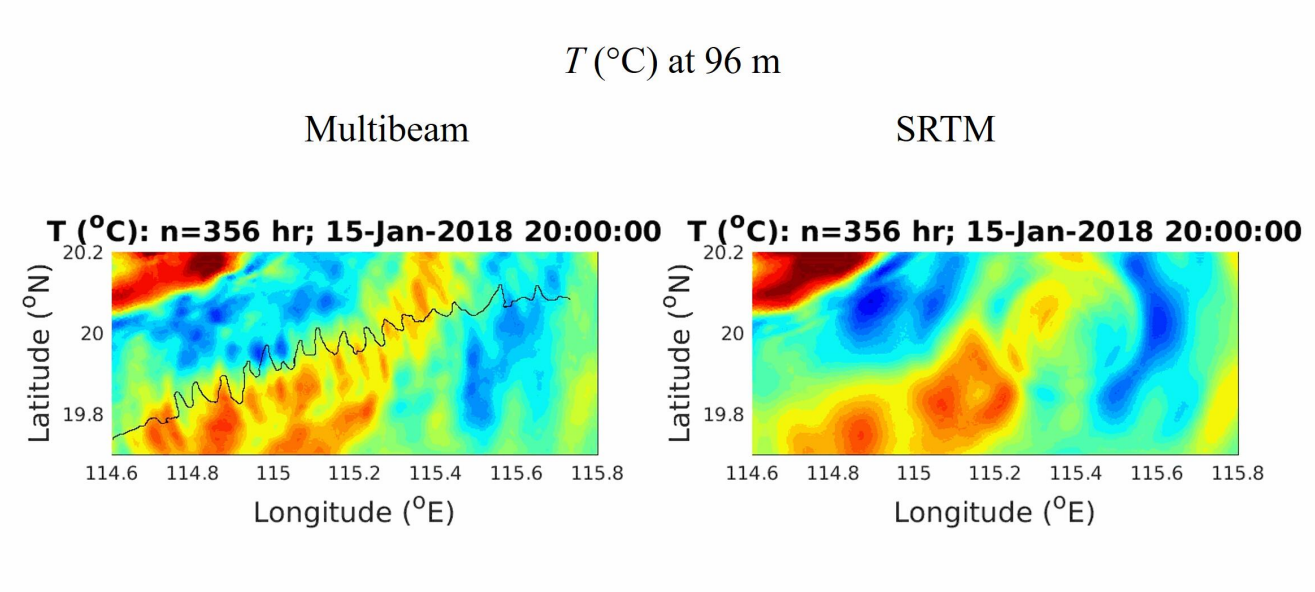
Dissipation and transport due to internal tides generated by multiple submarine canyons

*Qiang Li[1], Xianzhong Mao[1], Ran Liao[1]

1. Tsinghua University

Rough seafloor is a major source to generate internal waves in the ocean. High-resolution multibeam survey reveals detailed seafloor with complicated features, however, some are not shown in commonly used topography datasets, such as Smith and Sandwell (1997). A group of canyons on the continental shelf of the northern South China Sea were recently discovered during a geographic survey. Interaction between barotropic tides and concave-shape canyons generates internal tides, showing complex interference patterns. A linear model, based on normal-mode decomposition, reveals complex beam generation and interaction inside and between the canyons. Then, a very high resolution and three dimensional numerical model is employed to validate the linear model result and estimate local energy dissipation for internal wave generation by a group of canyons. Instead of complicated turbulence models, constant viscosity coefficients are used. Nonlinear interaction or shear instability during internal tide generation and propagation causes local diapycnal mixing, which is one of the key processes to drive material transport in continental shelf. Transport due to internal tides in the canyon region is also calculated and its relationship with local internal tide generation and propagation is discussed.

Keywords: internal waves, canyons, mixing



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度曳航式観測装置を用いた霞ヶ浦における物理構造計測
Measurement of Physical structure in Kasumigaura using high resolution tow-yo instrument

*浅岡 大輝[1]、増永 英治[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3]
*Daiki Asaoka[1], Eiji Masunaga[1], Shunsuke Komuro[2], Shunichi Matsumoto[2], Masahiko Ono[3], Hiroaki Banba[3]

1. 茨城大学、2. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3. 国土交通省
1. Ibaraki University, 2. Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center, 3. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

霞ヶ浦では貧酸素水塊や富栄養化の影響により水質汚濁が発生し，生態系に悪影響をもたらしている．富栄養化や貧酸素水塊の発生の原因を明らかにするには物理構造の理解が不可欠である．そこで本研究では高解像度な観測を可能とするYODA Profiler及び係留系を用い，霞ヶ浦（北浦）の夏季における物理構造を把握し，湖沼内における詳細な物理プロセスを明らかにすることを目的とした．北浦は南北約25 km，東西約4 kmに広がる南北に長い地形を伴う湖であり，夏季には成層が強められ，水温躍層が発達する．湖盆中央における係留系による観測データから水温躍層以浅の薄い混合層が風応力により次第に分厚くなり，その後数時間で消失するという混合状態を計測した．この混合状態の詳細をYODA Profilerで計測した結果，上層の温水が下層の冷水と不安定構造を伴いながら混合すると同時に温水が風下側に移動していた．YODA Profilerから取得したデータから東西方向の物理構造はおおよそWedderburn numberで説明することができた．しかしながら定量的な水温躍層の鉛直変位は，密度構造の複雑さのために密度差を考慮したWedderburn numberで説明することは難しく，単純に風応力で説明できることが分かった．係留観測で取得した鉛直方向の水温時系列変化から表層混合層の厚さの時系列変化を求めた．日平均風速が8 m/s以上の日には表層混合層は湖底に到達し全層混合を引き起こす可能性が高いことが分かった．また南北方向の観測結果から，湖内では数kmスケールの波状の水温分布が形成されていることが分かった．観測された水温構造を3次元水理モデルSUNTANSを用いた数値計算と共に解析した結果，風応力に対する東西方向の水温変化の応答は複雑な湖岸地形に影響を受け，卓越する風向（東西）に対し垂直方向（南北）に帯状の水温構造を形成していた．この帯状の構造は，風下側の湾状地形内では温水が吹き寄せられ収束する傾向にあるため発生したと考えられる．観測された物理構造は，湖内の酸素濃度や植物プランクトン分布に強く影響していることも分かった．

キーワード：水温躍層、混合層、風応力
Keywords: Thermocline, Mixed layer, Wind stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層が発達する浅水湖における混合と傾圧構造に関する研究
Mixing and baroclinic structure in a stratified shallow lake, Lake Kasumigaura, Japan

*増永 英治[1]、浅岡 大輝[1]、小室 俊輔[2]、松本 俊一[2]、小野 正人[3]、番場 泰彰[3]
*Eiji Masunaga[1], Daiki Asaoka[1], Shunsuke Komuro[2], Shunichi Matsumoto[2], Masahiko Ono[3], Hiroaki Banba[3]

1. 茨城大学、2. 茨城県霞ヶ浦環境科学センター、3. 国土交通省
1. Ibaraki University, 2. Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center, 3. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

This study presents mixing and baroclinic structure associated with hypoxia in a shallow lake, Lake Kasumigaura, using field observations and numerical simulations. Hypoxia in stratified lakes is one of the pressing issues for maintaining water environment and ecosystems. Mooring observations show that hypoxia events occur when the stratification is enhanced by the surface heat flux. The stratification (N^2) is controlled by the ratio between the surface wind stress and surface heat (buoyanvy) flux. The strength of the stratification/mixing can be simply explained by the Monin-Obukov length scale, L_{MO}. N^2 is linearly related with L_{MO} in a log scale with a correlation coefficient of approximately 0.7. According to the heat budget analysis, the bottom sediment heat flux toward the bottom significantly contribute to the heat content as well as the surface heat flux. The heat flux toward the bottom is roughly an order of 100 W m^{-2} during the summer season, which suppresses mixing near the bottom. The internal wave-like baroclinic structure was observed by high resolution survey using the YODA Profiler. Baroclinic motions are enhanced by the surface wind stress, and they transport the hypoxic water, suspended sediments and phytoplanktons. In addition to field surveys, three-dimensional simulations were conducted with SUNTANS to further investigate physical processes in the lake. Numerical results well agree to observational results and show that baroclinic motions influence in the whole of the lake basin. The wind-induced baroclinic energy is generated in the middle of the lake basin and propagate to the onshore. This study suggests that mixing and baroclinic motions due to buoyancy and wind effects play an important role in the oxygen distribution in Lake Kasumigaura.

キーワード：混合、貧酸素水塊、内部波
Keywords: Mixing, Hypoxia, Internal waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 301A 3F

[A-OS14] 沿岸域における混合，渦，内部波に関わる諸現象

コンビーナ:増永 英治(Ibaraki University)、永井 平(東京大学理学系研究科)、堤 英輔(東京大学大気海洋研究所)、座長:増永 英治、永井 平

近年の観測や数値計算技術を用いた研究により沿岸海域における諸現象の詳細が明らかとなりつつある．これらの沿岸海域で発生する現象は，地球規模の海洋・大気循環や生態系にとって非常に重要であると考えられている．本セッションは沿岸・縁辺海域，河口域や湖沼における混合，渦，非線形内部波等の研究発表を集め議論を行う．その他，沿岸海域の物理現象と大スケールの外洋における黒潮や海洋循環を関連づける研究発表も本セッションの議論の対象とする．

15:30 ~ 15:45

[AOS14-07] 豊後水道における乱流混合と鉛直硝酸塩フラックス

*堤 英輔[1]、吉江 直樹[2]、眞野 能[3]、神田 泰成[3]、藤井 直紀[4]、郭 新宇[2] (1.九州大学　応用力学研究所、2.愛媛大学　沿岸環境科学研究センター、3.愛媛大学大学院　理工学研究科、4.佐賀大学　農学部)

15:45 ~ 16:00

[AOS14-08] Numerical Analysis of Submerged Turbulent Buoyant Jet in River Mouth

*Yen-Chen Mou[1]、Gene You[1]、Chih-Chieh Young[2] (1.National Taiwan University、2.National Taiwan Ocean University)

16:00 ~ 16:15

[AOS14-09] 多段ネスト ROMS モデルに基づいた STEAMER におけるダウンスケーリング機能の実装

*上平 雄基[1]、川村 英之[1]、小林 卓也[1]、内山 雄介[2] (1.日本原子力研究開発機構、2.神戸大学)

16:15 ~ 16:30

[AOS14-10] Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送・拡散の評価

*木村 和久[1]、増永 英治[1]、小硲 大地[2]、内山 雄介[3] (1.茨城大学、2.港湾空港技術研究所、3.神戸大学)

16:30 ~ 16:45

[AOS14-11] 黒潮続流ジェットから放出される切離中規模渦の挙動と力学的効果について

*内山 雄介[1]、岡田 信瑛[1]、Changming Dong[2] (1.神戸大学大学院工学研究科、2.Nanjing University of Information Science & Technology)

16:45 ~ 17:00

Discussion

豊後水道における乱流混合と鉛直硝酸塩フラックス
Turbulent mixing and vertical nitrate flux in the Bungo Channel, Japan

*堤 英輔[1]、吉江 直樹[2]、眞野 能[3]、神田 泰成[3]、藤井 直紀[4]、郭 新宇[2]
*TSUTSUMI EISUKE[1], Naoki Yoshie[2], Takashi Mano[3], Kanda Taisei[3], Naoki Fujii[4], Xinyu Guo[2]

1. 九州大学　応用力学研究所、2. 愛媛大学　沿岸環境科学研究センター、3. 愛媛大学大学院　理工学研究科、4. 佐賀大学　農学部
1. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 2. Center for Marine Environmental Studies, Ehime Univeristy, 3. Graduate School for Science and Engineering, Ehime University, 4. Faculty of Agriculture, Saga Univerisity

Turbulent mixing plays a key role in primary production in coastal seas through supplying nutrients to the euphotic zone from deeper layers and to the ocean from rivers. Understanding of turbulent dynamics in coastal seas is therefore essential for prediction, conservation and management of coastal ecosystems. Here, we studied turbulent mixing and the associated vertical nitrate transport in a tidally-energetic channel between the Kuroshio region and the Seto Inland Sea (Bungo Channel, Japan). Takeoka [1993] hypothesized that strong vertical mixing and the associated secondary circulation in the channel maintains primary production through supplying large amount of nutrients coming from the Kuroshio region. We conducted simultaneous measurements of turbulence and nitrate concentration along a section in the Bungo Channel using a microstructure turbulence profiler (TurboMAP-5, JFE Advantech) and optical nitrate sensor (SUNA-V2, Sea-Bird Scientific) on 27 August, 2017. We found nitrate-rich cold waters in the bottom of the southern part of the section, which coincide with a typical bottom intrusion from the Kuroshio region. Largest vertical eddy diffusivity of O(10^{-2}) m^2 s^{-1} and the associated upward nitrate flux of O(10) mmol m^{-2} day^{-1} were obtained at 20-30 m depth south of deep and narrow strait (Hoyo Strait). Also, subsurface maximum in chlorophyll fluorescence is observed just above the strong turbulence layer, possibly suggesting phytoplankton blooms in response to the high turbulent nitrate flux. The strong vertical turbulent diffusion was associated with density overturns and elevated vertical shear, indicating internal wave breaking. We hypothesis that internal tides generated in the Hoyo Strait is one of the key processes in enhancement of turbulent mixing and nutrient transport in the Bungo Channel.

キーワード：乱流混合、鉛直硝酸塩フラックス、内部潮汐
Keywords: turbulent mixing, vertical nitrate flux, internal tides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical Analysis of Submerged Turbulent Buoyant Jet in River Mouth

*Yen-Chen Mou[1], Gene You[1], Chih-Chieh Young[2]

1. National Taiwan University, 2. National Taiwan Ocean University

The purpose of this study is to investigate the characteristics of submerged turbulent buoyant jet in river mouth by simulating basic fluid mechanisms. The numerical model composes two-dimensional continuity equation, momentum equation, and advective diffusion equation. Since our model is building on basic fluid mechanics formulas, we can test the movement of buoyant jet in the river mouth depends on different parameters, such as environmental and geometrical factors. One of our focuses will be how the phenomena be influenced by inflow hydrograph and sediment concentration, as well as real events and analyze their effect submerged turbulent buoyant jet motion pattern.

Our model will be applied to simulated several characteristic behaviors that are consistent with prior knowledge, including: (1) the inflow concentration is higher at the fixed inflow rate and calculation time, the formed buoyant jet has a large influence range and higher concentration; (2) when the inflow rate is high in a fixed flow concentration and calculation time, the generated buoyant jet has a large influence range and that shape more bulging. Moreover, we will adjust the downstream boundary conditions. When the downstream water level is high, the range and the duration time of the buoyant jet are great. As expected, the concentration of the same location is also higher than other situation that has a lower downstream water level. So far, this model will progress to the extent that it can capture the overall trend of buoyant jet movements, and this simulation is based only on the physical mechanism of the sand-containing fluid itself.

Keywords: Submerged Turbulent Buoyant Jet, River Mouth, Numerical Analysis, Finite-Difference Methods, Buoyancy, Plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多段ネスト ROMS モテ゛ルに基つ゛いた STEAMER におけるタ゛ウンスケーリンク゛機能の実装

Implementing regional downscaling capability in the STEAMER radionuclide dispersion prediction system based on multi-nested ROMS model

*上平 雄基[1]、川村 英之[1]、小林 卓也[1]、内山 雄介[2]
*Kamidaira Yuki[1], Hideyuki Kawamura[1], Takuya Kobayashi[1], Yusuke Uchiyama[2]

1. 日本原子力研究開発機構、2. 神戸大学
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Kobe University

Oceanic regional downscaling capability was implemented into Short-Term Emergency Assessment system of Marine Environmental Radioactivity (STEAMER) developed by Japan Atomic Energy Agency (JAEA) to enable us to predict more realistically the oceanic dispersion of radionuclides at higher spatiotemporal resolutions for broader applications. The system consisted of double-nested Regional Ocean Modeling System (ROMS) with tidal forcing embedded in the Multivariate Ocean Variational Estimation system for the Western North Pacific (MOVE-WNP), assimilative reanalysis/forecast product and an oceanic radionuclide dispersion model SEA-GEARN developed by JAEA. Surface wind stress was provided by the Grid Point Value of the Global Spectral Model (GPV-GSM) atmospheric reanalysis/forecast while surface heat and freshwater fluxes are from the Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (COADS) monthly climatology. Ten principal tidal constituents from the TPXO 7.0 global tidal reanalysis were additionally imposed on the sea surface height as boundary condition along the perimeter to include barotropic tides and the resultant intrinsic baroclinic tides. The horizontal grid spacing was decreased from ~10 km in the outermost MOVE-WNP, to 3 km in the intermediate ROMS-L1 model, and further down to 1 km in the innermost ROMS-L2 model. The model results showed reasonable agreement with tidal observations. The system was used to comparatively examine downscaling and tidal effects on the dispersion of radionuclides hypothetically released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. The simulated dissolved ^{137}Cs distribution had seasonal variability and was different from that obtained using coarser-resolution models because downscaling enhanced both horizontal and vertical mixing. Temporal ^{137}Cs fluctuations were slightly amplified as a result of the suppression of horizontal mixing and enhancement of vertical mixing by tides. In addition, the submesoscale effects strengthened the three-dimensional ^{137}Cs fluctuations by <10 times, while the tidal effects promoted slightly increased the intensity of three-dimensional ^{137}Cs fluctuations by approximately 3-30%. This indicated that the submesoscale effects substantially surpassed tidal forcing in oceanic mixing in the coastal margin off Fukushima.

キーワード：領域海洋モデリングシステム、放射性物質拡散モデル
Keywords: ROMS, radionuclide dispersion model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Lagrange粒子追跡モデルを用いた伊豆諸島周辺海域の物質輸送・拡散の評価

Transport processes around the Izu-chain islands investigated with a Lagrangian particle tracking model

*木村 和久[1]、増永 英治[1]、小俗 大地[2]、内山 雄介[3]
*Waku Kimura[1], Eiji Masunaga[1], Taichi Kosako[2], Yusuke Uchiyama[3]

1. 茨城大学、2. 港湾空港技術研究所、3. 神戸大学
1. Ibaraki University, 2. Port and Airport Research Institute, 3. Kobe University

伊豆諸島周辺海域は，黒潮や渦，潮汐が複合的に影響する海域の一つである．伊豆諸島周辺海域において詳細な物質輸送や拡散についての知見は乏しいが，北太平洋全体の海洋環境や生態系を解明する上では重要と言える．そこで本研究では，領域海洋循環モデルROMSを用いた伊豆諸島周辺海域の流動再解析値に対してLagrange粒子追跡計算を実施し，黒潮や渦，潮汐が複合的に影響する海域における物質輸送および拡散の評価を行った．粒子は伊豆諸島周辺，黒潮流軸周辺，黒潮流軸南方の計3海域にリリースした．解析の結果，海域によって粒子の軌跡は大きく異なることがわかった．さらに，伊豆諸島周辺海域にリリースした粒子は30日後に60%以上の粒子が領域外へと輸送された．一方，黒潮流軸周辺および黒潮流軸南方にリリースした粒子は30日後に90%以上の粒子が領域外へと輸送された．潮汐の有無による対象領域の相対渦度を比較すると，潮汐を考慮することでサブメソスケールの渦度が上昇した．潮汐による物質拡散への影響を比較した結果，2日間スケールでは潮汐が物質の拡散に大きく寄与していたが，5日間以上の長い時間スケールでは潮汐が大きなスケールの移流の効果を抑制し，物質の輸送を抑制させていた．粒子の移動速度の周波数スペクトルは，半日周期にピークを示し，高い周波数では潮汐を考慮したモデルの方が高く，低い周波数では潮汐を考慮していないモデルの方が高い値を示した．このことから，潮汐はサブメソスケール渦などの高周波数の運動を促進させ，長い時間スケールの大きな渦運動を抑制させている可能性があることが明らかとなった．本研究より潮汐により発生する流れと黒潮由来のサブメソスケール渦が干渉し，伊豆諸島周辺海域の物質輸送に大きく関わっていることが明らかとなった．

キーワード：潮汐、Lagrange粒子追跡モデル、黒潮
Keywords: Tide, Lagrangian particle tracking model, Kuroshio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒潮続流ジェットから放出される切離中規模渦の挙動と力学的効果について

Fates and dynamical roles of pinch-off mesoscale eddies originated from the Kuroshio Extension Jet

*内山 雄介[1]、岡田 信瑛[1]、Changming Dong[2]
*Yusuke Uchiyama[1], Nobue Okada[1], Changming Dong[2]

1. 神戸大学大学院工学研究科、2. Nanjing University of Information Science & Technology
1. Graduate School of Engineering, Kobe University, 2. Nanjing University of Information Science & Technology

Mesoscale eddies are ubiquitous in the world ocean that frequently collide with currents, leading to substantial alteration of the associated dynamics. For instance, the Kuroshio plays a major role in preconditioning the coastal environment around Japan through poleward heat and material transport from the subtropics, while its path is known to meander occasionally by eddy collisions. Pinch-off mesoscale eddies that detach intermittently from the Kuroshio tend to travel westward as Rossby waves and have been found to collide with the Kuroshio again to alter oceanic and coastal environment through alteration of the Kuroshio path.

For realization of such processes, we applied the eddy detection algorithm used in Liu et al. (2012) to ARMOR3D. The ARMOR3D dataset is a 3D global currents and density data set that is reconstructed from a combination of extensive satellite data and in situ observations based on the geostrophic thermal wind relation and statistical methods as described in Guinehut et al. (2012). By conducting several sensitivity tests, we introduced constraints on vorticity magnitude of detected mesoscale eddies and their relative positions to the Kuroshio path to determine pinch-off eddies near the Kuroshio Extension (KE) region. It was found that the constraint on vorticity magnitude of the detected individual eddies greater than 0.15f, where f is the local Coriolis frequency, throughout eddy lifetime is significant to successfully isolate pinch-off eddies.

With this constraint, we discovered that most of the detected pinch-off eddies are cyclonic on the south side of the KE region, while anticyclonic eddies are predominant on the north side. The former occurred 2.5–3 times as often as the latter, although in the entire North Pacific, cyclonic eddies occurred only 12.1% more frequently than anticyclonic eddies. Hence, it is considered that this cyclone dominance in the pinch-off eddies from the Kuroshio is a unique feature. We also succeeded to determine pinch-off eddies that collide again with the Kuroshio by introducing another constraint, which is the threshold distance between the Kuroshio path and terminal positions of pinch-off eddies traveled westward. In several selected cases with these constraints, comparisons of the surface temperature and salinity before and after the eddy collisions clearly exhibit that the alteration of the Kuroshio path due to eddy collisions is quite influential in modifying the oceanic structures. It was also found that the pinch-off eddies occasionally interact with other mesoscale eddies to modify the upper-ocean structure pronouncedly.

The Kuroshio path in the KE region is known to vary on annual to decadal time scales, where it was rather stable for 1993-1995 and 2002-2005, whereas largely meandered unstably for 1996–2001 and 2006–2009. During the first unstable periods, the number of cyclonic pinch-off eddies were significantly increased in the area between 144°E and 150°E for 1996–2001. However, no significant increase was observed during the other unstable period for 2006–2009. More than 70% of the pinch-off eddies that

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

collided with the Kuroshio appeared during the unstable periods, suggesting that the stability of the Kuroshio path in the KE region is a key influencer on vigorous generation of such colliding pinch-off eddies.

キーワード：切離中規模渦、黒潮、渦追跡法、ARMOR3D
Keywords: pinch-off mesoscale eddy, Kuroshio, eddy tracking algorithm, ARMOR3D

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:永井 裕人(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

雪氷圏は地球の基本的構成要素である。氷河・氷床、積雪・降雪、凍土、海氷、淡水氷など、水が雪や氷として存在する環境であり、大気や海洋、生態系などと相互作用しながら地球環境に重要な役割を担っている。本セッションでは、雪や氷に関する物理・化学的特性や、雪氷圏の変動・ダイナミックス、地球における役割、また惑星における雪氷を含め、研究手法を問わず、研究成果を広範に扱うことを目的とする。

9:00 ~ 9:15

[ACC27-01] GCOM-C/SGLI雪氷圏標準プロダクトの初期検証結果

★招待講演

*島田 利元[1]、堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,3]、谷川 朋範[2]、的場 澄人[4]、庭野 匡思[2]、Stamnes Knut[5]、Li Wei[5]、Chen Nan[5] (1.宇宙航空研究開発機構、2.気象研究所、3.岡山大学、4.北海道大学低温科学研究所、5.スティーブンス工科大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC27-02] GCOM-C/SGLI観測データから抽出される雪氷プロダクト概要と1年目の観測結果

★招待講演

*堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,4]、Knut Stamnes[3]、Wei Li[3]、Nan Chen[3]、島田 利元[1]、谷川 朋範[4]、庭野 匡思[4] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.岡山大学、3.Stevens Institute of Technology、4.気象研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACC27-03] PALSAR-2後方散乱強度変化と積雪深との関係

*永井 裕人[1]、山口 悟[2]、山下 克也[2]、鹿島 真弓[3] (1.早稲田大学　教育学部、2.防災科学技術研究所、3.ESRIジャパン株式会社)

9:45 ~ 10:00

[ACC27-04] ネパール，ランタン・リルン峰における懸垂氷河の崩落の特徴

渡部 帆南[2]、*奈良間 千之[1]、森 義孝[2]、河島 克久[3] (1.新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2.新潟大学大学院自然環境科学研究科、3.新潟大学災害・復興科学研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC27-05] ネパール・ヒマラヤ トラカルディン氷河における氷壁の分布特性

*佐藤 洋太[1]、藤田 耕史[1]、井上 公[2]、砂子 宗次朗[1]、坂井 亜規子[1]、對馬 あかね[1]、Podolskiy Evgeny[3,4]、Berthier Etienne[5]、Kayastha Rijan[6] (1.名古屋大学環境学研究科、2.防災科学技術研究所、3.北海道大学 北極行研究センター、4.北海道大学 国際連携研究教育局 Global Station for Arctic Research、5.フランス国立科学研究センター、6.カトマンズ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC27-06] Quantify the range of projections of future changes in glacier mass caused by differences among observed past climate datasets

*渡辺 恵[1]、柳川 亜季[2]、平林 由希子[3]、渡部 哲史[4]、鼎 信次郎[1] (1.東京工業大学情報理工学研究科、2.明星大学理工学部総合理工学科、3.芝浦工業大学 土木工学科、4.東京大学大学院工学系研究科)

GCOM-C/SGLI雪氷圏標準プロダクトの初期検証結果
The early validation results of the GCOM-C/SGLI cryosphere standard product

*島田 利元[1]、堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,3]、谷川 朋範[2]、的場 澄人[4]、庭野 匡思[2]、Stamnes Knut[5]、Li Wei[5]、Chen Nan[5]
*Rigen Shimada[1], Masahiro Hori[1], Teruo Aoki[2,3], Tomonori Tanikawa[2], Sumito Matoba[4], Masashi Niwano[2], Knut Stamnes[5], Wei Li[5], Nan Chen[5]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 気象研究所、3. 岡山大学、4. 北海道大学低温科学研究所、5. スティーブンス工科大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Meteorological Research Institute, 3. Okayama University, 4. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 5. Stevens Institute of Technology

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) polar-orbit satellite, Global Change Observation Mission for Climate (GCOM-C) has been launched on 23 December 2017. The Second-generation Global Imager (SGLI) which is carried on GCOM-C observes various geophysical variables in the Atmosphere, Ocean, Land and Cryosphere for long-term monitoring of earth environment using multi wavelength, high resolution and multi angles. When focusing on the cryosphere: snow, sea-ice, glacier and ice sheet, their high albedo affect the cooling mechanism of the radiative balance. The GCOM-C/SGLI regularly creates cryosphere standard products including C1: snow, ice and cloud classification product and C2: snow grain size and snow surface temperature product. We validated these products by comparison with other satellite products and in-situ observation data. C1 product was validated by comparing other similar satellite product (e.g. Terra/MODIS) focusing on the snow and ice extent. C2 product was validated by match-up comparison with in-situ data and satellite retrieval results. Snow grain size of shallow layer was measured at the in-situ observation carried out at the East GRIP site on the North-eastern Greenland Ice Sheet in July 2018. Snow and ice surface temperature was derived from automatic weather station (AWS). From these validation results, all standard product was achieved the release threshold and JAXA decided to release the GCOM-C/SGLI product. In the presentation, some examples and case study of the GCOM-C/SGLI observation results will be shown.

キーワード：GCOM-C/SGLI、衛星観測、積雪粒径
Keywords: GCOM-C/SGLI, remote sensing, snow grain size

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLI観測データから抽出される雪氷プロダクト概要と1年目の観測結果

Overview of the cryospheric variables derived from GCOM-C/SGLI observations: The first-year results

*堀 雅裕[1]、青木 輝夫[2,4]、Knut Stamnes[3]、Wei Li[3]、Nan Chen[3]、島田 利元[1]、谷川 朋範[4]、庭野 匡思[4]
*Masahiro Hori[1], Teruo Aoki[2,4], Knut Stamnes[3], Wei Li[3], Nan Chen[3], Rigen Shimada[1], Tomonori Tanikawa[4], Masashi Niwano[4]

1. 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2. 岡山大学、3. Stevens Institute of Technology、4. 気象研究所
1. Earth Observation Reseacrh Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Okayama University, 3. Stevens Institute of Technology, 4. Meteorological Research Institute

The “Global Change Observation Mission-Climate” (GCOM-C) is an Earth observing satellite of Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) for the global observation of the Earth environment. GCOM-C carries a multi-spectral optical radiometer named Second Generation Global Imager (SGLI), which has special features of wide spectral coverage from 380 nm to 12 μm, a high spatial resolution of 250 m, a field of view exceeding 1000 km, two-direction simultaneous observation, and polarization observation. The GCOM-C satellite was successfully launched from the Tanegashima Space Center in Japan on December 23, 2017 and SGLI started the Earth observations on January 1st, 2018. From the SGLI observations snow-related variables such as snow and ice cover extent, snow grain size, and snow surface temperature are being retrieved and the products of those variables have been released to the public from the JAXA’s satellite data providing service “G-Portal” (https://gportal.jaxa.jp/gpr/index/index) since December 20th 2018. These snow physical variables are important for determining spectral albedo and radiation budget at the snow surface. In this presentation, the first-year results of SGLI snow observations are presented as well as the introduction of the SGLI products with the special attention to the thermal infrared observations at 250-m spatial resolution.

キーワード：GCOM-C、SGLI、積雪、積雪粒径、表面温度、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SGLI, Snow Cover, Snow Grain Size, Surface Temperature, Remote Sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PALSAR-2後方散乱強度変化と積雪深との関係
Relationships between PASAR-2 backscatter amplitude changes and snow depths

*永井 裕人[1]、山口 悟[2]、山下 克也[2]、鹿島 真弓[3]
*Hiroto Nagai[1], Satoru Yamaguchi[2], Katsuya Yamashita[2], Mayumi Kashima[3]

1. 早稲田大学　教育学部、2. 防災科学技術研究所、3. ESRIジャパン株式会社
1. Waseda University, School of Education, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Esri Japan Corporation

地方自治体にとって豪雪は非常に大きな経済的負担を与えている。新潟県管理道路の除雪費は年間100億円に迫るなど、除雪車の運用は多額の税金が投入されるが、その運用計画（ルート選択や運用回数）には作業領域全体の積雪の空間分布が客観的に反映されていない。しかも年によって降雪の頻度や量が変わるため、同じ計画を毎年実施することは合理的でない。

このような豪雪地域の社会課題の解決には積雪深空間分布の把握が重要である。従来の衛星搭載の合成開口レーダー（SAR）による積雪量推定はC-バンドを用いたものが多く、波長が短いことにより、液体水分を含む積雪層への適応が大きなハードルとなっていた(Bernier et al., 1999; Li et al., 2017; Rignot et al., 2001; Shi et al., 1993; Shi and Dozier, 1995)。しかしL-バンドSARでは、積雪深と後方散乱強度の相関関係について、乾雪と想定される夜観測で負相関（雪が深いほど反射強度が小さくなる）であったものが、湿雪と確認された昼観測で正相関になることが示された(Nagai et al., 2018a, 2018b)。

積雪にマイクロ波を放射した場合に後方散乱として受信する反射波は（１）露出面での表面散乱、（２）地面での表面散乱、（３）積雪層内における体積散乱の3通りに分類できる (Li et al., 2017)。さらに乾雪・湿雪によってマイクロ波の振る舞いは大きく異なる。浅い乾雪（水当量20 cm以下）はマイクロ波を良く透過するために体積散乱が非常に小さく、地面表面での反射が支配的である(Bernier and Fortin, 1998)。積雪が液体の水分を含むと、積雪粒子と水の誘電率の違いによって、後方散乱が著しく減少する(Shi et al., 1993; Shi and Dozier, 1995)。

本研究では「だいち2号」搭載LバンドSARであるPALSAR-2について、積雪深推定に適した画像処理アルゴリズムの検討を実施した。まず、液体水分の影響を最小限に抑えるために夜間観測のデータを使用した。無雪期として2015/11/22, 2016/11/20, 積雪期として2018/01/28観測のデータを取得し、後方散乱強度（dB）変換し、0, 5, 10, 15...55画素の移動平均フィルタをそれぞれに実施した。11月平均画像と2016/11/20単シーンに対する積雪期画像の強度差分を求め、新潟大学が取りまとめる準リアルタイム積雪分布監視システム観測点(Iyobe and Kawashima, 2016)の地上計測値と統計値を比較した。

その結果、10画素以上の移動平均フィルタでは、全ての場合において、r<-0.3, p<0.1%の負の相関関係を示し、フィルタの画素数を増加させるほど、相関係数は低下した。11月平均画像を単シーン画像では有意な差は生じなかった。強度差分と実測値との一次近似について、10画素以上の移動平均フィルタでは傾きはほぼ一定であった。

このように厳冬期夜間のデータを用いることにより、高い負の相関を以てSARから積雪深を推定できる可能性が示された。より良い相関係数の積雪深マップを作成するためには移動平均フィルタを強く施す必要があるが、それに応じて粗く滑らかな見た目の積雪深マップになるため、用途に応じてフィルタを考慮する必要があるといえる。

本発表ではこの他にも、他の季節を基準とした場合や、積雪内水分が多いと推定される融雪期昼観測についても、統計的解析を示し、SARを用いた積雪深推定手法についての議論を深める。

（引用文献）

Bernier, M., Fortin, J.-P., 1998. The potential of times series of C-Band SAR data to monitor dry and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

shallow snow cover. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 36, 226–243.

Bernier, M., Fortin, J.P., Gauthier, Y., Gauthier, R., Roy, R., Vincent, P., 1999. Determination of Snow Water Equivalent using RADARSAT SAR data in eastern Canada. Hydrol. Process. 13, 3041–3051.

Li, H., Wang, Z., He, G., Man, W., 2017. Estimating snow depth and snow water equivalence using repeat-pass interferometric SAR in the northern piedmont region of the Tianshan Mountains. J. Sensors 2017.

Rignot, E., Echelmeyer, K., Krabill, W., 2001. Penetration depth of interferometric synthetic-aperture radar signals in snow and ice. Geophys. Res. Lett. 28, 3501–3504.

Shi, J., Dozier, J., 1995. Inferring snow wetness using C-band data from SIR-C’ s polarimetric synthetic aperture radar. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 33, 905–914.

Shi, J., Dozier, J., Rott, H., 1993. Deriving snow liquid water content using C-band polarimetric SAR. Proc. IGARSS’ 93 - IEEE Int. Geosci. Remote Sens. Symp. 1038–1041.

Nagai, H., Watanabe, T., Tadono, T., Motohka, T., 2018a. Development of snow-depth map using ALOS-2. JpGU 2018 ACC28-04.

Nagai, H., Watanabe, T., Tadono, T., Motohka, T., 2018b. Feasibility assessment of SAR-derived snow-depth map for Japanese wet snow conditions. AGU2018 NH31D–1196.

Iyobe, T., Kawashima, K., 2016. Development of a quasi-real-time monitoring system for snow depth distribution in Japan. JSSI JSSE Jt. Conf. Nagoya 119.

キーワード：合成開口レーダ、積雪、後方散乱強度
Keywords: SAR, snowpack, backscatter amplitude

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ネパール，ランタン・リルン峰における懸垂氷河の崩落の特徴
Breaking-off of hanging glaciers at Mt. Langtang-Lirung in Nepal

渡部 帆南[2]、*奈良間 千之[1]、森 義孝[2]、河島 克久[3]
Honami Watanabe[2], *Chiyuki Narama[1], Yoshitaka Mori[2], Katsuhisa Kawashima[3]

1. 新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム、2. 新潟大学大学院自然環境科学研究科、3. 新潟大学災害・復興科学研究所
1. Niigata University, Program of Field Research in the Environmental Sciences, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Research Institute for Natural Hazards & Disaster Recovery, Niigata University

ネパールの首都カトマンズから北西に位置するゴルカ郡において，2015年4月25日にM7.8，同年5月12日にカトマンズから北東80kmでM7.3の2回の大規模な地震が発生した．100回ほどの余震を含めたこの一連の地震により，ヒマラヤ高山の雪氷域では雪崩，氷河崩落，雪氷土砂崩落，地すべりを含む土砂崩落など多数の斜面崩壊が生じた．カトマンズの北に位置するランタン谷では，地震により生じた2度の雪氷土砂崩落により「雪氷岩屑なだれ」が生じ，ランタン村は多量の雪氷土砂堆積物に覆われ（1回目：$6.81\times10^6 m^3$，2回目：$0.84\times10^6 m^3$），350名を超える犠牲者がでた（Kargel et al., 2015; Fujita et al., 2016）．雪氷岩屑なだれのトリガーは，山腹斜面上部にある懸垂氷河の崩落や冬季の大量の積雪による雪崩だと考えられている（Fujita et al., 2016; Lacroix, 2016）．そこで本研究では，ランタン村を襲ったランタン・リルン峰とランタン・リルンII峰の岩壁にある懸垂氷河を対象に，地震前の衛星画像（GoogleEarthの2015年1月）と，地震後のヘリコプターからの空撮画像（2015年10月，2018年11月）を用いて，地震時の懸垂氷河の崩落と，その後の平常時の崩落の特徴とその違いを調べた．

ヘリコプターからデジタル一眼レフカメラで1秒間隔の連続撮影を用い，ランタン・リルン峰の懸垂氷河とランタン谷底の雪氷土砂堆積物を撮影した．空撮は，2015年10月27日，2017年4月18日，10月8日, 2018年11月3日に実施したが，2017年4月と10月の2回の空撮は天候が悪く，ランタン村を覆った雪氷土砂堆積物の地形のみの撮影である．ヘリから取得した空撮画像は，SfM（structure from motion）ソフトを用いて，GoogleEarthとWorldView-2の地形表層モデル（DSM）からの地上基準点でオルソ画像と地形表層モデル（DSM）を作成した．全域の地震前後の画像データ（2015年1月21日と2015年10月27日）を比較したところ，25箇所で崩落が確認され，高度6000～7100mに分布し，崩落箇所の斜度は45～64˚であった．崩落した地形場は，懸垂氷河の末端部だけでなく，氷河中央部～上部の凸部でも確認された．地震後の2015年10月27日と2018年11月3日のDSMを比較したところ，57箇所で崩落が確認され，高度5600-7100mに分布し，崩落の発生域は斜度43～76˚であった．

キーワード：懸垂氷河、崩落、ランタン・リルン峰、ゴルカ地震
Keywords: hanging glacier, breaking-off, Mt. Langtang-Lirung, Gurkha earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ネパール・ヒマラヤ トラカルディン氷河における氷壁の分布特性
Spatial distribution of ice cliff in the Trakarding glacier, Nepal Himalaya

*佐藤 洋太[1]、藤田 耕史[1]、井上 公[2]、砂子 宗次朗[1]、坂井 亜規子[1]、對馬 あかね[1]、Podolskiy Evgeny[3,4]、Berthier Etienne[5]、Kayastha Rijan[6]
*Yota Sato[1], Koji Fujita[1], Hiroshi Inoue[2], Sojiro Sunako[1], Akiko Sakai[1], Akane Tsushima[1], Evgeny Podolskiy[3,4], Etienne Berthier[5], Rijan Kayastha[6]

1. 名古屋大学環境学研究科、2. 防災科学技術研究所、3. 北海道大学 北極行研究センター、4. 北海道大学 国際連携研究教育局 Global Station for Arctic Research、5. フランス国立科学研究センター、6. カトマンズ大学
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Arctic Research Center, Hokkaido University, 4. Global Station for Arctic Research, Global Institution for Collaborative Research and Education, Hokkaido University, 5. Centre National de la Recherche Scientifique, 6. School of Science, Kathmandu University

Glaciers in High Mountain Asia are valuable indicator of climate change, and its melt water have an important role for the regional water resources (e.g. Immerzeel et al., 2010). We thus need to estimate Himalayan glacier melting amount. However, the lower part of large Himalayan glaciers is generally covered with debris mantle, which makes the melting process complicated. Several previous works pointed out a role of ice cliffs that promote local enhancement of the ice melting (e.g. Brun et al., 2018). In previous studies, digital elevation models (DEMs) based on satellite imageries have been analyzed to estimate glacier mass change. However, it is difficult to extract ice cliffs due to their low resolution. Recently, Structure from Motion (SfM), image analysis technology, has been dramatically developed. This method enables to obtain high resolution glacial terrain data and identify the small features on glacier surface such as ice cliffs.
In this study, we generated high resolution DEMs and orthomosaic images from aerial photographs taken at three different times at the Trakarding glacier, Rolwaling region, Nepal Himalaya in order to evaluate area and aspect of ice cliffs, and analyzed the relation between cliff distribution and glacier surface elevation change. We carried out field observations and conducted aerial photogrammetry by fixed wing UAV in 2017 and helicopter in 2018 at the entire debris-covered area (3.1 km^2). We also analyzed photographs taken in 2007, and then created high resolution (0.2~2.0 m/pix) DEMs and orthomosaic images, from which about 500 ice cliffs were extracted.
DEMs shows that the surface elevation of the Trakarding Glacier declined between 2007 and 2017 by -1.65 m w.e. yr^{-1} while it lifted up between 2017 and 2018 by +1.25 m w.e. yr^{-1}. We find that the surface elevation changes are spatially heterogeneous. The more significant surface lowering happens, the higher cliff density is observed, suggesting that the ice cliff locally enhances glacier melting. In addition, the ice cliff length density was 7.9×10^{-3} m m^{-2} in 2017, which remarks the highest density comparing to a previous study in the Khumbu region (Watson et al., 2017). Further, we find significant correlation between ice cliff length and its slope area, which means that it is possible to estimate the slope area of cliff from the cliff length, which can be obtained from satellite images.

Reference
Immerzeel et al., 2010 : Climate change will affect the Asian water towers. Science., 328, 1382-1385.
Brun et al., 2018 : Ice cliff contribution to the tongue-wide ablation of Changri Nup Glacier, Nepal, central

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Himalaya. The Cryosphere., 12, 3439-3457.
Watson et al., 2017 : Ice cliff dynamics in the Everest region of the central Himalaya. Geomorphology., 278, 238-251.

キーワード：氷河、ヒマラヤ、UAV、SfM、リモートセンシング
Keywords: Glacier, Himalaya, UAV, SfM, Remote Sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Quantify the range of projections of future changes in glacier mass caused by differences among observed past climate datasets

*渡辺 恵[1]、柳川 亜季[2]、平林 由希子[3]、渡部 哲史[4]、鼎 信次郎[1]
*Megumi Watanabe[1], Aki Yanagawa[2], Yukiko Hirabayashi[3], Satoshi Watanabe[4], Shinjiro Kanae[1]

1. 東京工業大学情報理工学研究科、2. 明星大学理工学部総合理工学科、3. 芝浦工業大学 土木工学科、4. 東京大学大学院工学系研究科
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Meisei University, 3. Shibaura Institute of Technology, 4. The University of Tokyo

Observed climate data used as input in glacier models are expected to differ among datasets particularly at high elevations. Differences among datasets have not yet been described as a cause of uncertainty in projections of future changes in glacier mass, although uncertainty caused by varying future climate projections among general circulation models (GCMs) has often been discussed. Differences among climate datasets are expected to propagate as uncertainty in future changes in glacier mass due to bias correction of GCMs and calibration of glacier models. We project ensemble future changes in the mass of glaciers in Asia through the year 2100 using a glacier model. A set of 18 combinations of inputs, including two observed past air temperature datasets, three observed past precipitation datasets, and future air temperature and precipitation projections from three GCMs were used. The uncertainty in projected changes in glacier mass was partitioned into three distinct sources: GCM uncertainty, observed past air temperature uncertainty, and observed past precipitation uncertainty. Our findings indicate that, in addition to the differences in climate projections among GCMs, differences among climate datasets can propagate uncertainty into projected changes in glacier mass. Significant differences in observed precipitation did not cause major uncertainty in projected changes in glacier mass.

キーワード：不確実性の伝播、氷河モデル、バイアス補正、キャリブレーション、気温、降水量
Keywords: propagation of uncertainty, glacier model, bias correction, calibration, air temperature, precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[A-CC27] 雪氷学

コンビーナ:縫村 崇行(東京電機大学)、石川 守(北海道大学)、舘山 一孝(国立大学法人　北見工業大学)、永井 裕人(早稲田大学　教育学部)、座長:縫村 崇行(千葉科学大学)

雪氷圏は地球の基本的構成要素である。氷河・氷床、積雪・降雪、凍土、海氷、淡水氷など、水が雪や氷として存在する環境であり、大気や海洋、生態系などと相互作用しながら地球環境に重要な役割を担っている。本セッションでは、雪や氷に関する物理・化学的特性や、雪氷圏の変動・ダイナミックス、地球における役割、また惑星における雪氷を含め、研究手法を問わず、研究成果を広範に扱うことを目的とする。

10:45 ~ 11:00

[ACC27-07] 可搬型積分球積雪粒径測定装置（HISSGraS）の初期解析結果

*青木 輝夫[1,2,3]、庭野 匡思[2]、山口 悟[4]、的場 澄人[5]、谷川 朋範[2]、堀 雅裕[6]、島田 利元[6]、八久保 晶弘[7] (1.岡山大学　大学院自然科学研究科、2.気象庁　気象研究所、3.国立極地研究所、4.防災科学技術研究所、5.北海道大学　低温科学研究所、6.宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、7.北見工業大学)

11:00 ~ 11:15

[ACC27-08] 高空隙多孔質氷の圧密過程に関する実験的研究：氷レゴリス層の密度進化過程への応用

矢部 みなみ[1]、*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1] (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

11:15 ~ 11:30

[ACC27-09] **札幌で10冬期間に観測された積雪不純物が放射収支と融雪に与える効果**

*広沢 陽一郎[1]、青木 輝夫[1,2]、庭野 匡思[2]、的場 澄人[3]、兒玉 裕二[4]、谷川 朋範[2] (1.岡山大学自然科学研究科、2.気象研究所、3.北海道大学低温科学研究所、4.国立極地研究所)

11:30 ~ 12:15

Discussion

可搬型積分球積雪粒径測定装置（HISSGraS）の初期解析結果
Preliminary analysis result of the Handheld Integrating Sphere Snow Grain Sizer (HISSGraS)

*青木 輝夫[1,2,3]、庭野 匡思[2]、山口 悟[4]、的場 澄人[5]、谷川 朋範[2]、堀 雅裕[6]、島田 利元[6]、八久保 晶弘[7]
*Teruo Aoki[1,2,3], Masashi Niwano[2], Satoru Yamaguchi[4], Sumito Matoba[5], Tomonori Tanikawa[2], Masahiro Hori[6], Rigen Shimada[6], Akihiro Hachikubo[7]

1. 岡山大学　大学院自然科学研究科、2. 気象庁　気象研究所、3. 国立極地研究所、4. 防災科学技術研究所、5. 北海道大学　低温科学研究所、6. 宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター、7. 北見工業大学
1. The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 2. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 3. National Institute of Polar Research, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University, 6. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 7. Kitami Institute of Technology

Snow grain size is one of the most important factors as a snow physical parameter expressing the snow metamorphism as well as controlling the albedo. As snow grains are generally non-spherical and complicated shapes, the optically-equivalent grain size is not a common glaciological grain size[1)]. Thus, various techniques to measure the specific surface area (SSA) as an optically-equivalent grain size have been developed[2-5)]. It is known from intercomparisons of those techniques so far that one of the most accurate field instruments is IceCube (A2 Photonics Sensor, France)[2)]. The IceCube measures a reflectance of snow sample at the wavelength of 1,310 nm using an integrating sphere and a laser light source. The value of SSA is transformed from the reflectance. A weight of the IceCube is as much as about 20 kg and the snow sampling into a sampling case is needed. These impose not only a workload to the observer but also a certain observation time. We therefore developed a small and light-weight (1/10) instrument, the Handheld Integrating Sphere Snow Grain Sizer (HISSGraS), which operates on the same principle as the IceCube and can measure snow pit face or snow surface directly. This direct measurement enables us to measure the SSA of snow of natural condition in a short time. We measured the SSAs with HISSGraS and IceCube for several snow samples in a cold laboratory and for natural snow pit face in Japan and Greenland. When the SSAs were measured for the same snow samples with both HISSGraS and IceCube, the those SSAs agreed well with each other. When HISSGraS measured snow pit face directly and IceCube measured snow samples collected from the same snow pit, the SSAs by HISSGraS were somewhat larger than those by IceCube. This is because the snow crystals in a sampling case would be compressed at the sampling and the snow grain size could differ from that under natural snow condition.

References

1) Aoki et al. (2007): Remote Sens. Environ., 111, 320–336.
2) Gallet et al. (2009): The Cryosphere, 3, 167-182.
3) Legagneux et al. (2002): J. Geophys. Res., 107(D17), 4335.
4) Hachikubo et al. (2012): Seppyo in Hokkaido, 31, 45–48.
5) Matzl and Schneebeli (2010): Cold Reg. Sci. Tech., 64, 1-8.

キーワード：積雪粒径、比表面積、アルベド、積雪変態
Keywords: snow grain size, specific surface area, albedo, snow metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高空隙多孔質氷の圧密過程に関する実験的研究：氷レゴリス層の密度進化過程への応用

Experimental study on compaction process of highly porous ice: Implications for density change of icy regolith layer on icy bodies

矢部 みなみ[1]、*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1]
Minami Yabe[1], *Minami Yasui[1], Masahiko Arakawa[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻
1. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University

地球や火星の極域には氷床が存在する．氷床は，降雪が自重により圧密して氷化することで形成される．また，木星以遠の氷衛星表面は氷のレゴリス層で覆われてり，そのレゴリス層は衝突クレーターの形成時に氷地殻が掘削され，粉々になった氷粒子が降り積もって形成される．このレゴリス層もまた天体重力によって圧密を受けていると考えられている．一方、地球や火星より低温で重力の小さな氷衛星では，氷レゴリス層の圧密速度は遅く，表層の氷化は進まず，分厚い空隙率の高い雪層が維持される可能性が高い．この雪層は，氷衛星の地形緩和や衝突クレーターの形成効率などの表層進化に影響を与える．そこで本研究では，この天体表層の氷レゴリス層の自重による圧密過程に着目し，空隙率の高い多孔質氷を用いた低応力下での圧縮実験を行い，圧密速度と空隙率の関係を調べた．

圧縮実験の試料には，初期空隙率0.5-0.65の多孔質氷を用いた．粒径約20μmの氷粒子をシリンダーに詰め、上からピストンで押し固めることで直径20mm，高さ40mmの円筒形試料を作成した．また，氷粒子間の焼結の影響を調べるために，焼結時間を最大約200時間まで変化させた．圧縮実験はクリープ実験により行い，応力は21-42kPaと変化させた．高さ方向の変位はレーザー変位計及び接触型変位計で測定し，直径方向の変位はタイムラプスカメラで撮影した画像を解析することで測定した．温度は-9±1℃及び-11±1℃とした．

圧縮実験後，直径方向と高さ方向の歪みの関係を調べたところ，試料半径方向の歪み(dr/r)は試料高さ方向の歪み(dh/h)の-0.11倍になることがわかった．このことから，実際の圧密速度は高さ方向の歪速度の-0.78倍に補正する必要があることがわかった．そこで本研究では，試料の高さ方向の歪速度（圧縮速度：$1/h \cdot dh/dt$)に補正数-0.78を掛けたものを圧密速度（$1/\rho \cdot d\rho/dt$）として扱う．

次に，圧縮速度に対する焼結時間の影響を調べた．その結果，同じ応力でも，焼結時間が長くなるほど圧縮速度が小さくなることがわかった．ただし，焼結時間がある臨界時間を超えると焼結時間の影響はほとんど見られなくなった．この臨界時間は，試料の初期空隙率が大きいほど短くなった．本研究では，圧縮速度に対する焼結時間の影響を除くため，臨界時間以後の圧縮速度に対する空隙率，応力，温度依存性を調べた．

臨界時間以後の圧縮速度と空隙率の関係を調べた結果，一定応力下では初期空隙率に関わらず，圧縮速度と空隙率の関係は１つの指数関数則，$1/h \cdot dh/dt = B\exp(C\phi)$（$\phi$は空隙率，$B$と$C$とは定数）と表されることがわかった．定数$B$は応力の増加とともに指数関数的に増加し，$B = \beta\,\sigma^n$（$\sigma$は応力，$\beta$と$n$は定数）とさらに書き直すことができた．$\beta$と$n$はともに応力に依存しない定数となった．$C$は応力に関わらず，ほぼ一定になることがわかった．

さらに，圧縮速度と温度の関係を調べたところ，温度の上昇と伴に圧縮速度は大きくなり，アレニウスの式（$\beta = B'\exp(-Q/RT)$）を用いて活性化エネルギーを調べた結果，127 kJ/molとなった．この値は、先行研究で得られた氷の塑性変形に関係する活性化エネルギー(80-91 kJ/mol）より多少大きくなることがわかった[1][2]

以上の結果から，空隙率0.5以上の氷の圧密速度に対する空隙率，応力，温度の依存性を組み込んだ経験式，$1/\rho \cdot d\rho/dt = -0.78B'\exp(C\phi - Q/RT)\,\sigma^n$（$B' = 2.4\times10^4$ [(Pa)^n/s]，$C = 24$，$n = 1.8$）を得ることができた．この式を用いて，地球南極及び氷衛星表層における雪の圧密進化過程を計算した．つまり，天体の地表面上にある雪や氷レゴリス層が自重により時間と伴に密度が大きくなり，厚みが減少する過程を計算した．この際，全厚みでの初期密度は180 kg/m^3，地表面での応力は100 kPaと固定した．その結果，地球の南極（厚さ10m）は100年経過すると地表面上の密度は約3倍となり，厚みは約半分となった．一方，土星の氷衛星エン

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

セラダス（厚さ5km）の環境で計算すると，厚みが約半分になる時間は100年と地球南極とほぼ同じであるが，地表面下の密度は約2倍で，地球南極に比べて密度が全体的に低くなることがわかった．

[1] Barnes *et al.* (1971) Proc. R. Soc., Ser: A., 324, 127-155. [2] Durham *et al.* (1992) JGR 97, 20,883-20,897.

キーワード：高空隙多孔質氷、圧密、クリープ実験、焼結時間、氷レゴリス層
Keywords: highly porous ice, compaction, creep experiment, sintering duration, icy regolith layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

札幌で10冬期間に観測された積雪不純物が放射収支と融雪に与える効果
Effect of snow impurities on the radiation budget and snow melting observed at Sapporo during 10 winter seasons

*広沢 陽一郎[1]、青木 輝夫[1,2]、庭野 匡思[2]、的場 澄人[3]、兒玉 裕二[4]、谷川 朋範[2]
*Yoichiro Hirozawa[1], Teruo Aoki[1,2], Masashi Niwano[2], Sumito Matoba[3], Yuji Kodama[4], Tomonori Tanikawa[2]

1. 岡山大学自然科学研究科、2. 気象研究所、3. 北海道大学低温科学研究所、4. 国立極地研究所
1. Okayama University, Graduate School of Natural Science and Technology, 2. Meteorological Research Institute, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. National Institute of Polar Research

大気中の光吸収性エアロゾルを起源とする積雪不純物は、積雪上に沈着すると積雪アルベドを低下させる効果があるため、雪氷圏の温暖化を加速させる効果を持っている。IPCC第５次報告書では雪氷面上のブラックカーボン（BC）による放射強制力が全球年平均で＋0.04 Wm^{-2}と評価されている。しかし、積雪不純物濃度の高い都市域では放射収支や融雪に対してより大きな影響を及ぼす可能性がある。本研究では札幌の積雪アルベド及び融雪に対する積雪不純物（BCと鉱物性ダスト）濃度の効果を、積雪・気象観測データと積雪アルベド物理モデル（PBSAM）（Aoki et al., 2011）を用いて調べた。観測場所は北海道大学低温科学研究所の気象観測露場（43˚04'56"N, 141˚20' 30"E, 15 m a.s.l.）で、解析期間は2007-2017年の10冬期間である。初めに積雪粒径、積雪不純物濃度、下向き放射の観測データをPBSAMに入力して得られる広波長帯域アルベドの理論計算値を観測値と比較した。次に、積雪不純物によるアルベドの変化に関する数値感度実験を行い、放射強制力（RF）を求めた。さらに、熱収支解析から積雪不純物による融雪量への寄与を見積もった。

解析期間の各年で時系列の観測値とモデル計算値を比較すると、積雪粒径や積雪不純物濃度の変化に対応したアルベド変動の計算値は観測値とよく一致した。全解析期間において、短波長域（SW）におけるアルベドの観測値と計算値の比較から得られる決定係数（R^2）と二乗平均平方根誤差（RMSE）はそれぞれ0.847と0.046で、PBSAMの高い精度が確認された。次に、積雪不純物の有無による、可視域、近赤外域、短波長域のアルベド変化に関する感度実験を行った。全解析期間における積雪不純物（BC+ダスト）によるアルベド変化と放射強制力は短波長域でそれぞれ-0.053と+6.7 Wm^{-2}であった。さらに、融雪量を積雪表面における熱収支解析及び積雪と地面の間の熱流量の観測値からそれぞれ見積もった。その結果、全解析期間を通した全融雪量の平均値は398 mm w.e.であった。このうち、融雪量全体に占める表面融雪量と底面融雪量の割合はそれぞれ76%と24%であった。表面融雪量のうち積雪不純物によるアルベド低下がもたらす融雪エネルギーは、融雪量に換算すると融雪量全体の28%に相当した。この値は無視できない大きさであると共に底面融雪量と同程度である。さらに、BCおよびダストによるこの値への寄与はそれぞれ21%および7%であった。

参考文献

Aoki, T., K. Kuchiki, M. Niwano, Y. Kodama, M. Hosaka and T. Tanaka (2011), Physically based snow albedo model for calculating broadband albedos and the solar heating profile in snowpack for general circulation models. *J. Geophys. Res.*, **116**, D11114, doi:10.1029/2010JD015507.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG42] 海洋表層ー大気間の生物地球化学

コンビーナ:宮崎 雄三(北海道大学低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学低温科学研究所)、鈴木 光次(北海道大学)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、座長:宮崎 雄三(北海道大学 低温科学研究所)、西岡 純(北海道大学 低温科学研究所)

海洋における様々な時空間スケールでの水塊混合、化学物質の種類や量、海洋微生物の活動度が大気中の生物起源ガスやエアロゾルの生成を駆動することが知られているが、一連のプロセスや生成量の詳細は未解明な点が多い。さらに、海洋大気中の生物起源ガスやエアロゾルは、大気化学反応を介して、雲生成と放射収支や海洋ー大気間の炭素・窒素循環に関わり、海洋微生物の活動にフィードバックすると考えられる。本セッションでは、海洋混合・物質循環、植物プランクトン・微生物増殖、揮発性有機化合物（VOCs）・海洋大気エアロゾル生成など海洋から大気に至る一連の研究、国際コアプロジェクトSurface Ocean-Lower Atmosphere Study（SOLAS）に関わる内容も含め、海洋ー大気間の生物地球化学的な相互作用を含むプロセスの議論および理解を目指す。

10:45 ~ 11:00

[ACG42-01] 海氷内部でのブロモホルム生成と大気への放出について

*野村 大樹[1]、大木 淳之[1]、Ellen Damm[2]、Gerhard Dieckmann[2]、Bruno Delille[3]、Markus Frey[4]、Mats Granskog[5]、Klaus Meiners[6,7]、Anna Silyakova[8]、田村 岳史[9]、Jean-Louis Tison[10]、山下 洋平[11] (1.北海道大学大学院水産科学研究院、2.Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany、3.Université de Liège, Liège, Belgium.、4.British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom.、5.Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway.、6.Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia.、7.Australian Antarctic Division, Kingston, Australia.、8.Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway.、9.国立極地研究所、10.Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium.、11.北海道大学大学院地球環境科学研究院)

11:00 ~ 11:15

[ACG42-02] **Accumulation processes of trace metals into arctic sea ice: distribution of Fe, Mn and Cd associated with ice structure**

*La Kenya Evans[1]、Jun Nishioka[1] (1.Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University)

11:15 ~ 11:30

[ACG42-03] **海洋地球研究船「みらい」における南北両半球広緯度帯での外洋大気オゾン観測：西太平洋赤道域ではハロゲン化学が重要か?**

*金谷 有剛[1]、宮崎 和幸[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1]、高島 久洋[1,2]、駒崎 雄一[1]、潘 小楽[3,1]、加藤 咲[2]、須藤 健悟[4,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.福岡大学、3.中国科学院大気物理研究所、4.名古屋大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG42-04] 太平洋赤道域で発見された低い窒素同位体組成を持つ硝酸エアロゾルが示す海洋-大気における窒素リサイクル

*服部 祥平[1]、亀崎 和輝[1]、岩本 洋子[2]、石野 咲子[1]、植松 光夫[3]、三浦 和彦[4]、吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2.広島大学、3.東京大学、4.東京理科大学)

11:45 ~ 12:00

[ACG42-05] **北太平洋亜熱帯域における海洋大気エアロゾル中の水溶性有機態窒素の起源**

*土橋 司[1,2]、宮崎 雄三[1]、立花 英里[1]、岩本 洋子[3]、高橋 一生[4]、堀井 幸子[4]、Wong Shu-Kuan[5]、浜崎 恒二[5] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.広島大学大学院生物圏科学研究科、4.東京大学大学院農学生命科学研究科、5.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACG42-06] Impacts of ammonia on gas-particle partition and AWC during the 2016 APHH-Beijing campaign: inducing effects of nitrate ammonium

*baozhu Ge[1]、Xiaobin Xu[2]、Zhiqiang Ma[3]、Xiaole PAN[1]、Zhe WANG[1,4]、Weili Lin[5]、Bin Ouyang[6]、Danhui Xu[1]、James Lee[7]、Mei Zheng[8]、Dongsheng Ji[1]、Yele Sun[1]、Huabin Dong[8]、Freya Anne Squires[7]、Pingqing Fu[1]、Zifa Wang[1] (1.State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China、2.State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory for Atmospheric Chemistry of China Meteorological Administration, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China、3.Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing, China、4.Research Institute for Applied Mechanics (RIAM), Kyushu University, Fukuoka, Japan、5.College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China、6.Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK、7.National Centre for Atmospheric Science Department of Chemistry, University of York, York, YO10 5DD, UK、8.State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing, 100871, China)

海氷内部でのブロモホルム生成と大気への放出について
Production of bromoform in sea ice and emission to the atmosphere

*野村 大樹[1]、大木 淳之[1]、Ellen Damm[2]、Gerhard Dieckmann[2]、Bruno Delille[3]、Markus Frey[4]、Mats Granskog[5]、Klaus Meiners[6,7]、Anna Silyakova[8]、田村 岳史[9]、Jean-Louis Tison[10]、山下 洋平[11]
*Daiki Nomura[1], Atsushi Ooki[1], Ellen Damm[2], Gerhard Dieckmann[2], Bruno Delille[3], Markus Frey[4], Mats Granskog[5], Klaus Meiners[6,7], Anna Silyakova[8], Takeshi Tamura[9], Jean-Louis Tison[10], Youhei Yamashita[11]

1. 北海道大学大学院水産科学研究院、2. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany、3. Université de Liège, Liège, Belgium.、4. British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom.、5. Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway.、6. Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia.、7. Australian Antarctic Division, Kingston, Australia.、8. Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway.、9. 国立極地研究所、10. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium.、11. 北海道大学大学院地球環境科学研究院
1. Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 2. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany, 3. Université de Liège, Liège, Belgium., 4. British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom., 5. Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway., 6. Antarctic Climate andEcosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Australia., 7. Australian Antarctic Division, Kingston, Australia., 8. Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Tromsø, Norway., 9. National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan., 10. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium., 11. Graduate School of Environmental Sceince, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

Bromoform ($CHBr_3$) is one of the important bromine containing volatile halocarbons that are involved in ozone depletion in the atmosphere. Although the possible source of reactive bromine species from snow and sea ice has been discussed, mechanisms that control $CHBr_3$ production within sea ice and emission to the atmosphere remain unclear. Here, we show evidence of massive $CHBr_3$ production at sea ice surface-snow interfaces and its strong emission to the atmosphere from five field-campaigns to the Arctic Ocean, the Southern Ocean, and the Sea of Okhotsk in the winter and spring, in addition to supporting laboratory experiments. We found that the ice-related strong $CHBr_3$ emission was linked to the production of the $CHBr_3$ at the snow-sea ice interface through the haloform reaction. Our results suggest that sea ice acts as a strong $CHBr_3$ source for the atmosphere, indicating a significant contribution to the atmospheric bromine cycle.

キーワード：海氷、ブロモホルム、極域海洋
Keywords: sea ice, bromoform, polar ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Accumulation processes of trace metals into arctic sea ice: distribution of Fe, Mn and Cd associated with ice structure

*La Kenya Evans[1], Jun Nishioka[1]

1. Institute of Low Temperature Sciences, Hokkaido University

Increased loss of Arctic summer sea ice can influence the cycling of biogeochemical materials (trace metals, nutrients, etc.), affecting seawater’ s biology and chemistry. Sea ice is important for the supply of biogeochemical materials, especially trace metals, to the surface waters of the polar oceans; but its role is not clear. Understanding the accumulation and release mechanisms into Arctic sea ice will clarify the geochemical behaviour of trace metals. This study compared dissolved (D) and labile particulate (LP) Fe, Mn, and Cd to the observed sea ice structure from a single Arctic sea ice core. The structure of sea ice reflects the process of ice formation, which may aid in the determination of accumulation processes. Using photographic analysis for the percentage of pore microstructure and $\delta^{18}O$ analysis, sea ice structure was observed as: snow, granular (frazil), mixed (granular and columnar) and columnar ice. Salinity and nutrients were low, indicating brine drainage and multi-year ice. High trace metal concentrations in snow ice indicated meteoric snow as a source and accumulation during snow ice formation. High concentrations of LPFe in granular ice indicated accumulation via suspension freezing by frazil ice followed by entrainment. Dissolved Mn and Cd accumulated in snow and granular ice through chemical transformation processes. Elevated DMn and DCd in granular ice resulted from the reduction and release from accumulated Fe and Mn oxides. Elevated DMn and DCd in snow ice may have been due to the photochemical reduction of LPFe and LPMn. Low trace metal concentrations in mixed and columnar ice indicated trace metal release due to brine drainage. Our study clearly indicated that the differences observed in trace metals, within sea ice structure, showed that sea ice formation, chemical reduction and brine release were the processes behind trace metal accumulation and release in this Arctic sea ice.

Keywords: Trace Metals, Dissolved , Labile Particulate , Sea Ice Structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋地球研究船「みらい」における南北両半球広緯度帯での外洋大気オゾン観測：西太平洋赤道域ではハロゲン化学が重要か?
Is halogen chemistry responsible for low ozone levels observed over western Pacific equatorial region? - From observations on R/V Mirai

*金谷 有剛[1]、宮崎 和幸[1]、竹谷 文一[1]、宮川 拓真[1]、高島 久洋[1,2]、駒崎 雄一[1]、潘 小楽[3,1]、加藤 咲[2]、須藤 健悟[4,1]
*Yugo Kanaya[1], Kazuyuki Miyazaki[1], Fumikazu Taketani[1], Takuma Miyakawa[1], Hisahiro Takashima[1,2], Yuichi Komazaki[1], Xiaole PAN[3,1], Saki Kato[2], Kengo Sudo[4,1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2. 福岡大学、3. 中国科学院大気物理研究所、4. 名古屋大学
1. Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Fukuoka University, 3. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, China, 4. Nagoya University

対流圏オゾン化学やその気候インパクトを地球規模で十分に明らかにするためには、陸上での観測に加えて、洋上大気でのオゾン濃度測定が重要である。我々は2012～2017年にかけて、海洋地球研究船「みらい」での24航海（またはレグ）において、1万時間超の外洋上オゾン・一酸化炭素(CO)濃度観測を実施し、データを公開している(Kanaya et al., Atmos. Chem. Phys. Disc., 2019)。観測範囲は南大洋・インド洋・太平洋・北極海に及び、67˚ S～75˚ Nの広い緯度帯をカバーしているため、全球化学輸送モデルからの洋上オゾン分布を評価するのに適している。本発表では、得られた観測データの統計的な特徴や地理的分布、気塊の起源について概観したのち、大気化学輸送モデルCHASERへ多化学種の衛星観測を同化して得られた、対流圏化学再解析データversion 2 (TCR-2)のオゾン濃度場を本観測によって評価して結果を示す。とくに、西太平洋赤道域(125–165˚E, 10˚S –25˚N)において、10ppbを下回るレベルの低オゾン濃度が、TCR-2や化学気候モデル相互比較ACCMIPでのモデル結果と比べて高頻度に観測された点に注目する。観測に対するTCR-2での過大評価に関する差分濃度は、165–180˚E, 15 –30˚ Nを満たす海域上に気塊が滞在した時間と正相関することがわかった。また、その海域上での気塊滞在中に、0.25 ppb h^{-1}の追加消失項があれば、観測データがよく再現されることがわかった。ハロゲン化学が本研究で扱ったモデル計算では共通して考慮されておらず、ヨウ素化学などによる対流圏オゾン破壊がこの海域で活発である可能性が示唆された。海洋表層から大気へのハロゲン類供給過程や、境界面での不均一反応について今後追究することが重要である。我々の洋上での観測データは、陸上を中心とするTropospheric Ozone Assessment Report (TOAR)での観測データセットと相補的あり、対流圏オゾンの全球像解明に資するものと考えている。

キーワード：洋上大気組成観測、オゾン未知消失過程、ハロゲン類、西太平洋赤道域
Keywords: Over-ocean atmospheric composition observations, Missing sink of ozone, Halogens, Western Pacific equatorial region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太平洋赤道域で発見された低い窒素同位体組成を持つ硝酸エアロゾルが示す海洋-大気における窒素リサイクル

Very low $\delta^{15}N$ of atmospheric nitrate found in the earstern equatorial Pacific and its implication to dynamic nitrogen recycle between ocean and lower atmosphere

*服部 祥平[1]、亀崎 和輝[1]、岩本 洋子[2]、石野 咲子[1]、植松 光夫[3]、三浦 和彦[4]、吉田 尚弘[1]
*Shohei Hattori[1], Kazuki Kamezaki[1], Yoko Iwamoto[2], Sakiko Ishino[1], Mitsuo Uematsu[3], Kazuhiko Miura[4], Naohiro Yoshida[1]

1. 東京工業大学 物質理工学院 応用化学系、2. 広島大学、3. 東京大学、4. 東京理科大学
1. Department of Chemical Science and Engineering, School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology, 2. Hiroshima University, 3. University of Tokyo, 4. Tokyo University of Science

Atmospheric nitrogen sources in the marine boundary layer of the remote ocean have been known to include long-range transport (LRT) of anthropogenic pollutants, and the LRT of anthropogenic atmospheric particulate nitrate ($p\text{-}NO_3^-$) within the free troposphere has been observed in regions influenced by westerlies from the Asian continent over Pacific Ocean. This traditional paradigm that the ocean is considered a passive recipient of anthropogenic N deposition can be applied western north Pacific regions. However, for the equatorial Pacific under the influence of pristine air, the sources of such $p\text{-}NO_3^-$ remain unresolved. To address this, we present $\delta^{15}N$ of $p\text{-}NO_3^-$ collected over the Pacific Ocean between 40˚S and 68˚N on two cruises, carried out by the Research Vessel *Hakuho Maru*, and estimated $\delta^{15}N$ of source NO_x of each sample. We categorized six marine regions within the Pacific Ocean, based on backward trajectory analysis to determine their source regions and various ion concentrations to assess whether anthropogenic or non-anthropogenic sources were dominant.

We found remarkably low $\delta^{15}N(NO_x)$ values for the equatorial Pacific regions compared to those in other regions over Pacific Ocean. These low source $\delta^{15}N(NO_x)$ values cannot be explained using conventional NO_x apportionment. Given that the eastern equatorial Pacific is one of the biologically active ocean regions resulted from upwelling water, here we postulate the alternative biogenic nitrogen source (NH_3 or alkyl nitrate) in this region. In the presentation, we will discuss important feature of self-recycle process of nitrogen between ocean and lower atmosphere in the eastern equatorial Pacific. We will also discuss its implication to nitrogen deposition for this region, which may contribute to new marine biological production and/or nitrous oxide emissions.

キーワード：硝酸、安定同位体、太平洋、赤道域
Keywords: Nitrate, Stable Isotopes, Pacific Ocean, Equatorial Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋亜熱帯域における海洋大気エアロゾル中の水溶性有機態窒素の起源

Origin of water-soluble organic nitrogen in marine atmospheric aerosols in the subtropical North Pacific

*土橋 司[1,2]、宮崎 雄三[1]、立花 英里[1]、岩本 洋子[3]、高橋 一生[4]、堀井 幸子[4]、Wong Shu-Kuan[5]、浜崎 恒二[5]

*Tsukasa Dobashi[1,2], Yuzo Miyazaki[1], Eri Tachibana[1], Yoko Iwamoto[3], Kazutaka Takahashi[4], Sachiko Horii[4], Shu-Kuan Wong[5], Koji Hamasaki[5]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 広島大学大学院生物圏科学研究科、4. 東京大学大学院農学生命科学研究科、5. 東京大学大気海洋研究所

1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ., 2. Graduate School of Env. Sci., Hokkaido Univ., 3. Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima Univ., 4. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, Univ. of Tokyo, 5. Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo

海洋表層から放出される大気エアロゾルは太陽光の反射や吸収、雲の生成に深く関わることで大気の放射収支に影響を与えるなど、気候変動の重要な支配要因である。海洋表層から放出されるエアロゾル中の水溶性有機態窒素(WSON)は粒子の水溶性特性、酸性度、光吸収特性などの物理化学的性質に影響を与えると考えられるが、海洋大気エアロゾル中のWSONの起源に関する研究はほとんどない。本研究では、観測データが少ない北太平洋亜熱帯域での海洋大気エアロゾル中のWSONと関連する有機物組成の空間分布、および海洋表層の窒素固定生物を中心とする微生物活動との関係から、WSONの起源を明らかにすることを目的とした。

2017年8–10月に北太平洋亜熱帯域において学術研究船白鳳丸(KH-17-4航海)上で主に23ºN上の東西方向に粒径別エアロゾルを採取した。水溶性有機炭素(WSOC)とWSTNの測定は全窒素測定ユニット付き全有機炭素計を用い、無機態窒素(IN)の測定はイオンクロマトグラフを用い、WSON濃度はWSTNとINの濃度差により導出した。安定炭素同位体比（$\delta^{13}C$）は元素分析-同位体比質量分析計(EA-IR/MS)を用いて測定した。23ºNの航路上で得られたサブミクロンWSON濃度は、160ºW（ハワイ付近）を境に東側海域の平均濃度（5.9±6.0 ngN m^{-3}）が西側のそれ（2.2±2.0 ngN m^{-3}）より約2–3倍有意に高いなど、特徴的な経度分布が見られた。特に東側海域では水溶性全窒素(WSTN)に占めるWSONの質量割合は平均14.1%、最大約40%を占めており、海域によってはWSONの存在量の重要性が明らかになった。後方流跡線解析およびクロロフィル*a*濃度、エアロゾルの起源を示す$\delta^{13}C$の測定結果から、この海域でのWSONは大部分が海洋表層微生物に由来することが示唆された。エアロゾルの一次・二次生成指標（Na^+など）との相関から、観測されたWSONの多くは海洋から直接粒子として放出される一次生成ではなく、気体からの二次生成物であることが示唆された。さらに、粒径ごとのWSONと海洋表層での窒素固定速度が有意な相関を示したことから、WSONの生成プロセスとして、本海域での窒素固定生物(シアノバクテリアなど)によって生成された反応性窒素が、海洋表層から気体として放出され大気中でWSONエアロゾルが生成されるプロセスが初めて示唆された。

キーワード：有機態窒素、海洋大気エアロゾル、大気ー海洋間地球化学、窒素固定

Keywords: Organic nitrogen, Marine atmospheric aerosol, Biogeochemical linkage between atmosphere and ocean, Nitrogen fixation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impacts of ammonia on gas-particle partition and AWC during the 2016 APHH-Beijing campaign: inducing effects of nitrate ammonium

*baozhu Ge[1], Xiaobin Xu[2], Zhiqiang Ma[3], Xiaole PAN[1], Zhe WANG[1,4], Weili Lin[5], Bin Ouyang[6], Danhui Xu[1], James Lee[7], Mei Zheng[8], Dongsheng Ji[1], Yele Sun[1], Huabin Dong[8], Freya Anne Squires[7], Pingqing Fu[1], Zifa Wang[1]

1. State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China, 2. State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory for Atmospheric Chemistry of China Meteorological Administration, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China, 3. Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing, China, 4. Research Institute for Applied Mechanics (RIAM), Kyushu University, Fukuoka, Japan, 5. College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China, 6. Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK, 7. National Centre for Atmospheric Science Department of Chemistry, University of York, York, YO10 5DD, UK, 8. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing, 100871, China

Atmospheric NH_3 plays a vital role not only in the environmental ecosystem but also in atmosphere chemistry. To fully understand the effects of NH_3 on the formation of haze pollution in Beijing, ambient NH_3 and related species were measured at high resolutions during the wintertime Air Pollution and Human Health-Beijing (APHH-Beijing) campaign in 2016. Simulations were made to gain insights into impacts of NH_3 on the formation of secondary inorganic aerosols (SIAs) and regional fine particle pollution. We found that the total NH_x (gaseous NH_3+particle NH_4^+) was mostly in excess of the SO_4^{2-}-NO_3^--NH_4^+-water equilibrium system during our campaign. This NH_x excess made medium aerosol acidity, with the median pH value being 3.6 and 4.5 for polluted and non-polluted conditions, respectively, and enhanced the formation of particle phase nitrate. During polluted periods, SIAs contributed most to $PM_{2.5}$ and were highly correlated with aerosol water content (AWC), indicating the importance of heterogeneous reactions in haze formation. Our analysis suggests that NH_4NO_3 is the most important factor driving the formation of AWC, with NO_3^- controlling the prior pollution stage and NH_4^+ the most polluted stage. Increased formation of NH_4NO_3 under excess NH_x, especially during the nighttime, may trigger the decreasing of aerosol DRH and hence lead to hygroscopic growth even under lower RH conditions and the wet aerosol particles become better medium for rapid heterogeneous reactions. A further increase of RH promotes the positive feedback "AWC-heterogeneous reactions" and ultimately leads to the formation of severe haze. Both our observational and modelling results suggest that the control of NH_3 may be more effective in reducing $PM_{2.5}$ under current emissions conditions in the North China Plain (NCP).

Keywords: Ammonia, partition, aerosol acidity, APHH-Beijing, PM2.5, NCP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:八反地 剛

地形学に関する様々なテーマ，地形形成プロセス，地形発達およびその地球環境変動との関係，地形災害やその軽減，特に日本国内で発生した様々な自然災害に関する報告，ハザードマップ，人間活動と地形変化の関係，地形計測手法やその自動化などに関する研究成果が日本語または英語で発表されます.

9:00 ~ 9:15

[HGM04-01] 湿度変化により生じる塩類風化に関する室内実験

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2] (1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系)

9:15 ~ 9:30

[HGM04-02] 風洞実験による新たな飛砂抑制装置の検証

*小玉 芳敬[1]、三枝 理子[2] (1.鳥取大学農学部、2.鳥取大学地域学部・学)

9:30 ~ 9:45

[HGM04-03] 大起伏山岳流域の地形形成過程における大規模岩盤崩壊と河道閉塞および堰止湖決壊洪水の普遍性: ネパールマルシャンディ川を例として

*松四 雄騎[1]、八木 浩司[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学 防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野、2.山形大学地域教育文化学部、3.東京大学 総合研究博物館)

9:45 ~ 10:00

[HGM04-04] 基盤岩を覆う風化生成物の性質が土層の形成および輸送の速度に及ぼす影響：花崗岩およびホルンフェルスの斜面を事例に

*渡壁 卓磨[1]、松四 雄騎[2]、松崎 浩之[3] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所、3.東京大学総合博物館)

10:00 ~ 10:15

[HGM04-05] 斜面の洪水流出・崩壊発生の統合的予測に向けた鉛直不飽和浸透流の特性解析

*谷 誠[1]、松四 雄騎[2]、佐山 敬洋[2]、小島 永裕[3] (1.人間環境大学、2.京都大学防災研究所、3.滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

Discussion

湿度変化により生じる塩類風化に関する室内実験
Salt weathering in humidity-change environments: a laboratory experiment

*佐藤 昌人[1]、八反地 剛[2]
*Masato Sato[1], Tsuyoshi Hattanji[2]

1. 筑波大学大学院生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系
1. Graduate School of Life and environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

湿度変化環境での塩類風化について，一連の室内実験を行った．湿度変化による風化実験には，5種類の岩石（間隙の多い凝灰岩と砂岩，間隙が少ない砂岩，間隙が多い2種類の泥岩）と3種類の塩（塩化ナトリウム，硫酸ナトリウム，硫酸マグネシウム）を使用した．塩溶液に浸した後，110℃で炉乾燥させた岩石試料を恒温恒湿庫内に設置した．温度を20℃に保った状態で，湿度を20~90%RHの範囲，6時間周期で変化させ，塩類風化実験を行なった．風化実験時には岩石は乾燥しており，水分の供給源は空気中の水分に限られた．

湿度の周期的変化により，岩石試料に含まれる塩は，高湿度期に潮解または水和し，低湿度期には，再結晶，または脱水した．塩類風化が著しい試料ほど，高湿度期には多くの水分を吸着した．80%RH以上で潮解性を示す塩化ナトリウムは，硫酸塩2種よりも著しい風化を引き起こした．

100サイクルの湿度変化後，間隙が多い砂岩試料は完全に破壊した．間隙率の低い砂岩，間隙が多い凝灰岩でも，試料表面の膨張，岩片の剥離が生じた．また，間隙率の低い砂岩では，試料表面のエコーチップ反発値が低下した．本実験でみられたような，湿度変化に伴う塩化ナトリウムによる塩類風化は，湿度が高い海水飛沫帯では容易に発生し得る．

硫酸マグネシウムを含ませた試料では，間隙率が高い砂岩の重量減少，間隙率が高い凝灰岩表面からの岩片の剥離などが生じ，間隙率が低い砂岩でも表面に平行な亀裂が発達した．硫酸ナトリウムを含ませた試料表面には多量の塩が析出していたが，重量やエコーチップ反発値はほとんど変化しなかった．硫酸マグネシウムは水和反応速度が遅く，短期間での湿度変化では，塩類風化を引き越しにくかったのであろう．また，硫酸ナトリウムが水和により体積膨張したことで，試料表層の間隙が塞がれ，試料内部への水分の浸透が阻害された可能性がある．日周期のような短時間で湿度が変動するような環境では，硫酸ナトリウムは塩類風化を起こしにくく，硫酸マグネシウムの相対的な重要性が高くなるだろう．

キーワード：塩類風化、湿度、塩化ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、表面硬度
Keywords: salt weathering, humidity, sodium chloride, sodium sulfate, magnesium sulfate, surface hardness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

風洞実験による新たな飛砂抑制装置の検証
Verification a new control device of blown sand transport rate by wind tunnel experiments

*小玉 芳敬[1]、三枝 理子[2]
*Yoshinori Kodama[1], Riko Saikusa[2]

1. 鳥取大学農学部、2. 鳥取大学地域学部・学
1. Faculty of Agriculture, 2. Faculty of Regional Sciences

はじめに

鳥取砂丘東入口の階段では，西風によって飛砂が堆積し，その除去作業が年間30回ほどを数え（自然公園財団鳥取支部，私信），課題となっている．これまでは堆砂垣による方策が講じられてきたものの，さらなる改善策が求められている．本研究ではsaltation粒子の運動特性を踏まえて，粒子の着地点に水を張ることで飛砂の継続を絶つ新たな飛砂抑制装置を考案した．本研究の目的は，考案した水面飛砂抑制装置の効果を風洞実験によって検証し，装置の最適なサイズを推定することである．

調査方法

幅0.2 m，深さ0.5 m，長さ7.3 mの風洞実験装置を用いて，風成砂（中央粒径：0.34 mm）を厚さ9 cmで敷き，上流端から2.70 m～7.25 m区間にかけて水400 ccを張った大・浅型トレー（大創産業，KI-18-^{p}10 A-073，縦 22 cm，横15 cm，深さ4.5 cm）を20個並べ設置した．その際，トレーの上面が砂面高に一致するように注意した．なお，トレーと風洞壁との隙間は，発泡スチロールで埋め，砂面をなくした．周波数変換機（MITSUBISHI ELECTRIC製，FR-FS2-0.8K）によって36 Hz～56 Hzまで4 Hz毎に周波数を変えることで，送風機（マキタ製，MF302）を用いて6段階の風速条件で実験を行った．すべての実験は，２分間の通風とした．予備実験より求めた給砂量は，6.7 m/s（36 Hz）：2.8 g/s，9.0 m/s（40 Hz）：4.3 g/s，10.2 m/s（44 Hz）：7.6 g/s，11.0 m/s（48 Hz）：9.1 g/s，12.0 m/s（52 Hz）：13.9 g/s，12.9 m/s（56 Hz）：21.0 g/sとした．実験後，トレーに溜まった砂の乾燥重量と，風洞下流端に設置したブルーシートに排出された砂の重量を計った．また，トレー設置区間において，1.15 m間隔で砂面からの高さ10 cmに飛砂量計（UIZIN製，uiz5061）を5台設置し，5秒毎の飛砂カウント数の変化を調べた．

結果および考察

いずれの風速条件においてもトレーに捕捉された飛砂量は，下流方向に減少した．風速が遅い条件では，水面飛砂抑制装置の上流部で砂が多く捕捉され，装置の下流部にはほとんど砂が溜まっていなかった．風速が上がるにつれて装置全体に捕捉される飛砂量が増えた．給砂量に対する風洞下流端からの排砂量の割合は，6%以下に抑えられ，本実験条件内においては水面飛砂抑制装置に高い飛砂抑制効果があることが明らかになった．

水面飛砂抑制装置の直上流に設けた飛砂量計の飛砂カウント数に対して，そこから1.15 m，2.3 m，3.45 m，4.6 m下流地点における飛砂カウント数の割合を風速毎に求めた．仮に飛砂カウント数を5 %以下に落とす装置とするならば，6.7 m/sでは2.9 m，9.0 m/sでは3.3 m，10.2 m/sでは4.2 m，11 m/sでは4.3 m，12 m/sでは5.9 m，12.9 m/sでは6.0 mの装置が必要であると推定された．

鳥取気象台湖山観測所の毎時平均風速のデータによると，2018年で最も風が強かった連続する3時間の平均

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

風速は，約18 m/sであった．この風速の場合に必要とされる水面飛砂抑制水面装置の長さは，11.3 mであることが外挿された．

おわりに

Saltation粒子の運動特性を踏まえて考案された水面飛砂抑制装置の効果を風洞実験により検証した。その結果，風速12.9 m/s以下の実験条件内では，長さ4.55 mの水面飛砂抑制装置によって給砂量に対する排砂量の割合が6 %以内に削減され，効果的に飛砂を抑制することが確認された．鳥取砂丘において最も強い風の目安となる平均風速18 m/sに対して必要な本装置の長さは， 11.3 mであると推察された．現地に応用するために残され課題は，ひとつの荒天時の飛砂量に見合う本装置の容量を決め，イベント後の砂排出法まで加味した，また景観に配慮した水面飛砂抑制装置の設計を考えることである．

キーワード：水面飛砂抑制装置、風洞実験、躍動粒子、鳥取砂丘
Keywords: a water-pool method for reducing blown sand transport rate, wind tunnel experiment, saltation particle, Tottori Sand Dunes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大起伏山岳流域の地形形成過程における大規模岩盤崩壊と河道閉塞および堰止湖決壊洪水の普遍性: ネパールマルシャンディ川を例として
Bedrock landslides, river blockage, and barrier-lake outburst as general geomorphic processes in high-relief mountainous landscape: an example from the Marshyangdi River, central Nepal

*松四 雄騎[1]、八木 浩司[2]、松崎 浩之[3]
*Yuki Matsushi[1], Hiroshi YAGI[2], Hiroyuki Matsuzaki[3]

1. 京都大学 防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野、2. 山形大学 地域教育文化学部、3. 東京大学 総合研究博物館
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Department of Education, Art and Science, Yamagata University, 3. icro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator, The University of Tokyo

本研究では，大規模な岩盤崩落と，それに付随して生じる河道閉塞と堰止湖の決壊洪水が，大起伏急傾斜の斜面と急勾配の河道からなる山岳流域における地形形成過程として普遍的であることを示す．大規模崩壊に伴う河床の埋積と，閉塞部上流域での湛水，および堤体の決壊による土砂と水の流出が時空間的に頻繁に発生し，それらの痕跡が流域内に普遍的に存在していることを実証するため，典型的な山岳地形を呈するネパール中部のマルシャンディ流域を対象に，現地踏査と空間情報解析および堆積物の年代測定を行った．マルシャンディ川の中流部約100 kmの地質は，上流から中古生層，片麻岩，結晶片岩，千枚岩，スレートなどで構成されており，主中央衝上断層よりも下流側には堆積段丘が発達する．片麻岩からなる区間はゴルジュ帯を形成しており，斜面や河道には大規模崩壊の痕跡が随所に認められる．下流域の中低位段丘上には，しばしば片麻岩の巨礫が散在し，過去に大規模な土石流が生じたことを示している．宇宙線生成核種を用いた露出年代測定により，これらの土石流段丘は，完新世に複数回のイベントで形成されたことがわかった．上流域の川沿いには，湛水域に堆積したとみられる砂礫および粘土からなる一連の湖成層が認められ，その層序と分布から，過去に長さが数キロメートルで深さが数百メートルの堰止湖が，複数個所に出現したのち，決壊によって消失したことがわかった．決壊に伴って生じた土石流は，数十キロメートルを流下し，下流部の地形を一変させたものと考えられる．調査によって明らかになった痕跡の数や流域斜面の地形量からみて，こうした現象は，流域の地形が発達する時空間スケールにおいては珍しいものではなく，むしろ主要な地形形成プロセスの一つとして機能しているものと推察される．現在でも，地震あるいは豪雨を引き金として，同様の連鎖的事象によって大規模な流域災害が発生する可能性は十分にあり，減災に向けて，起きうる事態を事前に想定して備えることが望まれる．

キーワード：山地地理学、減災、堰止湖、土石流、気候変動
Keywords: Mountain geography, Disaster mitigation, Landslide-dammed lake, Debris flow, Climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

基盤岩を覆う風化生成物の性質が土層の形成および輸送の速度に及ぼす影響：花崗岩およびホルンフェルスの斜面を事例に
Influence of lithology on production and transport of soils on hillslopes underlain by granite and hornfels

*渡壁 卓磨[1]、松四 雄騎[2]、松崎 浩之[3]
*Takuma Watakabe[1], Yuki Matsushi[2], Hiroyuki Matsuzaki[3]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学総合博物館
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. The University Museum, The University of Tokyo

本研究では，花崗岩とホルンフェルスを基盤とする斜面が隣接する京都市東山にて，宇宙線生成核種^{10}Beを用いて土層の形成速度と土砂の輸送係数を決定し，それらが基盤岩を覆う土層の性質にコントロールされていることを証明する．土層の形成速度は，いずれの斜面でも土の厚みに対して指数関数的な減少を示し，どの深度でも花崗岩斜面のほうが速い．この結果から，土層の輸送係数を経験的に求めると，それは花崗岩斜面のほうがわずかに大きい．花崗岩斜面は，透水性が大きいが保水性の小さな砂質土層に覆われている．深度1 m程度の地盤内は，気温の変化の影響を強く受ける．ホルンフェルス斜面は，シルトや粘土といった粘着質の土層に覆われており，その透水性は小さいが，保水性は大きい．花崗岩斜面と比べると，気温変化の影響は深部に伝わりにくい．花崗岩の地盤内は，水分量が少なく乾燥しやすく，比熱が小さいという特徴がある．これらの特徴は，降雨浸透に伴う乾燥・湿潤の程度だけでなく，地温の変化に伴う鉱物の膨張・収縮の程度も大きくするため，物理的風化を促進する要因となる．同時に，これらの作用は，ソイルクリープによる斜面下方への土砂移動を加速させる．透水性の大きな花崗岩斜面では，基盤岩の深度まで降雨が透過しやすく，水ー岩石反応に伴う斜長石などの分解といった化学的風化作用も促進される．基盤岩を覆う土層の物性が，基盤岩の土層化の速度をコントロールする要因となることを，本研究は示した．同様の気候・テクトニクス環境下にこれらの地質の斜面が存在する場合，花崗岩斜面でより速く削剥が生じ，低起伏の丘陵地が形成されることが示唆される．

キーワード：土層の形成速度、土層の輸送係数、宇宙線生成核種、土質工学的性質
Keywords: Soil production rate, Soil transport coefficient, Cosmogenic nuclides, Geotechnical properties

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

斜面の洪水流出・崩壊発生の統合的予測に向けた鉛直不飽和浸透流の特性解析

Characterization of the vertical unsaturated flow for an integrated prediction of the storm runoff response and landslide initiation on a hillslope

*谷 誠[1]、松四 雄騎[2]、佐山 敬洋[2]、小島 永裕[3]
*Makoto Tani[1], Yuki Matsushi[2], Takahiro Sayama[2], Nagahiro Kojima[3]

1. 人間環境大学、2. 京都大学防災研究所、3. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター
1. University of Human Environments, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Lake Biwa Environmental Research Institute

斜面水文学の研究は、豪雨時にも地表面流ではなく地中流が主たる流出機構であることを明らかにし、砂防学は、積算降雨が大きくなった後の強雨時に表層崩壊が発生することを経験的に見いだしてきた。こうした知見をふまえ、ある降雨条件を下回るときには洪水流出を産み出すが、その条件を上回るときには崩壊を発生させること、つまり両者が同一の流出機構のthresholdで仕分けされる点を矛盾なく説明する必要がある。これに関して、斜面土層内の鉛直不飽和浸透流が圧力水頭の伝播を通じて降雨から一時的地下水面への応答を主に制御すること、斜面方向の流れはその水面の応答を河川流出にむしろあまり変化なく伝達することが、最近の研究からわかってきた。そこで本研究では、なぜ鉛直不飽和浸透流が大規模降雨時の流出応答を創り出せるのかを検討し、今後の洪水・崩壊の統合的予測に対する研究方向性を提供する。

キーワード：洪水・崩壊の統合的予測、斜面水文学、鉛直不飽和浸透流、土層発達
Keywords: Integrated prediction of storm runoff and landslide initiation , Hillslope hydrology, Vertical unsaturated flow, Soil-layer evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-GM 地形学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[H-GM04] 地形

コンビーナ:八反地 剛(筑波大学生命環境系)、瀬戸 真之(福島大学うつくしま福島未来支援センター)、座長:瀬戸 真之、島津 弘

地形学に関する様々なテーマ，地形形成プロセス，地形発達およびその地球環境変動との関係，地形災害やその軽減，特に日本国内で発生した様々な自然災害に関する報告，ハザードマップ，人間活動と地形変化の関係，地形計測手法やその自動化などに関する研究成果が日本語または英語で発表されます．

10:45 ~ 11:00

[HGM04-06] ウズベキスタン南部，サマルカンドからバーミヤーンに至る古代道路ルート上にある「鉄門」の地形と洪水特性

*島津 弘[1] (1.立正大学地球環境科学部地理学科)

11:00 ~ 11:15

[HGM04-07] モンゴルオルゴイ湖掘削試料のOSL年代測定

*五十嵐 雄大[1]、長谷部 徳子[1]、勝田 長貴[2]、長谷川 精[3]、Davaasuren Davaadorj[4]、田中 幸哉[5]、Udaanjargal Uyangaa[1]、福士 圭介[1]、Niiden Ichinnorov[6] (1.金沢大学、2.岐阜大学、3.高知大学、4.モンゴル国立大学、5.キョンヒ大学、6.モンゴル科学アカデミー)

11:15 ~ 11:30

[HGM04-08] モンゴル南部の湖の古水位変動

*長谷部 徳子[1]、三寶 真[2]、Udaanjargal Uyangaa[2,3]、Ganbat Shuukaaz[3]、福士 圭介[1]、田中 幸哉[4]、Davaasuren Davaadorj[3] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学地球学教室、3.National University of Mongolia、4.Kyunghee University)

11:30 ~ 11:45

[HGM04-09] 高解像度３次元地形を用いたリーフ地形上での波浪変形・伝搬過程の数値的解明

*南舘 健太[1]、後藤 和久[2]、渡部 真史[3,4]、Volker Roeber[5,6]、渡久地 健[7]、三納 正美[8]、中島 洋典[9]、菅 浩伸[10] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東北大学大学院工学研究科、4.中央大学大学院理工学研究科、5.ハワイ大学、6.ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラドゥール大学、7.琉球大学、8.日本ミクニヤ株式会社、9.有明工業高等専門学校、10.九州大学大学院地球社会統合科学府)

11:45 ~ 12:00

[HGM04-10] 浅海底地形学：新たな分野の開拓と展望

*菅 浩伸[1]、堀 信行[2]、中井 達郎[3]、横山 祐典[4]、藤田 和彦[5]、長谷川 均[3]、中島 洋典[6]、浦田 健作[1]、鈴木 淳[7]、長尾 正之[7]、後藤 和久[8] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.首都大学東京・名誉教授、3.国士舘大学文学部地理学教室、4.東京大学大気海洋研究所、5.琉球大学理学部物質地球科学科、6.有明高専、7.産総研 地質情報、8.東北大学災害科学国際研究所)

12:00 ~ 12:15

Discussion

ウズベキスタン南部，サマルカンドからバーミヤーンに至る古代道路ルート上にある「鉄門」の地形と洪水特性
The landform and flood characteristics of the Iron Gate on the ancient road from Samarkand to Bamian, south Uzbekistan

*島津 弘[1]
*Hiroshi Shimazu[1]

1. 立正大学地球環境科学部地理学科
1. Department of Geography, Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

シルクロードの交易都市として栄えたサマルカンドから，シルクロードから分岐してアムダリヤの渡河点であるテルメズを経由して，バーミヤーンに至る古代道路のルート上に「鉄門」と呼ばれる峡谷がある．天山山脈の西方延長のヒッサール山脈の主稜線から東のスルハンダリヤ側へ数km下ったところにあるケスタの稜線を刻むおよそ2kmの狭窄部である．峡谷の最少幅はおよそ10m，両岸の谷壁斜面は崖となっており比高が200m近くある．7世紀前半にインドへ向かった玄奘もこの鉄門を通ったと考えられている．

峡谷の中には中径が50cmを超える土石流堆積物，層理が明瞭でより円磨され細粒な洪水堆積物が分布しており，現在の谷底とそのトップの比高は数mである．また，現谷底は平坦な埋積谷あるいはその上に大きな礫からなるロウブ状地形が分布している．谷壁斜面や堆積面上には植生が見られるものの，谷底および側壁にはわずかな低木を除いてほとんど植生は見られない．以上のことから，鉄門の区間の峡谷部では大きな出水で土石流または洪水流により土砂が運ばれて谷を埋め，それが侵食されるという現象が繰り返氏生じていると考えられる．谷底における土砂移動は毎年生じており，谷を数m以上埋積するようなイベントは数年に一度生じると推定される．サマルカンドやテルメズでは，主として10月から4月まで降水があり，寒候期には最低気温の月平均が氷点下になることから，冬季の積雪が融解する3月～4月の降雨イベントで洪水が発生すると考えられる．

このような洪水リスクのあるところに重要な街道が造られたのは，この場所が重要なチェックポイントとなっていたことと関係がある．この地域の尾根上にあったと考えられる要塞から，時々通行止めになる道路の人の出入りを監視するには好都合であったことが推察される．

キーワード：鉄門、狭窄部、洪水、河川堆積物、スルハンダリヤ、ウズベキスタン
Keywords: Iron Gate, gorge, flooding, fluvial sediments, Surkhandarya, Uzbekistan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モンゴルオルゴイ湖掘削試料のOSL年代測定
OSL dating of sediment core in Olgoi lake, Mongolia

*五十嵐 雄大[1]、長谷部 徳子[1]、勝田 長貴[2]、長谷川 精[3]、Davaasuren Davaadorj[4]、田中 幸哉[5]、Udaanjargal Uyangaa[1]、福士 圭介[1]、Niiden Ichinnorov[6]
*Yudai Igarashi[1], Noriko Hasebe[1], Nagayoshi Katsuta[2], Hitoshi Hasegawa[3], Davaadorj Davaasuren[4], Yukiya Tanaka[5], Uyangaa Udaanjargal[1], Keisuke Fukushi[1], Ichinnorov Niiden[6]

1. 金沢大学、2. 岐阜大学、3. 高知大学、4. モンゴル国立大学、5. キョンヒ大学、6. モンゴル科学アカデミー
1. Kanazawa University, 2. Gihu University, 3. Kochi University, 4. National University of Mongolia, 5. Kyunghee University, 6. Mongolian Academy of Science

モンゴル南部の山脈に挟まれた盆地には多数の湖が存在しており、”Valley of the Lakes”と呼ばれる。これらの湖は、第四紀の間で水位変動を繰り返している。この湖水位変動は気候変動を読み解く重要な情報である。南部の大きな盆地であるValley of the Gobi lakes の大きな流入源となるのはハンガイ山脈からの流入である。本研究の調査湖であるオルゴイ湖は、Valley of the Gobi lakesの他の湖よりハンガイ山脈山頂に近いため、流入 を敏感に反映している可能性が高いが年代報告例が非常に少ない。本研究では、オルゴイ湖の掘削試料の石英OSL年代測定を行った。この掘削試料は完新世をカバーする0.7~10kaの年代値を示した。さらに、オルゴイ湖掘削試料の最たる特徴として見られる砂礫の層の堆積が完新世の急激な気温変動イベントに関連していた可能性が示唆された。また、この掘削試料の深度7.5-9.0ｍで大きな年代のギャップがあった。これは過去の堆積環境、さらには気候を反映している可能性が高いが、本研究の年代値からは議論に至らなかった。このオルゴイ湖の複雑な堆積環境の変遷を読み解くには、高分解能な堆積物特性との比較が必要である。

キーワード：モンゴル、湖沼堆積物、OSL年代測定
Keywords: Mongolia, Lake sediment, OSL dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モンゴル南部の湖の古水位変動
Paleo Lake level change in southern part of Mongolia

*長谷部 徳子[1]、三寶 真[2]、Udaanjargal Uyangaa[2,3]、Ganbat Shuukaaz[3]、福士 圭介[1]、田中 幸哉[4]、Davaasuren Davaadorj[3]
*Noriko Hasebe[1], Makoto Sambo[2], Uyangaa Udaanjargal[2,3], Shuukaaz Ganbat[3], Keisuke Fukushi[1], Yukiya Tanaka[4], Davaadorj Davaasuren[3]

1. 金沢大学環日本海域環境研究センター、2. 金沢大学地球学教室、3. National University of Mongolia、4. Kyunghee University
1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 2. Department of Earth Sciences, Kanazawa University, 3. National University of Mongolia, 4. Kyunghee University

Lake Boontsagaan, Orog and Olgoy are located in the Valley of the Lakes, Gobi-Altai transition zone, which stretches from central to western Mongolia. This area suffers desertification probably due to the ongoing global worming and dried up lake sediments are worried as a source of contaminated sand storm. The flat surface in Valley of Lakes is covered with Quaternary lake sediments. Paleoshorelines are identified near the lakes. This study observed the sedimentary structures of the outcrops on the paleoshoreline and samples were collected to estimate the time when lake level was high by Quartz OSL dating method. The outcrop near the Ology, Boontsagaan, and Orog lakes are higher than the present lake level by 8 m, 15 m and 3 m, respectively.
The history of lake level change is proposed based on the age, altitude of the localities, and sedimentary structure of the outcrops. Data from Boontsagaan lake, for which coarse grains were analysed, scatter, therefore the youngest age component is extracted by plotting the data on the radial plot (Galbraith, 1988, Vermeesch, 2009). Ages from Boontsagaan Lake are around ~4-9 ka, while ages from Olgoy and Orog lakes are around ~1-2 ka. Because Boontsagaan Lake is larger and deeper than other lakes, its lake level change would be less active. Besides, relative height of the locality to the current lake level is higher then other two lakes. Therefore, the lake level was very high before ~5 ka, and relatively high at ~1-2 ka. The obtained results are consistent with previously reported data from the nearby sites (Lehmkuhl et al., 2018).

キーワード：湖水位変動、光励起ルミネッセンス年代測定、モンゴル、完新世
Keywords: Lake level change, OSL dating, Mongolia, Holocene

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度３次元地形を用いたリーフ地形上での波浪変形・伝搬過程の数値的解明

Numerical modeling of wave propagation on the coral reef based on high resolution 3D topography

*南舘 健太[1]、後藤 和久[2]、渡部 真史[3,4]、Volker Roeber[5,6]、渡久地 健[7]、三納 正美[8]、中島 洋典[9]、菅 浩伸[10]
*Kenta Minamidate[1], Kazuhisa Goto[2], Masashi Watanabe[3,4], Volker Roeber[5,6], Ken Toguchi[7], Masami Sannoh[8], Yosuke Nakashima[9], Hironobu Kan[10]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 東北大学大学院工学研究科、4. 中央大学大学院理工学研究科、5. ハワイ大学、6. ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラドゥール大学、7. 琉球大学、8. 日本ミクニヤ株式会社、9. 有明工業高等専門学校、10. 九州大学大学院地球社会統合科学府
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University, 3. Graduate School of Engineering, Tohoku University, 4. Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, 5. Hawaii University, 6. Université de Pau et des Pays de l'Adour, 7. Ryukyu University, 8. Mikuniya Corporation, 9. NIT, Ariake College, 10. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University

造礁サンゴによって形成されるリーフ上では，波浪の変形が起こることが知られている．従来，リーフは主に波浪を減衰させる効果を持つと考えられてきたが，台風による高波の波高をさらに増幅することも指摘されている．数値計算を用いた海岸工学的な研究においては，断面地形を用いた一次元断面計算，あるいは解像度の低い平面地形による計算が一般的に行なわれてきた．しかしながら，これらの計算ではリーフの微地形を表現できないため，リーフが波浪に与える影響を十分に評価することが難しい．そこで本研究では，ワイドバンドマルチビーム測深とUAVを用いた空中写真測量により，沖縄県久高島の1 mグリッド高解像度3次元地形を作成した（約3 ×5 km）．そして，得られた地形データに基づき，拡張型ブジネスクモデル（BOSZ）を用いて平面二次元波浪計算（5 mグリッド）を行うことで，微地形も考慮したリーフ地形上での波浪の変形メカニズムを解明した．本研究の結果から，リーフ上では浅海域で水深に応じて波浪の発達，減衰が起こると同時に，ミクロな視点では波浪伝搬過程はspursやgrooves等が作る微地形にも支配されていることが明らかになった．

キーワード：波浪、高波、サンゴ礁、マルチビーム測深、UAV、数値計算
Keywords: Wave, Storm wave, Coral reef, Multi-beam survey, UAV, Numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浅海底地形学：新たな分野の開拓と展望
Coastal Seafloor Geomorphology: launching of a new field and perspectives

*菅 浩伸[1]、堀 信行[2]、中井 達郎[3]、横山 祐典[4]、藤田 和彦[5]、長谷川 均[3]、中島 洋典[6]、浦田 健作[1]、鈴木 淳[7]、長尾 正之[7]、後藤 和久[8]
*Hironobu Kan[1], Nobuyuki Hori[2], Tatsuro Nakai[3], Yusuke Yokoyama[4], Kazuhiko Fujita[5], Hitoshi Hasegawa[3], Yosuke Nakashima[6], Kensaku Urata[1], Atsushi Suzuki[7], Masayuki Nagao[7], Kazuhisa Goto[8]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 首都大学東京・名誉教授、3. 国士舘大学文学部地理学教室、4. 東京大学大気海洋研究所、5. 琉球大学理学部物質地球科学科、6. 有明高専、7. 産総研 地質情報、8. 東北大学災害科学国際研究所
1. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 2. Emeritus Professor, Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, 3. Department of Geography and Environmental Studies, Kokushikan University, 4. AORI, University of Tokyo, 5. Department of Physics and Earth Sciences, Faculty of Science, University of the Ryukyus, 6. National Institute of Technology, Ariake College, 7. Research Institute of Geology and Geoinformation, AIST, 8. IRIDeS, Tohoku University

水深130m以浅の浅海域は，氷期・間氷期の海面変化に伴って，侵食・堆積作用を交互に受けながら地形がつくられる地域である。しかし，従来の地形学では議論されることが極めて少なかった。最近，マルチビーム測深等の探査技術の発展に伴って，正確かつ詳細な沿岸浅海域の地形測量を進めることが可能となってきた。本発表では，浅海底を対象とした地形学の新規性と可能性について，世界の研究事例や我々のグループの研究資料を基に議論する。

キーワード：マルチビーム、音響測深、海水準変動、陸棚
Keywords: multibeam bathymetry, echo sounder, sea level change, shelf

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所)

地球温暖化防止は世界規模での喫緊の課題であり、科学技術の総力を挙げた取り組みが求められている。本セッションでは、CO2排出量の削減法の一つであるCCUSに特化し、CO2の分離・回収および貯留、CO2有効利用、CO2EOR/EGRに関わる諸現象を対象とするのみならず、これらを実現する上での環境影響評価、安全性評価、モニタリング、定量評価(MMV)、社会的受容性拡大等の各手法に関して、最新の研究開発動向を議論する。昨年度に引き続き、地下でのCO2挙動に対する理解の深化に加えて、CCUSの実用化に向けて解決すべき課題の再認識をメイントピックとする。

9:00 ~ 9:15

[HSC07-01] 二酸化炭素圧入時の海洋潮汐荷重に対する間隙圧応答変化の数値解析

*赤木 俊文[1]、山本 肇[1] (1.大成建設株式会社)

9:15 ~ 9:30

[HSC07-02] Relationship between rock deformation and permeability evolution during fracturing in rocks for CCUS technology

*藤井 孝志[1]、雷 興林[1]、徂徠 正夫[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

9:30 ~ 9:45

[HSC07-03] 光ファイバーセンシング技術およびひずみゲージを用いた泥岩中の化学的浸透による岩石の変形の定量化と計測された歪挙動の比較

*廣田 翔伍[1]、徳永 朋祥[1]、薛 自求[2]、朴 赫[2] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、2.公益財団法人地球環境産業事業研究機構)

9:45 ~ 10:00

[HSC07-04] 塩水層へのCO_2貯留で発生しうる乾燥状況を想定した塩の析出実験

*森垣 勇人[1,2]、愛知 正温[1] (1.東京大学、2.東芝エネルギーシステムズ（株）)

10:00 ~ 10:15

[HSC07-05] 拡張ヤングラプラス式によるCO_2/塩水/鉱物系での濡れ性に関する熱力学的アプローチ

*志賀 正茂[1,2]、徂徠 正夫[1]、愛知 正温[2]、本田 博巳[2] (1.産総研、2.東京大学)

10:15 ~ 10:30

[HSC07-06] ハイドレートを利用したCO2地中貯留の提案

*鳥羽瀬 孝臣[1] (1.電源開発株式会社)

二酸化炭素圧入時の海洋潮汐荷重に対する間隙圧応答変化の数値解析
Numerical simulation of variational pore pressure response to ocean tidal loading during CO2 injection

*赤木 俊文[1]、山本 肇[1]
*Toshifumi Akaki[1], Hajime Yamamoto[1]

1. 大成建設株式会社
1. Taisei Corporation

地球温暖化に対する有望な対策として，CCS（Carbon dioxide capture and storage）がここ数十年にわたって広く研究されており，複数の大規模プロジェクトが世界中で進行している．二酸化炭素は，石炭火力発電所などから排出される排ガスから補足し，深部貯留層に圧入され長期間貯留される．CO2地中貯留では，圧入されたCO2の安価で信頼性の高いモニタリング手法が必要とされている．間隙水圧が地球潮汐および海洋潮汐の影響を受けることはよく知られている．近年，長岡と苫小牧のCO2地中貯留プロジェクトにおいて，測定された間隙圧変動における潮汐成分が二酸化炭素到達後に減衰したことが報告されている．この間隙圧力の応答は水とCO2を含む多孔質弾性体の流体-地盤力学連成挙動によって良く説明され，潮汐に対する間隙圧応答を利用したCO2モニタリング手法の可能性が示された．しかし，CO2圧入時の圧力変動は、観測井とCO2プルームの距離，CO2プルームの形状，圧力拡散など，多くの諸条件に影響される可能性があるため，CO2圧入時における潮汐に対する圧力応答をより定量的に評価するためには数値計算が必要となる．本研究では，多孔質弾性論に基づく水-CO2二相流条件下における流体-力学連成解析により，海洋潮汐を想定して，二酸化炭素圧入時の圧入井地点における，潮汐に対する間隙圧応答をシミュレートした．間隙圧応答の振幅はCO2圧入中に減衰し，圧入終了後は浮力によるCO2プルームの上昇に伴って振幅が増加した．最終的には貯留層上部のCO2プルームの影響を受けて，初期の間隙圧応答に比べてやや小さな振幅を示した．

キーワード：海洋潮汐、二酸化炭素地中貯留、数値解析
Keywords: Ocean tide, Carbon dioxide geologic storage, Numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relationship between rock deformation and permeability evolution during fracturing in rocks for CCUS technology

*藤井 孝志[1]、雷 興林[1]、徂徠 正夫[1]
*Takashi Fujii[1], Xinglin Lei[1], Masao Sorai[1]

1. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

An understanding of relationship between fluid flow transport and geo-mechanical response within geological reservoirs is of a fundamental concept for a suitable utilization of deep underground repositories (e.g., Carbon Capture and Storage (CCS), Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS), shale gas exploration). Particularly, fracture permeability within caprocks plays an important role in producing hydrocarbon during the trapping of buoyant gas fluids in reservoirs for CCUS projects. Wide variations of permeability value depending on rock deformation (including fracturing process) for several types of rocks has been determined using the coupled fluid flow transport (TOUGH2) and geo-mechanical response (FLAC3D) simulator (e.g., Rutqvist et al., 2002) so far. However, the evolution of permeability during fracturing in such rocks is very complex, and there now are being reported few constitute law for the linked deformation and fracture permeability. Furthermore, few laboratory studies have experimentally been conducted so as to replicate this process by simultaneously fracturing specimens and measuring permeability at in situ fracturing stress states (Carey et al., 2015; Fujii et al., 2015; Frash et al., 2016).
The purpose of this study is to investigate experimentally permeability change during fracturing in (i) caprocks (shale, mudstone, slate) and (ii) reservoir rock (sandstone, tuff), the conditions of which assumes that CO_2 is injected into geological media. We attempt to fit a model to obtained experimental data (i.e., permeability: K, volumetric strain: e_v) in order to develop suitable constitute law for the optimize use of coupled geo-mechanics and fluid flow simulator.
Our results demonstrate that there could mainly be classified into the two patterns of relationship between e_v and K of all materials tested. Particularly, it is apparent that the permeability behavior throughout fracturing and slipping processes are quite different between rock groups of (i) and (ii). Caprocks have a sharp-jumped increase of permeability during fracturing in the rock matrix, but reservoir rocks have significantly smaller permeability change, compared to the caprocks in post-failure regime. Furthermore, model fitting results suggest that the relationship between e_v and K of all materials tested could be explained fully by modification of conventional model (e.g., Cappa et al., 2009)
In light of findings of our study, it can be concluded that the propsed constitute law might be contributed to the simplification and optimization of the coupled fluid flow and geomechanical simulator.

キーワード：岩石変形、き裂浸透率、構成則
Keywords: rock deformation, fracture permeability, Constitute law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光ファイバーセンシング技術およびひずみゲージを用いた泥岩中の化学的浸透による岩石の変形の定量化と計測された歪挙動の比較
Comparison of Optical Fiber Sensing Technique and Strain Gauge in a Measurement of Rock Deformation Caused by Chemical Osmosis

*廣田 翔伍[1]、徳永 朋祥[1]、薛 自求[2]、朴 赫[2]
*Shogo Hirota[1], Tomochika Tokunaga[1], Ziqiu Xue[2], Hyuck Park[2]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、2. 公益財団法人地球環境産業事業研究機構
1. Department of Environmental Systems, Graduate School of Frontier Science, the University of Tokyo, 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

地圏環境は物質移動の速度が地表に比べて非常に遅く，安定した環境であることが知られており，そのような特性は高レベル放射性廃棄物の地層処分や二酸化炭素回収貯留（CCS）といった人間社会から特定の物質を長期間隔離するような事業において有用である．そのような目的において，透水係数や拡散係数が比較的小さい粘土質の地層が遮蔽層として重要な役割を持つと考えられている．

粘土質の岩石について，半透膜的に振る舞うことがあることが知られている．半透膜的挙動を示す岩石中では化学的浸透現象，すなわち半透膜の両側に濃度差のある溶液が存在するとき浸透圧差によって低濃度側から高濃度側に向かって水の流れが発生するという現象が生じうる(Marine and Fritz, 1981)．化学的浸透に起因する圧力変化は最大で20MPaにもなることが既往研究によって示されている（Neuzil, 2000）．また，化学的浸透に起因する圧力変化に伴って岩石の変形が生じる（Greenberg et al., 1973: Noy et al., 2004）が，化学的浸透による岩石試料の歪を多点的に計測することは困難であるため，その詳細まで議論なされていないのが現状である．

一般に室内実験における岩石の変形の計測には電気抵抗の変化を利用したひずみゲージが用いられることが多い．一方で，化学的浸透についての室内実験は計測に要する期間が非常に長くなり，そのような実験条件下では電気式ひずみゲージは絶縁破壊や発熱などによるひずみゲージのドリフトによって計測の正確さに問題が生じうる．一方で分布式光ファイバーセンシング（DOFS）を用いることでこの問題を回避することが可能と考えられる．DOFSでは，光ファイバーを通過する光に起因する散乱光の性質を利用して光ファイバーに沿った方向の歪の計測を行うことができる．また，DOFSは光ファイバーそれ自体をセンサーとして利用しているため，光ファイバーに沿って多点的な歪の計測が可能となっている．

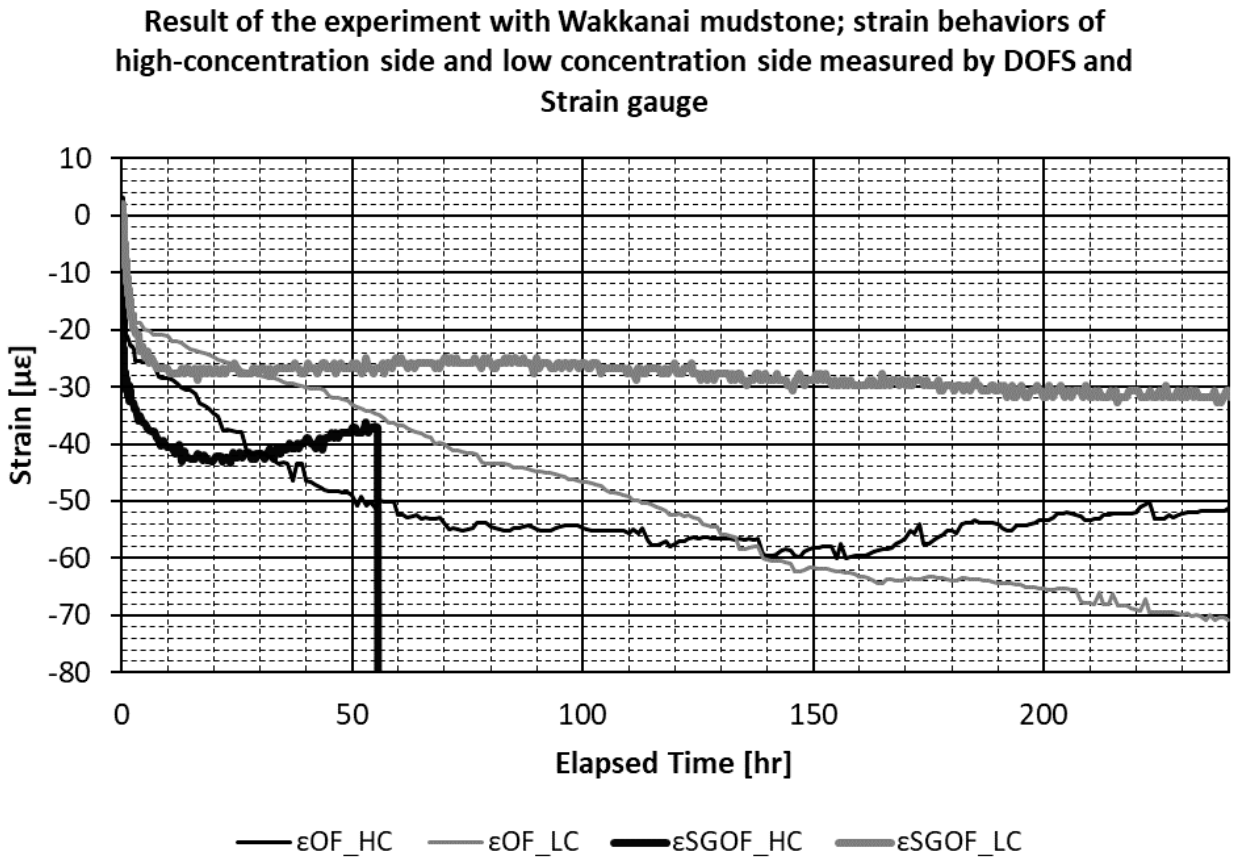
今回の実験では，化学的浸透についての室内実験を行い，そのときに岩石試料に生じた歪を光ファイバー・ひずみゲージの両方で計測を行い，結果の比較を行うことで化学的浸透実験における歪計測についてのDOFSおよび電気式ひずみゲージの適用可能性について検討すること，化学的浸透による歪の時間的挙動・空間的分布について議論を行うことを目的としている．実験には北海道稚内地域の新第三期の地層から採取された稚内層珪質泥岩および埼玉県秩父地域の新第三紀の地層で採取された小鹿野町層泥岩から作成した直径50㎜，高さ30㎜程度のコア試料を用いた．また，ひずみゲージはコア側面の上面・底面付近に貼られており，軸方向・周方向の歪を計測している．光ファイバーは試料に対しらせん状に接着されており，光ファイバー方向の歪を計測している．泥岩試料上面および側面にはシリコンを塗ることでそれらの面を溶液が通過しないようにした．間隙水よりも10g/L程度高濃度の塩水と岩石試料を接させることで，泥岩内部に1次元的な化学的浸透流れを引き起こした．実験は240時間継続して行い，室温を空調で制御したうえで断熱材の箱の内部に実験装置を設置することで温度をほぼ一定とした．

実験結果より，実験初期において電気式ひずみゲージによる計測と光ファイバーセンシングの結果に整合性

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

が見られた．ただし，実験開始直後の試料下部での化学的浸透流に伴う泥岩上部の膨張といった多孔質弾性体に特徴的な歪挙動は光ファイバーセンシングでは観察できなかった．これはDOFSのサンプリング時間がひずみゲージでのサンプリング時間に比べて長いことに起因していると考えられる．また，実験開始からある程度時間が経過すると，ひずみゲージでの計測結果では歪が減少傾向から増加傾向に転じていたのに対し，DOFSの結果では歪は減少傾向のままという状態が見られた．これは，ひずみゲージの計測の不安定性に起因していると考えられる．

キーワード：化学的浸透、光ファイバーセンシング技術、粘土質層、多孔質弾性体理論
Keywords: Chemical osmosis, optical fiber sensing technique, argillaceous formation, poroelasticity



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

塩水層へのCO$_2$貯留で発生しうる乾燥状況を想定した塩の析出実験
Experiment of precipitation of salt for dry-out condition caused by CO$_2$ storage in saline aquifer

*森垣 勇人[1,2]、愛知 正温[1]
*Hayato Morigaki[1,2], Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学、2. 東芝エネルギーシステムズ（株）
1. University of Tokyo, 2. Toshiba Energy Systems & Solution Corporation

CO$_2$は圧入パイプの腐食を防ぐために乾燥させて輸送されるため、塩水層へ注入されたCO$_2$は水の蒸発を招き、地層を乾燥させる可能性がある。この際塩水に溶解していた塩が析出することで、貯留層の間隙率の低下、目詰まりによる浸透率の低下が懸念されている。一方で、帽岩のシール能力への影響については、十分検討されてきたとは言えない。

本研究では、乾燥の程度を制御した状態で塩の析出状況を観察するために、恒温恒湿器を用い、約100 MPaのサクションを発生させるような湿度制御の下で実験を行った。実験は、側面を密閉し、下部に塩水レザバーを付けたコアサンプルを湿度制御空間の中に静置し、コアサンプル上面からの水分蒸発量の計測と塩の析出観察を行った。またこの実験前後の比較において、析出の有無とレザバーの塩濃度変化から泥岩の半透膜性能の影響についても評価を試みた。塩水層に見立てたレザバーの塩濃度は海水程度の0.6 mol/Lとし、この塩水飽和岩石が乾燥にさらされた場合を想定した実験を行ったところ、大田代層泥質砂岩および大田代層泥岩、稚内層泥岩においては塩の析出前後で水分のフラックスが顕著には変化しない場合が多いという結果が得られた。また、半透膜効果による塩輸送阻害についても、顕著でないという結果が得られた。これは、乾燥による塩の析出が帽岩のCO$_2$遮蔽性能を向上させるということは、必ずしも期待しえないことを示唆している。

キーワード：塩水層、塩の析出、反射係数
Keywords: saline aquifer, salt precipitation, reflection coefficient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

拡張ヤングラプラス式によるCO_2/塩水/鉱物系での濡れ性に関する熱力学的アプローチ

Thermodynamic Approach to Wettability of CO_2/Brine/Mineral System by Augmented Young Laplace Equation

*志賀 正茂[1,2]、徂徠 正夫[1]、愛知 正温[2]、本田 博巳[2]
*Masashige Shiga[1,2], Masao Sorai[1], Masaatsu Aichi[2], Hiromi Honda[2]

1. 産総研、2. 東京大学
1. AIST, 2. The University of Tokyo

CO_2 Geo-Sequestration (CGS)has been regarded as one of the most significant technologies to reduce the amount of CO_2 emissions into the atmosphere.

Sealing performance of the caprock in the geological formation is largely influenced by wettability which is evaluated by the contact angle of the CO_2/Brine/Mineral system.

A lot of researchers have measured the angles in various conditions (e.g. pressure, temperature, salinity, or types of minerals) by various methods.

However, the value and the trend of the contact angle have not been confirmed yet.

This is mainly because there are a lot of inconsistencies in the experimental data due to the difficulties of controlling the surface roughness or impurities.

In order to tackle this problem,we calculated the contact angle and studied the key factor to affect its value by using augmented Young Laplace equation in which a thickness of the film on the mineral substrate is considered as a thermodynamic variable.

Parameters of the interfacial properties were calculated by PhreeqC, which is a simulator performing a wide variety of aqueous geochemical calculations.

キーワード：CO2地中貯留、濡れ性、接触角
Keywords: CO2 Geo-Sequestration, Wettability, Contact Angle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハイドレートを利用したCO2地中貯留の提案
A proposal of CO2 underground storage using hydrate

*鳥羽瀬 孝臣[1]
*Takaomi Tobase[1]

1. 電源開発株式会社
1. Electric Power Development Co., Ltd.

自然界にはメタンガスがハイドレート（固体）状に存在する事実がある。メタンハイドレートをナチュラルアナログ（自然類似現象）として、温度と圧力によるガスハイドレート生成メカニズムを利用して、CO2地中貯留に応用することを提案する。CO2ハイドレート貯留の概念は以下のとおりである。

① 貯留層内に液体若しくは超臨界のCO2を圧入する。

② 圧入されたCO2は密度差によって上方に移動し、温度と圧力条件がハイドレートを生成する領域に達した時に、自らハイドレート化して孔隙内で目詰まりする（遮蔽機能を有するようになる）。

③ 遮蔽機能を有するCO2ハイドレートが形成されることにより、その下位にCO2が貯留できるようになる。（つまり、地質構造的な遮蔽層を必要としない）

日本周辺海域を対象に、既往データを用いて水温の鉛直分布を調査した結果、海底下地層においてCO2ハイドレートを生成する温度・圧力条件を満たすことが確認できたことから、CO2ハイドレート貯留の可能性が高いと考えられる。

CO2地中貯留の方法として、地質構造的な遮蔽層を有する帯水層貯留（CO2-EORを含む）が一般的であるが、今回提案するCO2ハイドレート貯留が実現するならば、CO2貯留の適地拡大に寄与することが期待できる。

キーワード：CO2地中貯留、ガスハイドレート、遮蔽機能
Keywords: carbon storage, gas hydrate, seal function

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-SC 社会地球科学・社会都市システム

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 301B 3F

[H-SC07] 地球温暖化防止と地学（CO2地中貯留・有効利用、地球工学）

コンビーナ:徂徠 正夫(国立研究開発法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)、愛知 正温(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、座長:薛 自求(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

地球温暖化防止は世界規模での喫緊の課題であり、科学技術の総力を挙げた取り組みが求められている。本セッションでは、CO2排出量の削減法の一つであるCCUSに特化し、CO2の分離・回収および貯留、CO2有効利用、CO2EOR/EGRに関わる諸現象を対象とするのみならず、これらを実現する上での環境影響評価、安全性評価、モニタリング、定量評価(MMV)、社会的受容性拡大等の各手法に関して、最新の研究開発動向を議論する。昨年度に引き続き、地下でのCO2挙動に対する理解の深化に加えて、CCUSの実用化に向けて解決すべき課題の再認識をメイントピックとする。

10:45 ~ 11:00

[HSC07-07] 大規模地質モデルを用いたCO_2挙動解析

*重岡 優希[1]、西山 治希[1]、木野戸 広[1]、鳥羽瀬 孝臣[2]、中島 崇裕[3]、薛 自求[3] (1.株式会社JPビジネスサービス、2.電源開発株式会社、3.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:00 ~ 11:15

[HSC07-08] Monitoring hydromechanical responses in aquifer by distributed fiber-optic strain sensing: From lab to field

*張 毅[1,2]、薛 自求[1,2]、橋本 励[1,2]、朴 赫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

11:15 ~ 11:30

[HSC07-09] Field Testing of Hybrid Brillouin-Rayleigh Distributed Sensing System for Subsurface Water Injection Monitoring

*Yankun Sun[1,2]、Ziqiu Xue[1,2]、Tsutomu Hashimoto[1,2]、Xinglin Lei[3]、Yi Zhang[1,2] (1.Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association、2.Research Institute of Innovative Technology for the Earth、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

11:30 ~ 11:45

[HSC07-10] Gravity monitoring using superconducting gravimeters near the seashore at the Tomakomai CCS demonstration site

*後藤 宏樹[1,2]、杉原 光彦[1,2]、池田 博[3]、西 祐司[1,2]、石戸 経士[1,2]、徂徠 正夫[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.産業技術総合研究所、3.筑波大学)

11:45 ~ 12:00

[HSC07-11] マイクロバブルCO_2圧入フィールドパイロット試験　－計画と準備－

*中川 和則[1]、上田 良[1]、中野 正則[1]、薛 自求[2] (1.石油資源開発株式会社、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

12:00 ~ 12:15

[HSC07-12] Mechanisms inducing anomalously high pCO_2 without CO_2 leakage in coastal environment

*渡辺 雄二[1,2]、内本 圭亮[1,2]、西村 真[1,2]、三戸 彩絵子[1,2]、薛 自求[1,2] (1.二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2.公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

大規模地質モデルを用いたCO_2挙動解析
CO_2 behavior simulation using large scale geological model

*重岡 優希[1]、西山 治希[1]、木野戸 広[1]、鳥羽瀬 孝臣[2]、中島 崇裕[3]、薛 自求[3]
*Yuuki Shigeoka[1], Haruki Nishiyama[1], Hiroshi Kinoto[1], Takaomi Tobase[2], Takahiro Nakajima[3], Ziqiu Xue[3]

1. 株式会社JPビジネスサービス、2. 電源開発株式会社、3. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. JP Business Survice Corporation, 2. Electric Power Development Co., Ltd., 3. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

大気中のCO_2濃度上昇に伴う気候変動の緩和策としてCCSに期待が寄せられている。CCSは発電所などで発生するCO_2を分離・回収し、地下に貯留することで、CO_2の大気放出量を減らす仕組みをいう。地中貯留における貯留層評価の主な検討項目は、(1)圧入性能の評価、(2)貯留容量の評価、の2つである。本研究では以上の2つの評価項目に関して、数値解析による検討結果について報告する。解析モジュールは多成分・多相流体を扱うTOUGH2-ECO2Nを用いた。

(1)圧入性能の評価
貯留層の圧入性能に対する基本物性値（浸透率・孔隙率）の影響を調べるために、感度分析を行った。その結果、圧力経時変化において、浸透率は圧力を全体的に変化させ、孔隙率は圧力上昇の勾配を変化させることが分かった。また、浸透率と孔隙率は、長期的な圧力分布やCO_2プルームの分布範囲にも影響を及ぼすことが明らかとなった。

(2)貯留容量の評価
貯留容量の評価は、カナダQuestで行われているCCSプロジェクトの圧力経時変化のモニタリング結果及び予測シミュレーション結果に基づくヒストリーマッチングを行い、解析モデルを設定した。その上で、貯留容量評価に影響を与える要因を分析するとともに、圧入坑井配置等のケーススタディーを行った。これらの知見は、単に貯留容量を評価するだけでなく、貯留層内の圧力上昇やCO_2プルームの分布等を予測した上で、対象とする貯留層を有効に活用する（無駄なく利用する）ための圧入坑井の配置、坑井数、圧入流量・時間、また必要に応じて圧力緩和井の設置などの「貯留層マネジメント」を可能にするものとして期待できる。

キーワード：二酸化炭素回収貯留、TOUGH2、大規模貯留層シミュレーション
Keywords: Carbon dioxide Capture and Storage, TOUGH2, Large scale Reservoir Simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monitoring hydromechanical responses in aquifer by distributed fiber-optic strain sensing: From lab to field

*張 毅[1,2]、薛 自求[1,2]、橋本 励[1,2]、朴 赫[1,2]
*Yi Zhang[1,2], Ziqiu Xue[1,2], Tsutomu Hashimoto[1,2], Hyuck Park[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Geological Carbon dioxide Storage Technology Research Association, 2. Research Institute of Innovative Tech for the Earth

Pore fluids control deformation of porous media by the fluid-to-solid hydromechanical (HM) coupling in which a change in fluid pressure can modify the effective stress and deform the porous medium (Wang, 2000). The HM coupling mechanism provides a possibility that to understand aquifer characteristics and fluid activities during fluid extraction and/or injection operations, e.g., in geological CO_2 storage (GCS), by monitoring rock strain changes. We successfully measured such HM deformations using a high-resolution distributed fiber optic strain sensing (DFOSS) tool in both laboratory and field scale studies. From the DFOSS-obtained HM information, we are able to track the pressure impact zone, understand the permeability structure of the aquifer formation and identify the preferential flow layers. Moreover, we can track the fluid migration front during CO_2 displacing water and the mechanical response of CO_2 breaking through to a low-permeability layer or caprock. The application of DFOSS would be beneficial to guide the aquifer pressure management for safe GCS with prior or simultaneous water extraction (Buscheck et al., 2012).

キーワード：分布型光ファイバひずみセンサ、帯水層透水試験、ハイドロメカニカル変形、CO2地中貯留
Keywords: Distributed fiber-optic strain sensing, Aquifer test, Hydromechanical deformation, CO2 storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Field Testing of Hybrid Brillouin-Rayleigh Distributed Sensing System for Subsurface Water Injection Monitoring

*Yankun Sun[1,2], Ziqiu Xue[1,2], Tsutomu Hashimoto[1,2], Xinglin Lei[3], Yi Zhang[1,2]

1. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association, 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Massive fluid injections into underground formations inevitably alter stress state and even induce damaging earthquakes, so robust high-resolution monitoring technologies are urgent to track geomechanical behaviors of injected fluids. Here we present one of the first case studies demonstrating the use of distributed fiber optic sensing (DFOS) technique based on hybrid Brillouin-Rayleigh backscattering for well-based monitoring of geomechanical deformations induced by field water injection. Injection tests were conducted with different injection scenarios between injection well (230 m, IW #2) and 5.5 m away from fibered monitoring well (300 m, MW #1) deployed cable behind casing in Mobara, Japan. Geomechanical responses were real- time recorded using DFOS approach; the resulting strain profiles were used to capture fluid evolution behaviors; thus evidencing that induced strains significantly depend on injection rate, injection pressure and lithological heterogeneity using this approach. Concurrent borehole logging was utilized to detect injection-induced variation of near- wellbore formations, which results agreed reasonably well with DFOS readings. This field application of hybrid DFOS technology conclusively enables speedy improvement of finely monitoring subsurface geoscience engineering activities, such as CO_2 storage.

Based on this methodology, some conclusions in this study can be drawn below:
1. An advanced DFOS system based hybrid Brillouin-Rayleigh backscattering is successfully applied to real-time monitor water injection tests between two adjacent wells. Two different injection formations ① and ② are investigated.
2. Field testing demonstrates that induced geomechanical deformation (i.e., strain) is mainly dependent on injection volume rather than injection temperature, which has no significant effect on the strain changes.
3. Geomechanical deformations harmoniously emerge and eliminate with injection schemes, although the effect of packers on the strain profile results in slight emergency of strain leaps. The impacted zones expand along vertical direction beyond corresponding injection sections.
4. Formation heterogeneity results in lateral transport of injected water and its pressure propagation in the pore space. Compared with *V*sh -GR and BH, the lower *V*sh related to formation is easier for strain accumulation. In addition, although the impact acting on clay-rich formations is relatively small, the existence of shale just weakens the induced deformation intensity rather than completely stops the strain expansion.
5. According to open-hole resistively logs of IW and MW, simplified simulation result further confirms strong small-scale formation heterogeneity and discontinuities of shale-sand distribution in the injection formations.
6. Testing results also reveal that there are two main reasons accounting for vertical expansion of impacted zones during water injections. First reason is formation heterogeneity, which is quantified by open-hole resistivity logging and GR data, largely affecting fluid behaviors, including migration, evolution and diffusion in subsurface. Second reason is that due to poroelastic deformation, different injection scenarios can generate different injection pressure, which will ultimately lead to different geomechanical deformation responses and first-arrival pressure front patterns of injected water propagating to the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

fibered well.

References

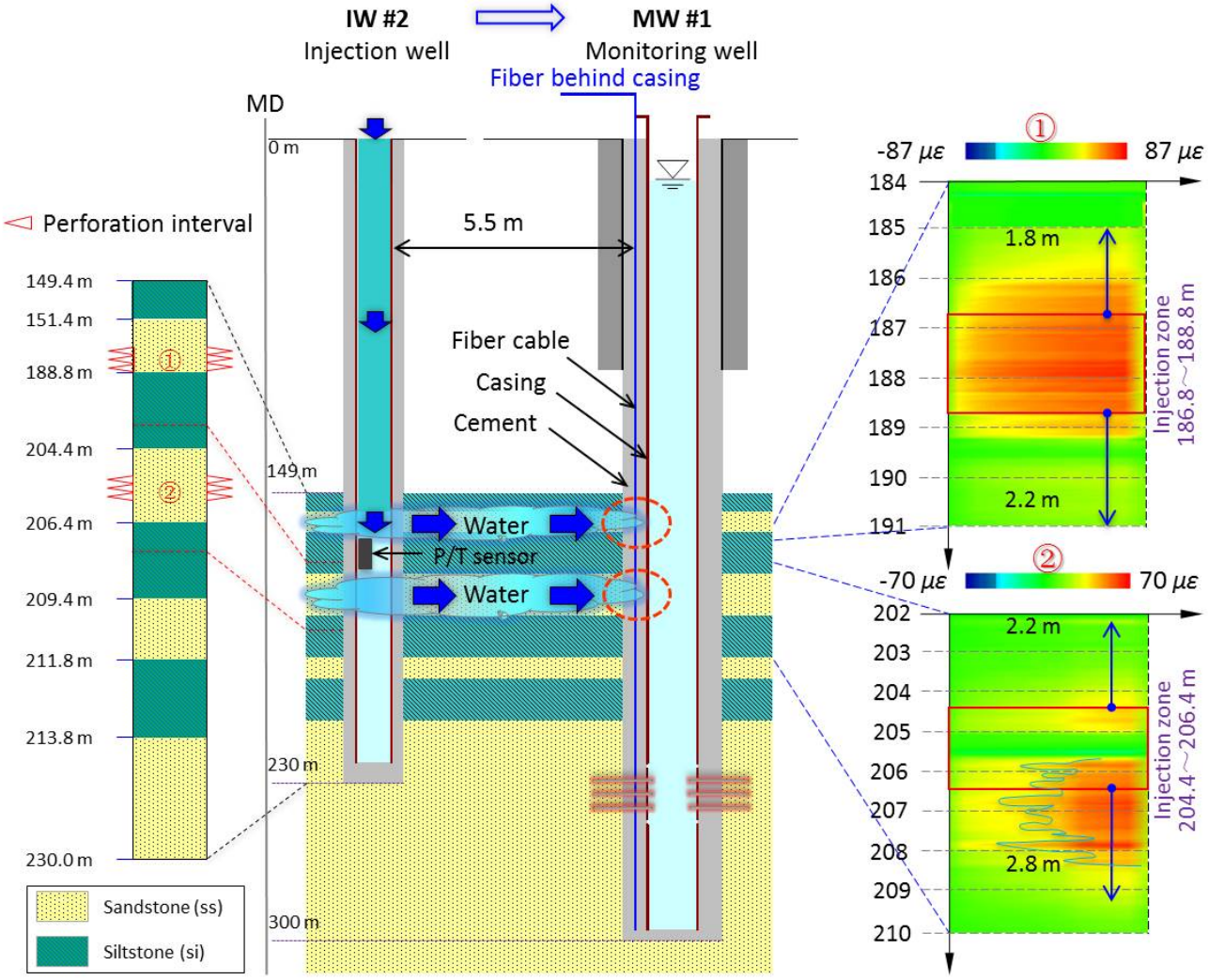
Xue, Z., Hashimoto, T., 2017. Geomechanical Monitoring of Caprock and Wellbore Integrity Using Fiber Optic Cable: Strain Measurement from the Fluid Injection and Extraction Field Tests. *Energy Procedia* 114, 3305–3311.

Sun, Y., Li, Q., Fan, C., 2017. Laboratory core flooding experiments in reservoir sandstone under different sequestration pressures using multichannel fiber Bragg grating sensor arrays. *International Journal of Greenhouse Gas Control.* 60, 186–198.

Sun, Y., Xue, Z., Hashimoto, T., 2018. Fiber optic distributed sensing technology for real-time monitoring water jet tests: Implications for wellbore integrity diagnostics. *Journal of Natural Gas Science and Engineering.* 58, 241–250.

Sun, Y., Xue, Z., Hashimoto T., Zhang, Y., 2019. Hybrid Brillouin-Rayleigh Sensing System for Cross-well Monitoring Fluid Injection Tests—A Geomechanical Responses Perspective. *Water Resource Research.* (Under review).

Keywords: Distributed fiber optic sensing, Fluid injection and storage, Hybrid Brillouin-Rayleigh backscattering, Real-time monitoring, Strain responses, Geomechanical deformation



A schematic for fiber optic sensors deployment (left) and the mapped strain by the fiber optic cable (right).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Gravity monitoring using superconducting gravimeters near the seashore at the Tomakomai CCS demonstration site

*後藤 宏樹[1,2]、杉原 光彦[1,2]、池田 博[3]、西 祐司[1,2]、石戸 経士[1,2]、徂徠 正夫[1,2]
*Hiroki Goto[1,2], Mituhiko Sugihara[1,2], Hiroshi Ikeda[3], Yuji Nishi[1,2], Tsuneo Ishido[1,2], Masao Sorai[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 産業技術総合研究所、3. 筑波大学
1. Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. University of Tsukuba

Monitoring the distribution and migration of CO_2 injected into geological formations is needed for management of geological storage of CO_2. Superconducting gravimeters (SG’s) potentially enable monitoring of offshore CO_2 storage at ground-based stations because of its high precision. We conducted continuous gravity observations using SG’s near the seashore at the Tomakomai CCS (carbon dioxide capture and storage) demonstration site, Japan to study variation in the observed gravity near the seashore. The gravity data after correcting for tides, polar motion, and barometric pressure changes was strongly affected by shallow groundwater level changes but it was corrected by expressing their effects as a summation of linear functions of groundwater level changes. The standard deviation of the gravity residuals was reduced to less than 1 μGal after correcting for the groundwater effects. The small variation in the observed gravity residuals suggests that the ground-based gravity monitoring using SG's can be useful in long-term monitoring of offshore CO_2 storage.

キーワード：海底下二酸化炭素地中貯留、超伝導重力計、地下水
Keywords: offshore CO2 geological storage, superconducting gravimeter, groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マイクロバブルCO_2圧入フィールドパイロット試験　ー計画と準備ー
Pilot test for microbubble CO_2 injection to reservoir in oil field - Test planning and preparation -

*中川 和則[1]、上田 良[1]、中野 正則[1]、薛 自求[2]
*Kazunori Nakagawa[1], Ryo Ueda[1], Masanori Nakano[1], Ziqiu Xue[2]

1. 石油資源開発株式会社、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Japan Petroleum Exploration Co., Ltd., 2. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

本研究では、CO_2をマイクロバブル化して圧入する技術のCCS、CCUSでの実用化へ向け、コア掃攻実験および実験を模擬したフローシミュレーションを通じてマイクロバブル圧入効果の検証やそのメカニズム検討、マイクロバブル圧入のためのツール開発を進めてきた。現在は、フィールドでのマイクロバブル圧入技術の検証のためのパイロット試験を2019年度に実施できる段階まで到達している。

本発表ではフィールドパイロット試験の概要および試験に向けた準備について紹介する。

a) 試験概要

フィールド試験では国内油田の一部を使用する。対象油田の油層は砂と泥が互いに層を成しており、不均質性が大きいことからマイクロバブルの特性に優位に働くことが期待される。手法はHuff’n Puff法を適用し、CO_2圧入時と圧入後の再生産（フローバック）の圧力や流量等を測定する。1回の試験でのCO_2圧入量は100t程度を想定し、同一坑井でマイクロバブルでのCO_2圧入と通常のCO_2圧入の2つの試験を行うことにより、マイクロバブル圧入の効果や通常法との挙動の違いを確認する。また、対象フィールドのシミュレーションモデルを構築し、シミュレーションから事前に試験時のマイクロバブル圧入挙動を評価するとともに、試験後の結果検証にも活用する。

b) 試験準備

フィールド試験のためのマイクロバブル圧入ツールスは、開発したツールスを繋ぎ合わせ油層区間全体にマイクロバブルを発生する編成とし、ツールスの製作を行った。更にCO_2圧入に必要な液化CO_2タンクや圧入ポンプ、加温設備などの現場設置工事を実施した。

謝辞：本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。また、本研究の基礎となるマイクロバブル技術は東京ガス株式会社とRITEとの共同研究成果です。深く謝意を表します。

キーワード：二酸化炭素地中貯留、マイクロバブル、フィールドテスト
Keywords: Geological CO2 Storage, microbubble, field test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mechanisms inducing anomalously high pCO_2 without CO_2 leakage in coastal environment

*渡辺 雄二[1,2]、内本 圭亮[1,2]、西村 真[1,2]、三戸 彩絵子[1,2]、薛 自求[1,2]
*Yuji Watanabe[1,2], Keisuke Uchimoto[1,2], Makoto Nishimura[1,2], Saeko Mito[1,2], Ziqiu Xue[1,2]

1. 二酸化炭素地中貯留技術研究組合、2. 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
1. Geological CO2 Storage Technology Research Association, 2. RITE

When CO_2 is stored in sub-seabed geological formations in Japan, marine monitoring is mandatory to detect CO_2 leakage as soon as possible should it occur. In the Tomakomai CCS Demonstration Project, a threshold line based on a negative correlation between partial pressure of CO_2 (pCO_2) and dissolved Oxygen saturation in seawater is used to detect an anomalously high value of pCO_2, which is suspected to be a sign of CO_2 leakage. Although CO_2 leakage has never occurred in Tomakomai, pCO_2 values obtained in the monitoring have frequently exceeded the threshold line; that is, many false-positives have been produced. It is important to consider what can be causes of the false-positives. To discuss the causes, we analyzed data observed in the marine monitoring of the Tomakomai project, and meteorological data at Tomakomai. It is implied that weather conditions, such as wind speeds and precipitation, were related with false-positives. Also, we found that total alkalinity was remarkably low at a monitoring survey where many false-positives were observed. The low values of total alkalinity make pCO_2 values higher than usual, and consequently they might produce many false-positives. Based on the results, we are going to present how to avoid or reduce false-positives.

キーワード：海底下CO2貯留、海域監視、CO2漏出、二酸化炭素分圧、総アルカリ度
Keywords: Sub-seabed CO2 storage, Marine monitoring, CO2 leakage, pCO2, Total alkalinity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

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

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[HDS13-07] S-net水圧データを活用した津波遡上即時予測システム

*鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、三好 崇之[1]、青井 真[1] (1.防災科学技術研究所)

9:15 ~ 9:30

[HDS13-08] アウターライズ地震による津波の即時予測手法の再検討

*近貞 直孝[1]、馬場 俊孝[2] (1.防災科研、2.徳島大学)

9:30 ~ 9:45

[HDS13-09] ガウス過程回帰による海底水圧データからの最大津波高予測

*高橋 光太郎[1]、柏原 健之朗[1]、五十嵐 康彦[1,2]、馬場 俊孝[3]、堀 高峰[4]、岡田 真人[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.徳島大学大学院社会産業理工学研究部、4.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

9:45 ~ 10:00

[HDS13-10] 津波減衰過程を正しく表現するための非線形長波方程式の差分式の改良

*南 雅晃[1] (1.気象庁気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[HDS13-11] 中米地域に対して開発された即時津波遡上予測手法

*谷岡 勇市郎[1]、Ulbert Grillo[2]、Greyving Arguello[2]、Amilcar Cabrera[2] (1.北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター、2.ニカラグア国土研究所)

10:15 ~ 10:30

[HDS13-12] 海底断層近傍におけるDONET水圧記録と強震加速度記録の比較

*水谷 歩[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学 理学院 自然史科学専攻 地球惑星ダイナミクス分野)

S-net水圧データを活用した津波遡上即時予測システム
Functions of Real-time Tsunami Inundation Forecast System Using S-net Pressure Data

*鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、三好 崇之[1]、青井 真[1]
*Wataru Suzuki[1], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Takayuki Miyoshi[1], Shin Aoi[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

防災科学技術研究所（防災科研）では、東日本太平洋沖合に設置された日本海溝海底地震津波観測網（S-net）の水圧データを活用して、陸域への津波浸水まで予測する津波遡上即時予測システムの開発を進めてきた（Aoi et al., 2019, JDR）。このシステムの予測手法は、事前に計算した津波シナリオバンク（近貞・他, 2019, 防災科研研究資料）からMulti-index法（Yamamoto et al., 2016, EPS）に基づくシナリオ検索（Multi-index検索）を基本として、実際のS-net水圧観測データの性質に基づく処理、付加情報の活用による予測精度向上や地域ごとに適した予測のための多種の予測情報作成、シナリオ検索によらない津波警戒状態判定など、様々な機能を組み合わせている。本発表ではそれらの機能の概要を中心に、開発した津波遡上即時予測システムの紹介を行う。

S-net水圧観測データについては、陸上局からEarthLANを通じて配信され防災科研の2つの棟で受信したものに対して品質確認と欠損処理を行うことで、予測システムの基本的な冗長性と安定性を確保した。この水圧データをオフセット処理し、津波成分を抽出するための120秒～1,800秒のバンドパスフィルタを適用してMulti-index検索に用いる。台風等により波が高い際には海底水圧データの振幅も大きくなり、津波シナリオが選別されてしまう場合があったため、非津波時の水圧振幅の分析に基づく閾値（5 cm相当、水深が浅い観測点では10 cm相当）をいずれか1観測点以上が越えなければ予測としない設定としている。また作業等の影響により1点のみ大きなノイズが発生した場合でも、他の観測点では津波現象に合致しないことを判定することにより、予測としない機能を有する。

Multi-index検索により選別されたシナリオ群から作成する沿岸波高分布及び陸域浸水深分布等の予測情報として、シナリオ群の最大値、シナリオ群の平均値及び沖合での観測と計算の一致度が最も高いシナリオのデータを出力することができる。予測のばらつきを示すため、選別されたシナリオ群の標準偏差の計算や、沿岸波高分布については選別された全シナリオを重ねて描画することが可能である。また付加的な情報として震源情報を用いてS-net観測網端や観測網外で発生した津波の予測精度向上を図るため、Multi-index検索による選別シナリオ群から震央及び発生時が近いシナリオ群への絞り込みを実施した上で予測情報を生成することもできる。Multi-index検索では S-netデータ全体について観測データを説明するシナリオ群を選別するが、ある地域の予測に強く影響する観測点は地域ごとに異なり、異なる地域に対してはMulti-index検索で選別されたシナリオ群の中で異なるシナリオがそれぞれ最適な予測となる可能性がある。これを踏まえて地域ごとに設定した代表地点における浸水深を、津波シナリオバンクのデータに基づくニューラルネットワーク回帰により予測し、この予測浸水深に最も近い分布を持つMulti-index検索シナリオを予測とするシナリオ二段階選別の機能も構築した。これらの津波シナリオバンクに基づく予測に加えて、S-net観測データが大きく変動していることを検知し津波の警戒を行うべき状態であることを判定する機能や、気象庁による津波警報・注意報の情報が発表されていることを確認できる機能も備えている。予測システムでは千葉県九十九里・外房沿岸地域に対しては10 m格子の地形モデルを用いた詳細な遡上までの予測情報を出力することができ、茨城県～北海道のS-net沿岸地域に対しては概観的な予測情報の出力ができる。

謝辞：本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）による。

キーワード：津波、遡上、即時予測、S-net
Keywords: Tsunami, Inundation, Real-time forecast, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アウターライズ地震による津波の即時予測手法の再検討
Improvement of Real-time Tsunami Forecast System for Outer-rise Earthquake

*近貞 直孝[1]、馬場 俊孝[2]
*Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Toshitaka Baba[2]

1. 防災科研、2. 徳島大学
1. NIED, 2. Tokushima University

The outer-rise earthquakes often induce the behavior of the unusual tsunamis. For example, it induces an abnormally larger tsunami than expected from its seismic ground motion, called tsunami earthquake and/or contains short wavelength components produced by sea floor displacements caused by shallow depth fault slip. Additionally, the depressed wave usually arrives preceding the first elevated wave for the normal fault earthquake tsunamis. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED) has developed real-time tsunami inundation forecasting method using real-time ocean bottom pressure data taken by the dense offshore observation network such as the Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis (S-net) that has been constructed along the Japan Trench (Chikasada et al., 2019, Technical Report of NIED; Yamamoto et al., 2016, EPS). They calculated synthetic tsunami waveforms at the observation locations by solving nonlinear long-wave equations using a staggered leapfrog finite-difference scheme. A run-up boundary condition was applied to the coastal regions and an open boundary condition was applied to the rims of calculation region. But they did not consider about dispersive wave (Baba et al., 2017, Ocean Modeling) neither the attenuation effect of ocean bottom pressure changes (Chikasada et al., 2018, AGU).

Therefore, we reconsidered the effects of the dispersion term and the attenuation for a few thousands tsunami scenarios stored in the Tsunami Scenario Bank (TSB). As a result, we confirmed that these two effects possibly cause underestimation in real-time tsunami forecast. Therefore, we need to update waveforms calculated and registered for outer-rise earthquake into the TSB with a dispersion term. However, it is quite time-consuming task to solve non-linear long-wave equations with Boussinesq terms. In order to reduce calculation time, the linear long-wave equations with Boussinesq terms could be used to generate offshore synthetic waveforms. We considered the attenuation effect as well.

本研究の一部はJSPS科研費JP15H05718とJP18K04674の助成を受けたものです．記して感謝致します．

キーワード：津波、アウターライズ地震、海底水圧観測
Keywords: Tsunami, Outer-rise earthquake, Ocean bottom pressure observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガウス過程回帰による海底水圧データからの最大津波高予測
Maximum tsunami height prediction using Ocean-Bottom Pressure Values based on Gaussian Process Regression

*高橋 光太郎[1]、柏原 健之朗[1]、五十嵐 康彦[1,2]、馬場 俊孝[3]、堀 高峰[4]、岡田 真人[1]
*Kotaro Takahashi[1], Kenjiro Kashiwabara[1], Yasuhiko Igarashi[1,2], Toshitaka Baba[3], Takane Hori[4], Masato Okada[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、2. 科学技術振興機構 さきがけ、3. 徳島大学大学院社会産業理工学研究部、4. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Japan Science and Technology Agency PRESTO, 3. Institute of Technology and Science, The University of Tokushima, 4. Research and Development Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Tsunami early warning systems using water pressure gauges operate around the world to cope with human damage caused by tsunami waves. The systems use a correlation between observed pressure gauges value around coast and tsunami height at prediction points near shore, based on prior insights such that tsunami height highly depends on the topography (bathymetry) during its propagation.

In predicting the tsunami height, it is important both to avoid underestimation for minimizing the damage and to increase accuracy for minimizing the evacuation cost. Takahashi et al. [2018] proposed a method making use of a database of the tsunami height and the observed pressure-gauge-values. While it is good at avoiding underestimation, it puts the prediction accuracy second; its prediction is likely to be highly overestimated. To improve the accuracy, Igarashi et al. [2016] proposed a method based on Gaussian Process regression, but it does not avoid underestimation. In this work, we extend the method by Igarashi et al. [2016], and proposed a prediction method with less underestimation and higher accuracy. We used pressure gauges data from the Dense Ocean-floor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET) in the Nankai trough to investigate the prediction accuracy and the possibility of underestimation by our proposed method. Compared to the method by Takahashi et al. [2018], our method dropped the average prediction error from 4.44m to 1.61m, at the cost of an increase in the average underestimation rate of only 3.5%. Likewise, compared to the method by Igarashi et al. [2016],

our method dropped the average underestimation rate from 43.2% to 4.38%, at the cost of an increase in the average prediction error of only 0.84m. These facts prove the effectiveness of our method, which is good at making predictions with both little underestimation and high accuracy.

キーワード：ガウス過程回帰、機械学習、防災、津波予測
Keywords: Gaussian Process, Machine Learning, Disaster prevention, tsunami height prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波減衰過程を正しく表現するための非線形長波方程式の差分式の改良
Improvement for Finite-Difference Formula of Non-Linear Longwave Equations to Express Tsunami Decay

*南 雅晃[1]
*Masaaki MINAMI[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

現在行われている津波の数値計算では津波の減衰過程を正しく表現できていない。翻って、津波警報の解除時期の判断や、津波の見通し情報などのために、津波の数値計算において、その減衰過程を精度よく表現することの社会的要請が強まっている。そのため、気象研究所では遠地津波の後続波および減衰過程の精度向上に向けた研究を行っており、これまでも観測波形を用いた減衰過程のモデル化（林・他,2010,土木学会論文集B2（海岸工学）等 ）や、既存の津波数値計算方法(非線形長波方程式)でスーパーコンピュータを用いた大規模で高精度の津波計算を実施している（南・他,2018,日本地震学会秋季大会等）が、それらの計算においても、これまでの様々な計算結果と同様に津波の減衰過程が正しく表現されていなかった。

そこで本稿では、減衰における重要なファクターである底面摩擦に注目し、非線形長波方程式の差分式を改良した。まず、式中の摩擦項において、これまでは摩擦項を計算するための全水深(D)の位置差分を隣接する2メッシュの相加平均(中央差分)で求めていたが、摩擦項中の全水深Dは-1/3のオーダーで変わることから、相加平均では連続的解いた場合と無視出来ない誤差が生じるケースがある。そこで位置差分を平均値の定理を用いたものに改良した(fig.1)。さらに、時間差分についても、1計算ステップdt秒の中で、dtをdt/nとし、n回計算を繰り返すとすると、n→∞においてその極限をとることが可能で、その差分式はfig.2のように変形可能である。

これらの改良した差分式と適切な係数を用いて、2010年チリ(Mw8.8)地震津波の事例で計算を行ったところ、既存の式よりもより減衰するようになり（fig.3）の例では観測量に比べて大きかった後続部のエネルギー総量が、約４％減少して観測量に近づいた。なお、津波の計算条件として、太平洋全域を含む（東経100度～西経90度）領域全てを30秒メッシュ(GEBCO30sec_grid)とし、北海道、本州、四国、九州を囲む領域では、10秒メッシュでネスティングを行い、減衰過程を見るために、長時間（72時間分）の計算を行った。計算コードにはJAGRUS（Baba et al., 2015）を用い、非線形長波計算（地殻の弾性と海水の密度効果を考慮）とし、断層パラメータは（Fujii & Satake, 2013）の結果を用いた。

今回の方法を使うことによって、概ね5%程度既存の方法より津波の減衰が大きくなり、特に遡上や露出などの全水深Dが小さい時(概ね1m未満)に正確な摩擦が計算することが可能となり摩擦の表現が向上する(大きいケースでは10数%)。また時間差分を改善したことにより、より長い時間ステップを取ることが可能で計算時間の短縮が可能である。

これまでの津波の数値計算ではその減衰過程を正しく表現できていなかったが、今回の手法により減衰過程をより正しく表現することが可能となった。今後は本手法の検討を重ね、様々な事例にこの方法を適用し、津波減衰過程の精度向上を行う。

キーワード：遠地津波、津波数値計算、スーパーコンピュータ
Keywords: Far-field tsunami, Numerical simulation, Supercomputer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$$gn^2\left(\frac{D^k_{i,j}+D^k_{i+1,j}}{2}\right)^{-7/3}\frac{M^{k+1/2}_{i+1/2,j}+M^{k-1/2}_{i+1/2,j}}{2}\sqrt{(M^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2+(N^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2}$$

$$gn^2\frac{3}{2}\frac{(D^k_{i+1,j})^{\frac{2}{3}}-(D^k_{i,j})^{\frac{2}{3}}}{D^k_{i+1,j}-D^k_{i,j}}\left(\frac{D^k_{i,j}+D^k_{i+1,j}}{2}\right)^{-2}\frac{M^{k+1/2}_{i+1/2,j}+M^{k-1/2}_{i+1/2,j}}{2}\sqrt{(M^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2+(N^{k-1/2}_{i+1/2,j})^2}$$

fig1. Bottom Friction Term Using Mean Value Theorem

Conventional difference formula is

$$\mathrm{M_new(i,j)} = (\mathrm{M'\ (i,j)}-\frac{1}{2}\mathrm{fric}*\mathrm{M_old(i,j)})\ /\ (1+\frac{1}{2}\mathrm{fric})$$

$$\mathrm{M'\ (i,j)=M_old(i,j)-(gravity\ term)-(advection\ term)}$$

$$\mathrm{fric=\ dt\cdot g\cdot n\hat{}2\cdot D\hat{}-7/3\cdot \bar{M}}$$

solving n times

$$\begin{cases} \mathrm{M_{1/n}(i,j)} = \mathrm{M'(i,j)}-\frac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_old(i,j)} \\ \mathrm{M_{2/n}(i,j)} =\mathrm{M_{1/n}(i,j)}-\frac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_{1/n}(i,j)} \\ \vdots \\ \mathrm{M_{n/n}(i,j)} = \mathrm{M_{n-1/n}(i,j)}-\frac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_{n-1/n}(i,j)} \end{cases}$$

$$\mathrm{M_new(i,j)} =(\mathrm{M'(i,j)}-\tfrac{1}{n}*\mathrm{fric}*\mathrm{M_old(i,j)})\cdot\ (1-\tfrac{\mathrm{fric}}{n})^{n-1}$$

$$\mathrm{n\to\infty,\ (1\text{-}a/n)\hat{}n=exp(-a)}$$

$$\mathrm{M_new(i,j)} = \mathrm{M'(i,j)}\cdot\exp(-\mathrm{fric})$$

fig2. Bottom Friction Term Using Limit of a function

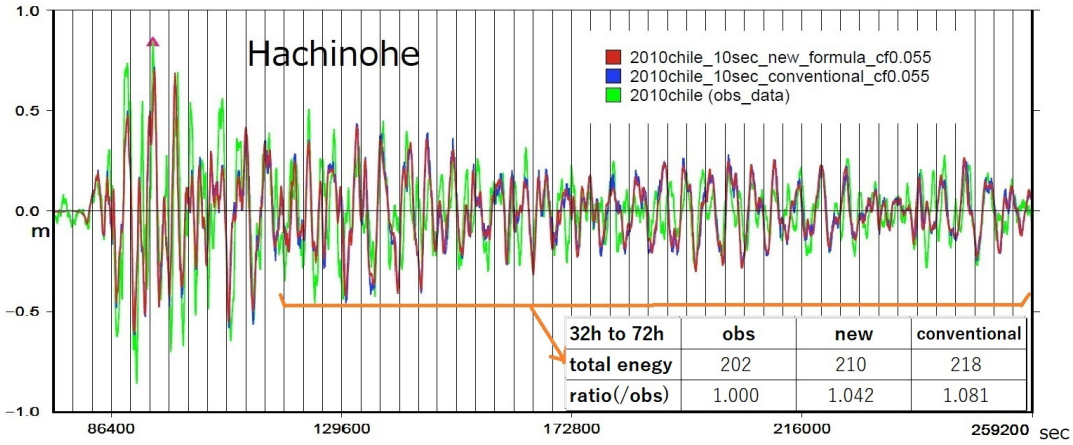


fig3. Time Series of Comparisons between New and Conventional Formula

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中米地域に対して開発された即時津波遡上予測手法
Real time tsunami inundation forecast method developed for Central America Region

*谷岡 勇市郎[1]、Ulbert Grillo[2]、Greyving Arguello[2]、Amilcar Cabrera[2]
*Yuichiro Tanioka[1], Ulbert Gleb Grillo[2], Greyving Jose Argrello[2], Amilcar Cabrera[2]

1. 北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター、2. ニカラグア国土研究所
1. Hokkaido University, Institute of Seismology and Volcanology, 2. Nicaraguan Institute of Territorial Studies, Nicaragua

1992年にニカラグア津波地震が発生し、その地震による津波はニカラグア太平洋沿岸に甚大な被害を及ぼした。その後中米では1992ニカラグア地震のような津波地震にも対応できる津波警報システムの開発が課題であった。最近になって、ユネスコの政府間海洋委員会（IOC/UNESCO）は中米津波警報センターをニカラグアに設立することを決めた。そこで、日本では日本国際協力機構（JICA）が気象庁（JMA）の協力のもと、CATACの設立を支援するための技術支援プロジェクトを実施している。本研究では、JICAの技術支援の一環として、津波地震にも対応できCATACで利用可能な津波遡上予測手法を開発した。

我々は以前、津波地震でも適切に断層モデルを推定できる手法を開発した（Tanioka et al., 2017）。中米の太平洋沖で発生した４つの大地震（1992年ニカラグア津波地震（Mw7.7）、2001年エルサルバドル地震（Mw7.7）、2004年エルアスティレロ地震（Mw7.0）、2012年エルサルバドル・ニカラグア地震（Mw7.3）に対して手法を適用し、非常に有効であることが示された。その手法は、①W-phaseインバージョンを用いて地震メカニズムを推定、②スケーリング則を利用して断層長および断層幅を推定、③Bilek and La y (1999)に沿って、深さに依存する剛性率の関数を構築し、W-phaseインバージョンによって推定されたセントロイドの深さを関数に入れることで剛性率を決定し、矩形断層のすべり量を計算する方法だ。1992年ニカラグア津波地震に対し上記手法で決定された断層モデルから津波遡上を計算し、得られた結果を調査津波高・調査遡上高・遡上域と比較したところ良い一致を得た。他の3地震に対しても、計算結果は調査結果を良く説明できることを示した。

本研究では、上記で適切に推定された断層モデルから線形長波近似で津波を計算し、データベースを利用した近地津波遡上予測手法（Gusman et al., 2014）を高度化して用いることで、CATACでも即時津波予測の可能性を示す。まず、中米太平洋沿岸に位置する６つの地域（Gulf of Fonseca, Corinto, Puerto Sandino, El Transito, Masachapa,El Astillero）に対する津波遡上予測を実施するために、各地域・各断層モデルに対し計算された浸水分布と紐づけされた波形参照点での津波波形のデータベース構築を実施する。データベースのための断層モデルとして、沈み込み帯のプレート境界に沿ってMw7.0、7.2、7.4、7.6、7.8、8.0、8.2の断層を配置し津波遡上計算を実施した。結果として全体で136の断層モデルによるデータベースとなった。本手法では即時的に線形長波近似で計算される参照的での津波波形とデータベースに格納された津波波形を比較し、最も波形を良く説明できるモデルによる計算津波浸水分布を、最適津波予測浸水分布とする。この手法を1992年ニカラグア津波地震に適応した。断層モデルはW-phaseインバージョン結果とスケーリング則により前述の手法で推定されたモデルを用いる。前述のようにすべり量は深さに依存する剛性率から計算されている。本手法による津波浸水予測の結果は調査津波高・遡上高・浸水域ともに比較的良く説明できることが分かった。つまり、本研究により開発された手法はCATACの津波早期警報ススステムに有効であることが示された。

キーワード：即時津波遡上予測、ニカラグア、中米津波警報システム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Real time tsunami inundation forecast, Nicaragua, CATAC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底断層近傍におけるDONET水圧記録と強震加速度記録の比較
Near-fault observations of an offshore earthquake by DONET: Comparison of ocean bottom pressure gauges and strong-motion accelerometers

*水谷 歩[1]、蓬田 清[1]
*Ayumu Mizutani[1], Kiyoshi Yomogida[1]

1. 北海道大学 理学院 自然史科学専攻 地球惑星ダイナミクス分野
1. Natural History Science, Graduate School of Science, Hokkaido University, Earth and Planetary Dynamics

現在、日本列島の太平洋沖にはS-netやDONETといった沖合地震津波観測網が整備されている。これらの観測網は地震計と水圧計が同じ場所に設置されており、津波発生域における詳細なデータを得ることが期待されている。一方、津波発生時に観測される水圧変化は津波によるものの他に、水深変化やそれに伴う加速度変化(海水からの反作用)、地震波(海洋音波など)によるものが指摘されており(例えばSaito and Tsushima, 2016)、断層近傍の水圧記録の解析は慎重におこなう必要がある。

本研究では、2016年4月1日に三重県南東沖で発生したMw 6の地震によるDONET1水圧計と強震加速度計の記録について解析をおこない、水圧記録を、加速度・速度・変位のそれぞれについて周波数領域と時間領域の両方で比較した。速度波形と変位波形は、加速度記録を積分することで計算したが、単純に積分をおこなうと波形が発散するため、Iwan et al.(1985)の方法をもとに加速度記録の補正をおこなった。また、水圧計記録と強震加速度計記録の両方を使用した津波波高の即時把握を試みた。

比較の結果、次のような結果が得られた：(1)フィルタを用いない水圧記録は、特に最初の数秒間において、海底速度に比例して変化する。(2)一方で、0.1Hz付近の周波数帯域では水圧は海底加速度に比例する。(3)地震発生最中には、水圧変化における水深変化の寄与は小さい。(1)(2)の結果は、Saito (2017)の数値計算の結果とも調和的である。

(2)より、0.1Hzのローパスフィルタをかけた水圧記録から0.05-0.1Hzのバンドパスフィルタをかけて得られた加速度成分を取り除くことで、地震発生から10秒間隔で津波と変位の成分のみを含んだ水圧記録の抽出を試みた。具体的には、幅60秒の窓関数を使用して切り出した水圧記録に対して、フィルタ処理をおこなった後に加速度成分を取り除き、その平均値をその時刻の水圧とした。得られた値は0.01Hzのローパスフィルタをかけた水圧記録とよく一致したため、この手法は津波の即時把握に有用であると考えられる。

キーワード：DONET、津波
Keywords: DONET, tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:今井 健太郎、馬場 俊孝(徳島大学大学院理工学研究部)

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[HDS13-13] Investigation of variation in multiple tsunami inundation modelling

*鴫原 良典[1]、今井 健太郎[2]、岩瀬 浩之[3]、川崎 浩司[4]、根本 信[5]、馬場 俊孝[6]、近貞 直孝[7]、千田 優[8]、有川 太郎[9] (1.防衛大学校システム工学群建設環境工学科、2.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、3.株式会社エコー、4.株式会社ハイドロ総合技術研究所、5.応用地質株式会社、6.徳島大学大学院産業理工学研究部、7.防災科学技術研究所、8.港湾空港技術研究所、9.中央大学理工学部都市環境学科)

11:00 ~ 11:15

[HDS13-14] 津波遡上計算のためのSGS建物抗力モデルの開発

*福井 信気[1]、森 信人[2] (1.京都大学工学研究科、2.京都大学防災研究所)

11:15 ~ 11:30

[HDS13-15] 土砂移動モデルを用いた断層パラメータと配置による津波堆積物形成に関する数値実験

*山本 阿子[1]、高橋 智幸[2]、原田 賢治[3] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2.関西大学、3.静岡大学)

11:30 ~ 11:45

[HDS13-16] 高知県広域における南海トラフ巨大地震の津波による土砂移動影響の潜在性評価

*山下 啓[1]、菅原 大助[2]、門廻 充侍[1]、有川 太郎[3]、高橋 智幸[4]、今村 文彦[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.ふじのくに地球環境史ミュージアム、3.中央大学理工学部、4.関西大学社会安全学部)

11:45 ~ 12:00

[HDS13-17] 慶長九年十二月十六日(1605 II 3)地震の東海・四国・九州地方の津波被害

*都司 嘉宣[1]、今井 健太郎[2]、蛯名 裕一[3]、岩瀬 浩之[4]、大林 涼子[2] (1.四万十市、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東北大学災害科学国際研究所、4.株式会社エコー)

12:00 ~ 12:15

[HDS13-18] 1854年安政東海地震の津波高分布に関する再検討

*今井 健太郎[1]、蝦名 裕一[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]、堀 高峰[1]、高橋 成実[1,5]、古村 孝志[6] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東北大学災害科学国際研究所、3.四万十市、4.株式会社エコー、5.国立研究開発法人防災科学技術研究所、6.東京大学地震研究所)

Investigation of variation in multiple tsunami inundation modelling

*鴫原 良典[1]、今井 健太郎[2]、岩瀬 浩之[3]、川崎 浩司[4]、根本 信[5]、馬場 俊孝[6]、近貞 直孝[7]、千田 優[8]、有川 太郎[9]
*Yoshinori Shigihara[1], Kentaro Imai[2], Hiroyuki Iwase[3], Koji Kawasaki[4], Makoto Nemoto[5], Toshitaka Baba[6], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[7], Yu Chida[8], Taro Arikawa[9]

1. 防衛大学校システム工学群建設環境工学科、2. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、3. 株式会社エコー、4. 株式会社ハイドロ総合技術研究所、5. 応用地質株式会社、6. 徳島大学大学院産業理工学研究部、7. 防災科学技術研究所、8. 港湾空港技術研究所、9. 中央大学理工学部都市環境学科
1. Department of Civil and Environmental Engineering, National Dedense Academy, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Ecoh Corporation, 4. Hydro Technology Institute, Co., Ltd., 5. OYO Corporation, 6. Graduate School of Science and Technology, Tokushima University, 7. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 8. Port and Airport Research Institute, 9. Civil and Environmental Engineering, Faculty of Science and Engineering, Chuo University

Many researchers have developed numerical models based on the nonlinear shallow water equations to estimate the propagation and inundation of tsunamis. Several models have been distributed as the software packages including source code, thus tsunami inundation simulation can be performed easily with bathymetric and topographic data available free. However, the tsunami modelling researchers also empirically understand that no tsunami simulation results agree perfectly with that of other research institutes even if the same numerical model is used. The maximum inundation depth, flow velocity and inundated area are different to a certain extent. To clarify the variation in tsunami simulation is very important to establish the standard method that confirm the reliability of tsunami inundation models and it will be useful for the tsunami countermeasure/mitigation planning.

The present study aims to evaluate magnitude of the variation in tsunami inundation simulation quantitatively. We conducted tsunami simulations under the same input data: the initial source model of tsunami, bathymetry, topography and land-use model provided by Cabinet Office, Government of Japan are adopted. A total of eight research institutes participated this project using four kinds of numerical models that are widely employed for the tsunami hazard/risk assessment. Comparison of the time history of water surface elevation and flow velocity at the specific points indicated that a significant difference was confirmed among the model results to the maximum value of physical quantities. The spatial distribution maps of the maximum inundation depth also showed that large variation occurs around the front of tsunami run-up. In order to explain the variation in tsunami inundation model quantitatively, the total flooded volume and the total momentum flux were newly defined. By statistical procedures using these variables, we were able to show the mean value, confidence interval and coefficient of variation of the tsunami inundation models.

キーワード：津波、数値モデル、ばらつき
Keywords: tsunami, numerical model, variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波遡上計算のためのSGS建物抗力モデルの開発

Numerical Modeling of Tsunami Inundation in Urban Area using Sub-Grid Scale Drag Force Model

*福井 信気[1]、森 信人[2]
*Nobuki Fukui[1], Nobuhito Mori[2]

1. 京都大学工学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Numerical simulation of tsunami inundation using high-resolution topography (resolution is less than 1m) needs to consider the effect of structures on wave run-up. However, numerical simulation with medium resolution (resolution over 50m to 100m) is still important for practical use due to computational cost. This study developed Drag Force Model (DFM) and individual Drag Force Model (iDFM) as an urban roughness parameterization to obtain acceptable accuracy in medium resolution tsunami inundation model based on physical modeling. The model treats the effect of structures as grid-averaged drag force and projected area in x and y-direction in Cartesian coordinate and characteristic structure height are used as parameters representing the sub-grid scale structure. Furthermore, iDFM considers the number of structures and structure height in the area of interests individually. The edge detection technology for image processing tool is used to count the number of structures. Moreover, various mesh size 10cm to 40cm (25m to 100m in real scale) are used to check mesh size dependency. The validation DFM and iDFM is conducted using numerical simulation and physical modeling of tsunami inundation targeting available tsunami inundation experiments.

キーワード：津波、底面粗度、抗力
Keywords: tsunami, bottom roughness, drag force

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

土砂移動モデルを用いた断層パラメータと配置による津波堆積物形成に関する数値実験

Numerical experiment of tsunami deposits related to fault parameters by sediment transport model

*山本 阿子[1]、高橋 智幸[2]、原田 賢治[3]
*Ako YAMAMOTO[1], Tomoyuki Takahashi[2], Kenji Harada[3]

1. 国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2. 関西大学、3. 静岡大学
1. Forest of Research and Management Organization Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Kansai University, 3. Shizuoka University

巨大津波の発生は，沿岸域に大きな被害を与える．また、津波の過小評価は被害をより拡大し，被災後の復興においても大幅な遅れにつながる．津波の推定を改善するためには、津波の発生間隔や津波波源に関する多くの情報が必要である．津波堆積物は多くの記録を含むが，津波堆積物と津波の規模との関係は説明できていない．高橋ら（1999）は津波による土砂移動モデルを提案し，このモデルは気仙沼に来襲した1960年のチリ津波に適用されたが，地形条件によって土砂の輸送量が過小評価となることが明らかになった．高橋ら（2011）では，3種類の粒径の砂を用いた水理実験の結果からモデルの改良が行われたが、陸域の堆積物に関する数値解析の検証例は少ない.山本ら（2017，2018）は，高橋ら（2011）とは異なる粒径を用いて水理実験結果から，モデルの検証を行なった．その結果，高橋ら（2011）のモデルを用いた中粒径の砂の再現精度が高いことが確認できた．しかしながら，堆積物と断層のパラメータとの関係については検証されていない．

本研究では、津波堆積物と断層パラメータとの関係を明らかにするため，模擬地形による土砂移動の数値実験を行なった．数値実験は2つから構成されており、1つ目は断層の条件による津波波形への影響について調べた．断層の条件は，断層幅，断層長，すべり量，位置などを変化させた．この実験で観測した波形は2つ目の実験の境界条件として使用した．2つ目は，津波波形による陸域の堆積物への影響について調べた．海域と陸域の勾配を変えることで地形条件を変化させた．さらに，陸域に構造物を設置し，堆積物への影響についても調べた．数値実験の結果，砂の堆積が変化する地点が断層や地形の条件によって変化することが確認できた．

キーワード：津波堆積物、数値実験、断層パラメータ
Keywords: Tsunami deposit, Numerical experiment, Fault parameter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高知県広域における南海トラフ巨大地震の津波による土砂移動影響の潜在性評価

Evaluation of potential impact of tsunami-induced sediment transport in Kochi Prefecture during the Nankai Trough megathrust earthquake and tsunami

*山下 啓[1]、菅原 大助[2]、門廻 充侍[1]、有川 太郎[3]、高橋 智幸[4]、今村 文彦[1]
*Kei Yamashita[1], Daisuke Sugawara[2], Shuji Seto[1], Taro Arikawa[3], Tomoyuki Takahashi[4], Fumihiko Imamura[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. ふじのくに地球環境史ミュージアム、3. 中央大学理工学部、4. 関西大学社会安全学部
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 3. Faculty of Science and Engineering , Chuo University, 4. Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai University

序　論

大津波の強い流れは地盤を削り地形を変化させる．流れ場は地形の影響を受けるため，浸水高や浸水範囲等の津波ハザードも変化し得ることが指摘されている（近藤ら, 2012; Sugawaraら, 2014; Tehraniradら, 2015; Yamashitaら, 2016; Sugawara, 2017; 山下ら, 2018）．また，土砂等を巻き込んだ津波は破壊力を増して人的・物的被害を拡大させるだけではなく（松冨・川島, 2015），津波肺の原因にもなり得る（井上ら, 2013）．大量の土砂が流出した海浜は自然回復が困難な場合もあり（有働・武田, 2016），このように地盤高が低下した沿岸部は災害に対して脆弱になる恐れもある．更に，陸海域の堆積土砂は救出・救援や復旧・復興を遅らせ，更には環境上の問題も併発する（駒井ら, 2012; 土屋ら, 2012）．

内閣府は2012年，東日本大震災の教訓を基に南海トラフ巨大地震による津波被害想定を見直した．しかしながら，新たな被害想定には土砂移動の影響は殆ど考慮されていない．脆弱性の見落としを回避するためにも土砂移動・地形変化を踏まえた津波影響を見積もる必要がある．そこで，南海トラフ巨大地震による津波（内閣府想定のケース4）を対象に，津波リスクが最も高い高知県における潜在的な土砂移動の影響を把握することを目的として，高知県室戸市羽根岬～高知県高岡郡久礼湾を含む東西約85 kmにわたる土佐湾広域の津波土砂移動シミュレーションを行なった．

数値解析手法

使用した数値モデルは，掃流砂層と浮遊砂層が分離された津波土砂移動モデルであり（高橋ら, 1999），粒径依存パラメタを持つ流砂量式（高橋ら, 2011）に基づき土砂移動が解析される．また，本計算コードには可変型の飽和浮遊砂濃度式（菅原ら, 2014; 山下ら, 2018）やMPI並列（山下ら, 2015）が実装されており，高精度・高効率に解析を行なえる．内閣府から提供される地形データを結合した広域データを使用して，土砂移動モデルを 10 m メッシュ地形に適用した．内閣府による標高50m未満のマニング粗度係数 n の10mメッシュデータに基づき， $n = 0.025$（海域や砂浜・荒地）と $n = 0.030$（樹林帯）の領域を侵食面として，それ以外を非侵食面に設定した．堤防は地盤メッシュとして与えて津波土砂移動により流出し得る条件とした．また，土佐湾沿岸部では底質が不明な地域も多く存在し，地形変化にも不確実性が生じることが考えられるため，$d_{50} = 0.127$ mm，$d_{50} = 0.267$ mm および $d_{50} = 0.394$ mm の，計3パターンの中央粒径d_{50}を想定

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

して解析を行なった．

結果と議論

一級河川（仁淀川・物部川）や二級河川（新荘川・安芸川・伊尾木川・奈半利川）の河口部では想定した d_{50} = 0.127, 0.267 および 0.394 mm の砂地盤を 10 m 以上も侵食する程の強い流れが生じ，引き波によって比較的深い水域（水深15m～30m：高知海岸の移動限界水深は17mである．）にまで土砂が流出する可能性が示された．また，一級河川の背後地域には大量の土砂が堆積する可能性もあり，特に，浸水範囲が比較的狭い仁淀川周辺地域では平均 1 m 程度の土砂が浸水域内に堆積する恐れもある．但し，高知県防災マップによると仁淀川周辺において古津波による堆積物が見つかっているものの本計算のような非常に厚い津波堆積物は見つかっていない．歴史記録と本シミュレーション結果との違いの原因を調べることは今後の課題である．なお，東日本大震災による陸上堆積土砂の平均厚さに基づき，内閣府の想定では 4～5 cm の堆積土砂が想定されている．本計算による浸水域内の陸上堆積物の平均厚さは，d_{50} = 0.127，0.267および0.394 mm の場合にそれぞれ，11.3cm，7.5cm及び4.2cmである．

河口部と同様に港湾部でも顕著な地形変化が生じ得る．須崎湾では湾口と湾奥部で大きな侵食が見られ，須崎市内の広範囲に大量の土砂が堆積する恐れがある．しかし，須崎市池の内一帯のシミュレーション結果では，堆積土砂が殆ど認められなかった．須崎市池の内「ただす池」では，歴史津波による津波堆積物が多数見つかっている（岡村・松岡, 2012）．この歴史記録と本計算の不整合は，想定波源の影響よりはむしろ近年の海岸構造物や土地利用の変化に原因があるものと考える．他方，宇佐湾および浦戸湾の湾口部でも大きな侵食が見られ，侵食土砂が湾口周辺の陸上へと打ち上げられるが，侵食土砂の多くは湾口の外洋側および湾奥側の海底へ堆積する傾向にある．

以上の地形変化は地域的な特徴を保持しつつ，底質粒径が細かいほど大きくなる傾向にある．そして，侵食域の後背地では，最小粒径の場合に最大 2 m 程，最大粒径の場合でも最大 1 m 程，浸水高が増加する．一方，例えば土佐湾北東部の芸西村周辺では浸水高が小さくなる可能性が示された．この地域における内閣府想定ケース4の津波による最大波は第二波目以降に現われる．土佐湾沿岸の地形変化が芸西村への反射波やエッジ波に影響を及ぼしたことが要因の一つとして考えられ，広域での土砂移動計算を行なう必要性が示唆された．

結　論

以上のように，高知県における潜在的な土砂移動影響は土佐湾全域に及び無視できない程大きく，底質情報によっても大きくばらつくことがわかった．従って，今後，より詳細な底質情報に基づき確度の高い影響評価を行なうことが求められるとともに，各地域における土砂移動特性に応じた対策を議論することが肝要であると思われる．

キーワード：津波土砂移動、南海トラフ巨大地震による津波、高知県、数値シミュレーション
Keywords: tsunami-induced sediment transport, Nankai Trough earthquake and tsunami, Kochi Prefecture, Numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

慶長九年十二月十六日(1605 II 3)地震の東海・四国・九州地方の津波被害
Tsunami damage of the Keicho Earthquake of February 3rd, 1605 on the coasts of Tokai, Shikoku, and Kyushu Districts

*都司 嘉宣[1]、今井 健太郎[2]、蛯名 裕一[3]、岩瀬 浩之[4]、大林 涼子[2]
*Yoshinobu Tsuji[1], Kentaro Imai[2], Yuuichi Ebina[3], Hiroyuki Iwase[4], Ryoko Oobayashi[2]

1. 四万十市、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東北大学災害科学国際研究所、4. 株式会社エコー
1. Shimanto City, 2. JAMSTEC, 3. IRIDeS, 4. Ecoh co. LTD

慶長九年十二月十六日の夜に、日本列島の南方海域に発生した地震による津波の浸水高さを、古記録に記載された東海、四国、九州地方の15地点について現地を訪れ、GPSによる標高測量によって地盤高を測定し、津波浸水、あるいは遡上高さを推定した。房総半島における調査はすでに筆者らが報告した（都司ら2018）。

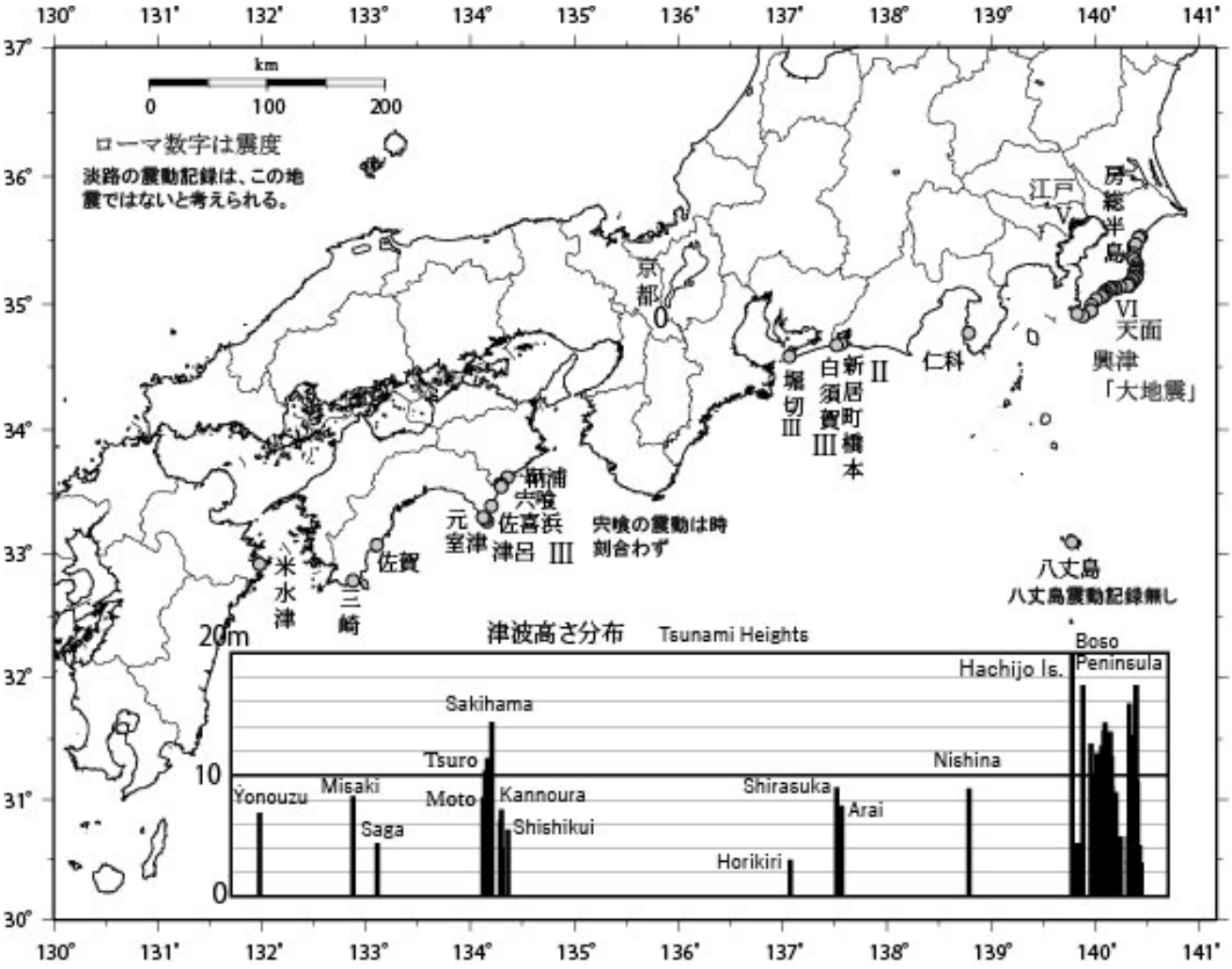
１．静岡県西伊豆町仁科では『佐波神社上梁文』を引用した『増訂豆州志稿』に「仁科郷海溢レテ陸地ヲ浸ス事凡十二三町」の記載から、仁科川の河口から1.4kmの寺川集落付近の畑地の標高を測定してTP8.9mを得た。この数値をここでの遡上高さとする。２．静岡県湖西市新居町橋本では、『当代記』に「橋本ニ家百間程有所ニ八十間計潮引テ行」とあり、橋本での標高4.5mに家屋流失率80%に相当する地上冠水2.7mを加えた（今井ら、2016)8.2mをここでの浸水高さとする。３．静岡県湖西市白須賀では『羅山先生文集』に「去歳地震、水漲湯々、溺人家、殺牛馬」の記載がある。白須賀宿元町市街地の最下点の標高6.9mに、半数程度の家屋流失があったとすれば地上冠水2.5mほどでであったとしてここでの浸水高さは9.4mとなる。４．愛知県田原市堀切では『常光寺年代記』に「ナイシツツ打波浜之船皆打破也アミナカス」と記され、３ｍ程度の津波と推定される。５．高知県室戸市佐喜浜では談義所の僧・阿闍梨暁印の『置文写』に「潮入所ハ談義所之履脱迄，（中略）八幡宮の御権前高欄迄」と記録している．この「談義所」は現在の大日寺の本堂である．GPS測量で本堂前の参道の標高13.9mを得た．「靴脱石」上面はこれより0.6ｍ上方にあると推定して，浸水高14.4mを得た．６．高知県室戸市津呂については、『置文写』に，「隣在所を聞くに，西寺東寺の麓の浦分にも男女四百人余死す」と記されている．この文に言う「東寺」は室戸岬背後の丘陵上の四国24番最御崎寺（ほつみさきじ）を指す．その麓の浦分とは室戸市津呂を指す（『高知県の地名』，平凡社,1983）．GPS測量で津呂の市街地標高8.4mを得たが，地上冠水3.0mとして，浸水高を11.4mとする．７．浮津。「西寺（26番金剛頂寺）の麓の浦分」とは浮津のことである．市街地標高は7.4mと測定され，地上冠水を3.0mとして津波浸水高は10.4mと推定される．８． 室戸市元。　宝永地震津波(1707)の土佐藩の記録『谷陵記』に，「慶長九年潮ヨリ六尺卑（ひく）シト云フ」と記されている．都司ら(2013)によると，宝永津波の元での浸水高は6.4mであるから，慶長津波の元での津波浸水高は8.2mと推定する．9. 高知県黒潮町佐賀では、当時崎浜にあった坂本家では長曾我部元親の文書が流失し、母を背負って城山に避難したと記録されており、地面標高3.2m, 家屋流失が想定していたされることから浸水高は6.2mと推定される。10.　土佐清水市三崎では津波によって153人が死亡した（『蒼屋雑記』）が、中心十字路の標高5.1mから浸水高8.1mと推定された。11．大分県佐伯市米水津では『米水津組浦代浦・成松庄屋文書』に宝永地震津波(1707)について，「浦白は養福寺までも汐差込，（中略）石壇二ツ計残り申候．（中略）浦白ニテ拾八人死ス（中略）」と記した後に，「其往古百年以前もケ様成汐満申候事，年寄たる人皆咄ニ承候間，能々心の用心可有候」と記されて居る．100年前にもこのようなことがあったと，年寄りたちは話している，というのである．これは慶長九年の津波のことに間違いあるまい．浸水高さ6.9mと推定された。以上の「浸水高」の推定値は最小値である。以上の成果を図に示す。

本研究は H25-32年度文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（研究代表者：海洋研究開発機構 金田義行）の一環として行われました．ここに記して謝意を表します。

キーワード：慶長九年地震津波、歴史地震、歴史津波

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the tsunami of the 1605 Keicho earthquake, historical earthquake, historical tsunami



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1854年安政東海地震の津波高分布に関する再検討
Re-examination of tsunami heights distribution during the 1854 Ansei Tokai Earthquake

*今井 健太郎[1]、蝦名 裕一[2]、都司 嘉宣[3]、岩瀬 浩之[4]、堀 高峰[1]、高橋 成実[1,5]、古村 孝志[6]
*Kentaro Imai[1], ebina yuichi[2], Yoshinobu Tsuji[3], Hiroyuki Iwase[4], Takane Hori[1], Narumi Takahashi[1,5], Takashi Furumura[6]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 四万十市、4. 株式会社エコー、5. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、6. 東京大学地震研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. International Research Institute of Disaster Science, 3. Shimanto City, 4. ECOH CORPORATION, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 6. Earthquake Research Institute The University of Tokyo

南海トラフ巨大地震の周期性として、従来、一定のプレート運動速度に基づき，固有の地震断層面毎の再来発生間隔が受け入れられてきた．そして、昭和東南海地震が安政東海地震の震源域の一部で発生したと考えられてきた。一方，瀬野（2012）は，安政東海地震と昭和東南海地震の強震動生成領域が相補的であった可能性を指摘し、昭和東南海地震が安政東海地震の一部で起きたという従来の考えに疑問を呈している．津波波源域についても同様の観点から再解釈が必要である．そこで本研究では，安政東海地震の震源域に近い紀伊半島から伊豆半島に至る太平洋沿岸において，安政東海地震の津波に関する史料の再精査を行った．さらに，当該地震による津波高分布の特徴を明らかにするために史料に基づく津波痕跡高さの現地調査を行った．

史料精査の対象とした地震資料集として，『増訂大日本地震史料』，『新収日本地震史料』，『日本の歴史地震史料』などに掲載されている1854年安政東海地震および南海地震に関する史料を抽出した．これらにある801点の史料から，既往研究に未使用な新出史料について確認作業を行った．選別された史料の精査を行い，これらに基づいて津波痕跡調査を行い，その痕跡高をGNSSとレーザー距離計により評価した．津波痕跡分布の全体像を把握するために，既往研究（羽鳥，1977；都司・他，1991，行谷・都司，2005；都司・他，2013；都司・齋藤，2014；今井・他，2017）によるデータも一部利用した．

史料精査から明らかになった安政東海地震津波の津波痕跡高さ分布（図1）には2つのピークがあり，志摩半島東端の国崎で22 mに達していた．もう一つのピークは，伊豆半島南東の入間で，津波痕跡高さが15mを超えていた．これらの情報は安政東海地震の津波源を再検討するための非常に重要な手がかりとなる．そして，２つのピークを説明する安政東海地震の波源モデルとして局所的な大すべり域の存在が示唆される．本発表では，このような津波高分布を説明する波源について議論するとともに，安政東海地震と昭和東南海地震の関係性について再検討する．

謝辞：H25-32年度文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（研究代表者：海洋研究開発機構　金田義行）の成果の一部です．ここに記して感謝の意を表します．

キーワード：南海トラフ巨大地震、1854年安政東海地震、津波痕跡高
Keywords: The great Nankai Trough earthquak, the 1854 Ansei Tokai Earthquake, tsunami trace heights distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院)、荒岡 大輔

鉱床は地球表層において有用元素・有用鉱物が濃集したものであり、マグマ活動、熱水活動、変成作用、風化作用などの地球のダイナミクスにより生み出される。また鉱床の形成は地球史における環境変動や生物の進化とも密接に関わっており、鉱床形成プロセスの解明には地質学、岩石学、地球化学、鉱物学、微生物学など地球科学の幅広い分野を融合した研究が必要である。このような資源地質学の分野は、効率的な資源探査・開発のみならず、資源開発に伴って引き起こされうる有害元素を理解・評価するためにも不可欠である。本セッションでは、このような地球表層における元素の移動や濃集に関わる研究について、野外調査・観測、室内実験、理論計算、分析手法の開発など様々な視点での発表を募集する。

10:45 ~ 11:15

[HRE16-01] クロムの濃集における水の役割

★招待講演

*荒井 章司[1] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系)

11:15 ~ 11:30

[HRE16-02] 伊豆小笠原弧海域に位置する明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘におけるチムニー鉱石の鉱物学的特徴

川口 真治[1]、*米津 幸太郎[1]、Thomas Tindell[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、大友 陽子[4]、渡邊 公一郎[1] (1.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター　、4.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[HRE16-03] Organic matters and acid-sulfate alteration in Itomuka Mine, Hokkaido, Japan: implications for the transportation and deposition mechanisms of mercury

*越後 拓也[1]、木股 三善[2]、清水 雅浩[2] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科、2.筑波大学大学院生命環境科学研究科)

11:45 ~ 12:00

[HRE16-04] **Significances of 12 Ma manganese ores in the Hokuroku district, Akita: unique Mn accumulation and interaction with organic matter during submarine hydrothermal activities**

*塚本 雄也[1]、掛川 武[1] (1.東北大学理学研究科地学専攻)

12:00 ~ 12:15

[HRE16-05] Microbial communities around ca. 2.7 Ga submarine hydrothermal fields at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada

*大里 武[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学)

クロムの濃集における水の役割
The role of water in the concentration of Cr

*荒井 章司[1]
*Shoji Arai[1]

1. 金沢大学理工研究域自然システム学系
1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University

The role of water in the formation of chromitites, which have been designated as a typical orthomagmatic ores, has been long controversial. Johan et al. (1983, 2017), for example, concluded that chromites are precipitated from water-rich fluids at relatively low temperatures (< 1000 ºC) to form podiform chromitites in the mantle. Those arguments are mainly based on two observations; (1) podiform chromitites and surrounding peridotites have been preferentially hydrated, which may mean the initial water enrichment, and (2) chromite grains contain fluid and hydrous mineral inclusions of apparently primary origin. I criticize the related interpretations based on those observations. The selective hydration in and around chromitite pods is due to the Mg-rich character of olivines, which has been obtained during a subsolidus cooling stage (Arai, 1978), and does not definitely show the involvement of water-rich fluid in chromitite formation. The origin of the chromite-hosted hydrous mineral inclusions has not been left unclear. Many authors a priori interpreted the inclusions as being representative of the trapped melts or fluids that precipitated the host chromites. This is, however, highly questionable. The inclusions are most probably formed during a stage of peridotite-melt reaction within a complicated igneous stage of podiform chromitite generation in the mantle. Hydrothermal fluids can transport Cr and precipitate chromite, but may not form most of the podifrom chromitites.

キーワード：クロム、クロミタイト、水
Keywords: Chromium, Chromitite, Water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊豆小笠原弧海域に位置する明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘におけるチムニー鉱石の鉱物学的特徴
Mineralogical Features of Silver-Bearing Minerals in Chimney Ore from Myojinsho Caldera, Myojin Knoll and Bayonnaise Knoll Seafloor Hydrothermal Area, Izu-Bonin Arc

川口 真治[1]、*米津 幸太郎[1]、Thomas Tindell[1]、石橋 純一郎[2]、野崎 達生[3]、大友 陽子[4]、渡邊 公一郎[1]
Shinji Kawaguchi[1], *Kotaro Yonezu[1], Thomas Tindell[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Tatsuo Nozaki[3], Yoko Ohtomo[4], Koichiro Watanabe[1]

1. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター　、4. 北海道大学大学院工学研究院
1. Deaprtment of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Research and Development Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Faculty of Engineering, Hokkaido University

海底熱水鉱床は、Cu-Pb-Zn（±Au±Ag）を主要構成金属とする火山性塊状硫化物鉱床の一つである。近年の海底探査によって、日本周辺の排他的経済水域にて海底金属鉱物資源の新たな発見が相次いでいる。例えば、伊豆小笠原弧周辺海域に存在する明神礁カルデラと明神海丘の熱水域海底探査を目的としたNT13-09航海や、ベヨネース海丘の熱水域海底探査を目的としたNT14-06航海などが実施された。ベヨネース海丘を有する白嶺鉱床にて採取されたチムニー鉱石は海底熱水鉱床の中でも高品位を有していることが知られている（Au; 24.1 ppm、Ag; 1275 ppm、Cu; 1.14wt. %、Pb; 5.57wt. %、Zn; 35.03wt. %）（Tanahashi et. al, 2004）。加えて上述の論文にて、チムニー鉱石は多孔質かつ同心円構造で表面から、黒色マンガン酸化物コーティング層、白色の重晶石層、閃亜鉛鉱と方鉛鉱主体の硫化鉱物層からなると示されている。しかし、現在活動中の海底熱水鉱床のチムニー鉱石を成長軸に沿って詳細に議論している論文は限定的である。（e.g. Watanabe & Hayashi, 2014）。そこで本研究の目的は、伊豆小笠原弧海域のチムニー鉱石に含まれる鉱物学的特徴、特に銀鉱物の形成とチムニー鉱石の沈殿環境を明らかにすることとし、明神礁カルデラ、明神海丘、ベヨネース海丘から採取されたチムニー鉱石（NT13-09およびNT14-06）を本研究には使用した。

これらのチムニー鉱石は非常に良く似た鉱物学的特徴を有していた。チムニー鉱石試料は円筒状の形状を示し、外側から内側に向かう成長軸に沿って、主に硫酸塩である重晶石で構成されるG1、主に重晶石と海底熱水鉱床の主要硫化鉱物である閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・方鉛鉱で構成されるG2、主に主要硫化鉱物で構成されるG3で構成されていた。G1からG3にかけての鉱物学的特徴は黒鉱鉱床でも確認される(Shimazaki & Horikoshi, 1990)。EPMA分析により、重晶石は主にG1、G2に認められ、特異的にG3の多孔質部の空隙を埋めるようにも見られた。先行研究では、初期沈殿の重晶石の形成温度は190-215℃、二次沈殿の重晶石の形成温度は150-190℃(Iizasa, 1997)とされており、熱水と海水の混合によって形成されるチムニー鉱石の成長過程は次のように説明できる。初期鉱化作用；大量の海水と海底面の熱水噴気孔から噴出される熱水の混合によって重晶石の壁（G1）が形成される。次に、G1によって海水と熱水の混合比が規制され、熱水の割合が比較的高くなることで主要硫化鉱物と重晶石を含む多孔質のG2が形成される。その後、熱水の寄与がより大きくなることによって、主要硫化鉱物からなるG3が形成される。二次鉱化作用；活発な熱水活動が停止した後、多孔質のチムニー鉱石の空隙に重晶石が大量の海水と熱水によって沈殿した（G3）。EPMAと顕微鏡の観察結果から、伊豆小笠原弧周辺海域で採取されたチムニー鉱石の銀鉱物はG2とG3にて、1-20μmの安四面銅鉱-砒四面銅鉱（Ave(wt.%): Ag; 2.90, Cu; 11.06, Zn; 7.03, Pb; 46.58, Sb; 3.97, As; 3.00 and S; 10.91）として閃亜鉛鉱と方鉛鉱と共存して観察された。併せて、伊豆小笠原弧海域と黒鉱鉱床のAg vs. Sb/(Sb+As)プロットによると、伊豆小笠原弧のチムニー鉱石を形成した熱水は黒鉱鉱床の熱水よりも、銀に富む熱水であることがわかった。また、特異的にベヨネース海丘のチムニー鉱石からは、銀を多く含む1-10μmの古遠部鉱（Ave(wt.%): Ag; 52.90, Cu; 9.55 , Pb; 37.54 and S; 13.84）がG1とG2の間の境界のG2側で方鉛鉱と共に観

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

察された。よって、上述の初期鉱化作用と二次鉱化作用に対応する銀の鉱化作用は次のように説明できる。まず、初期鉱化作用として、主要硫化鉱物の鉱化作用により、多孔質なチムニー鉱石が形成される。その後、活発な熱水活動の停止が引き金となり、大量の海水と少量の熱水の混合による温度の低下が引き起こると、初期鉱化作用では方鉛鉱中に存在していた銀が$2Pb^{2+}=Ag^{+}+Sb^{3+}$の化学平衡式に沿って(Karup-Moller, 1971 and Foord, 1989)、平衡が右に移動する。そして、G2とG3に安四面銅鉱一砒四面銅鉱として沈殿する(Zeng and Izawa, 2000)。次に熱水活動が完全に停止すると、さらに冷却が進み、安四面銅鉱一砒四面銅鉱は古遠部鉱として沈殿する。

キーワード：海底熱水鉱床、チムニー鉱石、伊豆小笠原弧
Keywords: Submarine hydrothermal ore deposit, Chimney ore, Izu-Bonin arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Organic matters and acid-sulfate alteration in Itomuka Mine, Hokkaido, Japan: implications for the transportation and deposition mechanisms of mercury

*越後 拓也[1]、木股 三善[2]、清水 雅浩[2]
*Takuya Echigo[1], Mitsuyoshi Kimata[2], Masahiro Shimizu[2]

1. 秋田大学大学院国際資源学研究科、2. 筑波大学大学院生命環境科学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

We investigated the ore and hydrothermal alteration minerals and solid organic matters from Itomuka mercury mine which is located in the eastern part of central Hokkaido to examine the transportation and deposition mechanisms of mercury. In addition to the ore minerals, native mercury and cinnabar, powder X-ray diffraction (XRD) analysis showed that the mercury ore consist of quartz, marcasite, alunite, kaolinite and minor amounts of pyrite and smectite. This mineral assemblage suggests that mercury deposition occurred with the advanced argillic alteration under low temperature and low pH condition. Two types of solid organic matter were recognized in quartz vein by yellow-green fluorescence under the ultraviolet radiation: (1) film-shaped organic matter occurring on the surface of quartz vein and (2) globule-shaped organic matter filling pores of quartz vein. Both of these organic matters occur with mercury minerals, cinnabar, native mercury and calomel (Hg_2Cl_2). These organic matters were analyzed with SEM-EDS, micro-X-ray diffraction and micro-FTIR. SEM-EDS analysis showed that film-shaped organic matter is closely associated with mercury and silica minerals though globule-shaped organic matter is not associated with such minerals. Micro-FTIR spectra of both organic matters are similar and suggested that these contain aromatic rings, carboxyl group (-COOH) and adamantine ($C_{16}H_{10}$). Micro-XRD showed that film-shaped organic matter consists quartz, opal- and adamantine crystals and globule-shaped organic matter consists of quartz and amorphous organic matter, respectively. The occurrence of these organic matters suggests that hydrothermal fluid which transported mercury was highly reduced. Because the solubility of Hg in acidic fluid is low, neutral to alkaline fluid seems to have leached mercury from the basement sedimentary rocks of Hidaka formation. The mercury-bearing fluid ascended along the faults in Itomuka formation and oxidized at near the surface. Reduced sulfur (HS^-) in the fluid oxidized into sulfate (SO_4^{2-}) and reduced pH, which resulted in mercury deposition and advanced argillic alteration. Probably, rapid oxidation of ore-forming fluid promoted the precipitation of marcasite, a metastable phase of iron sulfide. The dominance of native mercury over cinnabar indicates that mercury was transported by biphase (liquid+vapor) hydrothermal fluid.

キーワード：水銀、有機物、酸性熱水変質
Keywords: Mercury, Organic matter, Advanced argillic alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Significances of 12 Ma manganese ores in the Hokuroku district, Akita: unique Mn accumulation and interaction with organic matter during submarine hydrothermal activities

*塚本 雄也[1]、掛川 武[1]
*Yuya Tsukamoto[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学理学研究科地学専攻
1. Tohoku Univ.

Various Mn ores are found in the Hokuroku district in Akita through the course of the present study. Stratified and veined Mn ores, which lengths are up to 10 cm, are formed during volcanic recession periods (less than 1 Ma) with associated with carbonaceous sediments and local hydrothermal systems. Such short-term precipitation of “pure” Mn ores is unusual, compared to normal Fe-Mn nodules or crusts. In order to understand detailed mechanisms, in particular, role of organic matter, of Mn ore formations, we performed standard mineralogical characterization, magnetic field analyses and oxygen isotope analyses on Mn ores. The first type of Mn ores appear on mudstone and veins in hydrothermally altered hyaloclastite of rhyolite lavas. Detailed geological and geochemical studies revealed that local submarine hydrothermal processes mobilized Mn and Fe in host rocks, Fe-oxides were precipitated first and then discharged Mn were precipitated as oxides (rhodonite and todorokite) on mudstone. $\delta^{18}O_{SMOW}$ value of Mn oxide is + 7.7‰ showing the precipitation temperature less than 112 C. Mn carbonate (rhodochlosite and kutnohorite) also appears in the same region. $\delta^{13}C_{PDB}$values of Mn carbonate were -21‰ (PDB), suggesting interaction with organic matters during intrusive activities of later rhyolite. The second type of Mn ores appear as veins in rhyolitic tuff or stratified lenticular forms with mud/tuffs. Ca. 30 μm colloform structures consisted of organic matter and Mn oxides can be observed. Major Mn mineral in these second type is todorokite. $\delta^{18}O_{SMOW}$value of second types of Mn ores is + 8.5‰ indicating low temperature precipitation of Mn oxides less than 101 C. Magnetic field was detected on Mn oxides in colloform structure by magnetic field microscopy (MFM). Such magnetic fields indicate high cation vacancies and abundance of Mn^{4+}, which are common in biogenic Mn oxides. Formational processes of both Mn ores provide new insight of the unique formational process of Mn ores, especially geological separation from $Fe^{2+}$and interaction with organic matter, in hydrothermal systems at the subseafloor on felsic volcanic setting. Further, this study indicates that low temperature (<100 C) hydrothermal activities can form the Mn ores with high precipitation rates.

キーワード：マンガン、北鹿地域、海底熱水系
Keywords: Manganese, Hokuroku district, Hydrothermal system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microbial communities around ca. 2.7 Ga submarine hydrothermal fields at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada

*大里 武[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1]
*Takeru Osato[1], Akizumi Ishida[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

The Archean submarine hydrothermal environment is often considered as a cradle of early life. Large uncertainties still exist as to which microorganisms were active around Archean submarine hydrothermal systems and if hydrothermal communities could be the primary producers for the global biosphere. To approach this problem, we studied ca. 2.7 Ga volcanogenic massive sulfides (VMSs) and associated sedimentary rocks at the Potterdoal deposit in Abitibi Greenstone Belt, Canada. Purposes of the present study are (1) to evaluate which type of microorganisms were active in 2.7 Ga submarine hydrothermal environments, and (2) to find new biosignature in nanoscale analysis of organic matter (OM).
VMS ores were mainly composed of chalcopyrite, sphalerite, pyrrhotite and pyrite, mostly showing layered and sorting textures. They often contained brecciated shale or actinolite or chlorite. Chert and sandstone appeared in the distal area from the VMSs. Most examined VMSs did not have OM, but some samples had up to 0.5 wt.% of carbon concentration. Those OM were found together with actinolite or chlorite or shale fragments trapped in VMSs. Carbon concentration in sedimentary rocks were moderate in general, ranging from 0.0 to 0.9 wt.%C. The thermal alteration temperature was estimated as below 300 ˚C based on the full widths of half maximum of the D1 band in the Raman spectra of kerogen, indicating that less altered features. Overall carbon isotope compositions of kerogen were ranging from -44.6 to -23.6 ‰ (PDB). These values suggest that the presence of contrast microbial ecosystems at this region, utilizing either hydrothermal CH_4 or atmospheric CO_2. Transmitted electron microscope analysis revealed that examined kerogen were mainly composed of immature OM with minor graphene layers. Novel nanostructures of Mo-sulfides stacked with graphene or Fe-sulfides were newly found in immature kerogen structures.These nano-sulfides associated with kerogen may suggest incorporation of biological sulfides in OM during the early diagenesis, possibly giving new evidence of sulfur metabolisms for the early life.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-RE16] 資源地質学

コンビーナ:大竹 翼(北海道大学大学院工学研究院　環境循環システム部門)、荒岡 大輔(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、高橋 亮平(秋田大学大学院国際資源学研究科)、野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、座長:野崎 達生(海洋研究開発機構)、高橋 亮平(秋田大学国際資源学部)

鉱床は地球表層において有用元素・有用鉱物が濃集したものであり、マグマ活動、熱水活動、変成作用、風化作用などの地球のダイナミクスにより生み出される。また鉱床の形成は地球史における環境変動や生物の進化とも密接に関わっており、鉱床形成プロセスの解明には地質学、岩石学、地球化学、鉱物学、微生物学など地球科学の幅広い分野を融合した研究が必要である。このような資源地質学の分野は、効率的な資源探査・開発のみならず、資源開発に伴って引き起こされうる有害元素を理解・評価するためにも不可欠である。本セッションでは、このような地球表層における元素の移動や濃集に関わる研究について、野外調査・観測、室内実験、理論計算、分析手法の開発など様々な視点での発表を募集する。

13:45 ~ 14:15

[HRE16-06] 微小加工法および高分解能電顕法の先鋭化と資源地質学への応用可能性

★招待講演

*富岡 尚敬[1]、甕 聡子[1]、兒玉 優[2]、伊藤 元雄[1] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.マリーン・ワーク・ジャパン)

14:15 ~ 14:30

[HRE16-07] 中国イオン吸着型鉱床における希土類元素についての微視的研究

*向井 広樹[1]、昆 慶明[1]、実松 健造[1]、高橋 嘉夫[2]、伊藤 元雄[3] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

14:30 ~ 14:45

[HRE16-08] Geochemical features of “invisible gold” in pyrites from the Akeshi and Kasuga deposits, Kagoshima, Japan

*石田 美月[1]、Rurik Romeo[2,3]、Mathieu Leisen[2,3]、鳥本 淳司[4]、野崎 達生[4,5,6,7]、安川 和孝[1,6]、藤永 公一郎[6,1]、中村 謙太郎[1]、Martin Reich[2,3]、加藤 泰浩[1,6,5] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.チリ大学数物科学研究科地質学専攻卓越アンデス地熱センター、3.チリ大学数物科学研究科沈み込み帯における物質循環解明ミレニアム基点、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構、5.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、6.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、7.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻)

14:45 ~ 15:00

[HRE16-09] Hydrothermal Mineral Assemblage of the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines

*Avriel Venis Literal Cirineo[1]、Akira Imai[2]、Ryohei Takahashi[1]、Noel C. Oliveros[3]、Redempta P. Baluda[3]、Victor B. Maglambayan[3]、Roy Ronald C. Luis[3]、Maria Lourdes M. Faustino[3] (1.Graduate School of International Resource Sciences, Akita University、2.Faculty of Engineering, Kyushu University、3.Philex Mining Corporation)

15:00 ~ 15:15

[HRE16-10] 風化型希土類鉱床の特徴と成因

★招待講演

*実松 健造[1] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　鉱物資源研究グループ)

微小加工法および高分解能電顕法の先鋭化と資源地質学への応用可能性
Development of nano-fabrication and high-resolution electron microscopy techniques: their possible applications to resource geology

*富岡 尚敬[1]、甕 聡子[1]、兒玉 優[2]、伊藤 元雄[1]
*Naotaka Tomioka[1], Satoko Motai[1], Yu Kodama[2], Motoo Ito[1]

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. マリーン・ワーク・ジャパン
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Marine Works Japan

In order to explore accessible and profitable natural resources, scientific elucidation of their origin and evolution are an essential issue. The natural resources often have fine-grained textures and minute mineral/fluid inclusions in the host minerals. Therefore, microanalysis is required to clarify their mineralogical and geochemical characteristics in detail. Focused-ion beam (FIB) microfabrication and transmission electron microscopy (TEM) are potentially effective techniques for this purpose. FIB allows to precisely extract portions of interest in sub-micron scale from various types of samples. Using TEM, microtextural, chemical, and crystallographic information can be obtained in nano-scale spatial resolution from ultrathin-film (100–200 nm) samples. With taking these technical advantages, state-of-the-art FIB and TEM at JAMSTEC KOCHI have been applied to a variety of geosciences including clay mineralogy [1], biomineralization [2], mantle rheology [3], and meteoritics [4].

One of uniqueness of the FIB/TEM laboratory at KOCHI is a combined FIB-FESEM instrument equipped with an energy dispersive spectrometer (EDS) and a cryo-holder system [5]. We are currently developing a FIB-fabrication scheme of fluid inclusions in minerals such as olivine and halite, so that those fluids are exposed in frozen state for their in-situ chemical analysis including X-ray elemental mapping using EDS [6]. 3D tomography by micro X-ray CT is effective to visualize distribution of fluid inclusions especially in nontransparent minerals prior to nanofabrication and analysis by the FIB-FESEM system.

The nanoscale occurrence of fluid (as voids) and mineral inclusions can be further characterized by high-resolution TEM. This technique would be useful for mineralogical analysis of fine-grained resource materials such as deep-sea mud containing abundant rare-earth elements [7] and manganese deposits. As a typical example, we have mineralogically characterized several-micron-sized Mn-rich microparticles recently discovered in seafloor sediments, and found vernadite-like mineral therein based on their electron diffraction patterns and elemental mappings [8]. We are further developing the linkage fabrication/analysis scheme to extend toward more comprehensive sample analysis including trace elemental and isotopic analyses using NanoSIMS [9]. These microanalysis techniques would play a key role for our better understanding of environments for the formation of resource materials.

References: [1] Ijiri et al. (2018) *Front. Earth. Sci.*,doi.org/10.3389/feart.2018.00036. [2] Shiraishi et al. (2017) *Sci. Rep.*, 7, 11805. [3] Yamamoto et al. (2017) *Phys. Chem. Minerals.*, 44, 247. [4] Tomioka & Okuchi (2017)*Sci. Rep.*, 17351. [5] Kodama et al. (2019) (submitted) [6] Kodama et al. (2019) *JpGU* [7] Takaya et al. (2018) *Sci. Rep.*, 8, 5763. [8] Uramoto et al. (2019)*Nature Comm.*(in press)[9] Ito et al. (2017) *LPSC*, XLVIII, #1776.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：微小領域分析、透過電子顕微鏡、集束イオンビーム装置
Keywords: microanalysis, Transmission electron microscopy, Focused ion beam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中国イオン吸着型鉱床における希土類元素についての微視的研究
Microscopic study on rare earth elements in ion-adsorption type ore of China

*向井 広樹[1]、昆 慶明[1]、実松 健造[1]、高橋 嘉夫[2]、伊藤 元雄[3]
*Hiroki Mukai[1], Yoshiaki Kon[1], Kenzo Sanematsu[1], Yoshio Takahashi[2], Motoo Ito[3]

1. 産業技術総合研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 海洋研究開発機構　高知コア研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Graduate School of Science, the University of Tokyo, 3. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC

At present, China constitutes more than 80 % of the rare earth elements (REE) production in the world. Among REE ores, ion-adsorption type ones existing mainly in southern China are a major supply source of heavy REE (HREE) which are especially valuable. The ion-adsorption type ore is formed under weathering of the underlying parent granite rocks. This ore typically contains more than 50 % of ion-exchangeable REE that can be extractable with electrolyte solution such as ammonium sulfate $(NH_4)_2SO_4$ solution. It has been estimated that permanent negative charge on clay minerals, such as kaolinite, leads to surface adsorption of REE in the ore. However, the direct observations or analyses for the individual minerals have been rarely conducted due to the relatively low concentrations of REE (<2000 ppm). In the present study, we analyzed weathered granite collected from an ion-adsorption ore in Dingnan County, Jiangxi Province, China on a submicroscopic scale by using various experimental apparatuses.
XRD measurements indicated that the weathered granite is mainly composed of quartz, K-feldspar and kaolinite. The results of SEM-EDS and LA-ICP-MS measurements showed that “kaolinitic particle” is abundant with REE compared to the other minerals. These results suggest that the kaolinitic particles are major reservoir of REE in the ore. The elemental mapping for a kaolinitic particle by LA-ICP-MS showed that each element is distributed heterogeneously in the particle. The SEM-EDS analyses also suggested that the kaolinitic particle is composed of several minerals. For further micro-analyses, cross sections were processed from the kaolinitic particles by FIB. XAFS study on the cross sections suggested that REE are basically hydrated in the particle. STEM-EDS analyses revealed that the kaolinitic particle contains illite and hematite in addition to kaolinite. Considering general weathering process, it can be assumed that K-feldspar was altered into illite and further into kaolinite during chemical weathering. Elemental mapping with high spatial resolution by NanoSIMS clarified that REE are distributed in kaolinite and illite.

キーワード：イオン吸着型希土類鉱床、レーザアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法、集束イオンビーム／透過型電子顕微鏡法、X線吸収微細構造解析法、超高空間分解能二次イオン質量分析法
Keywords: Ion-adsorption type rare earth ore, LA-ICP-MS, FIB-TEM, XAFS, NanoSIMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical features of “invisible gold” in pyrites from the Akeshi and Kasuga deposits, Kagoshima, Japan

*石田 美月[1]、Rurik Romeo[2,3]、Mathieu Leisen[2,3]、鳥本 淳司[4]、野崎 達生[4,5,6,7]、安川 和孝[1,6]、藤永 公一郎[6,1]、中村 謙太郎[1]、Martin Reich[2,3]、加藤 泰浩[1,6,5]
*Mizuki Ishida[1], Rurik Romeo[2,3], Mathieu Leisen[2,3], Junji Torimoto[4], Tatsuo Nozaki[4,5,6,7], Kazutaka Yasukawa[1,6], Koichiro Fujinaga[6,1], Kentaro Nakamura[1], Martin Reich[2,3], Yasuhiro Kato[1,6,5]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. チリ大学数物科学研究科地質学専攻卓越アンデス地熱センター、3. チリ大学数物科学研究科沈み込み帯における物質循環解明ミレニアム基点、4. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、5. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター、6. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、7. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Department of Geology and Andean Geothermal Center of Excellence (CEGA), FCFM, 3. Millennium Nucleus for Metal Tracing Along Subduction, FCFM, Universidad de Chile, FCFM, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 5. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo, 6. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 7. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University

The occurrence of gold in ore is one of the most important information in gold deposit research. This information allows us to optimize beneficiation and smelting processes, as well as providing valuable insights into the mineralization mechanism, which can improve exploration strategies (e.g., [1]).

In hydrothermal gold deposits, gold is not always visible as native gold, electrum, caraverite (AuTe2) or other gold minerals. In many cases, it also exists as submicrometer-size inclusions and solid solution in other minerals, which is so-called “*invisible gold*” [2]. Pyrite is the most ubiquitous and well-known host mineral for this invisible gold, and its trace element geochemistry has been increasingly recognized as a useful tool to understand the mineralization processes (e.g., [3]).

In this study, we report the geochemical features of invisible gold in pyrites collected from the Akeshi and Kasuga deposits. These deposits, located in the southern part of the Kagoshima Prefecture, Japan, are currently under operation, and are classified as high-sulfidation gold deposits. In both Akeshi and Kasuga, gold minerals are only reported from high-grade ores, and other hosts of gold in lower-grade ores remain still uncertain [4]. Pyrite is the most common sulfide mineral in these deposits. Here, we report the results of EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) and LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) trace element analyses of pyrite, in order to determine their mineralization processes.

[1] Morishita et al. (2018) *Ore Geology Reviews*, **95**, 79-93.

[2] Cook and Chryssoulis (1990) *Canadian Mineralogist*, **28**, 1-16.

[3] Román et al. (2019) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **246**, 60-85.

[4] Nakamura et al. (1994) *Resource Geology*, **44**(3), 155-171.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：黄鉄鉱、微量元素、見えない金、高硫化型鉱床、南薩型
Keywords: Pyrite, Trace elements, Invisible gold, High-sulfidation deposit, Nansatsu-type

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydrothermal Mineral Assemblage of the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines

*Avriel Venis Literal Cirineo[1], Akira Imai[2], Ryohei Takahashi[1], Noel C. Oliveros[3], Redempta P. Baluda[3], Victor B. Maglambayan[3], Roy Ronald C. Luis[3], Maria Lourdes M. Faustino[3]

1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 2. Faculty of Engineering, Kyushu University, 3. Philex Mining Corporation

Overprinting relationship between intrusive rocks, diatreme-breccias and mineralized porphyry-type veinlets are documented in the Southwest prospect was recently discovered along the contact of the basement Pugo metavolcanics and conglomerates of the Zigzag formation, overlain by dacitic tuff termed as the Keratophyre (KTP). The prospect is located at the southwestern periphery of the Sto. Tomas II orebody, a 60-year old porphyry Cu-Au mine being operated by Philex Mining Corporation (PMC).
At least four intrusive rocks were recognized. In chronological order, they are the: (1) coarse-grained biotite quartz diorite (ODP –Old Diorite Porphyry), (2) fine-grained quartz diorite porphyry (EMD -Early Mineralization Diorite), (3) medium-grained porphyritic hornblende quartz diorite (LD –Late Diorite) and (4) hornblende andesite porphyry (DP –Diorite Porphyry). Meanwhile, at least five breccia facies were identified: (1) Phreatomagmatic Breccia facies 1 or PMBx1, (2) Phreatomagmatic facies 2a or PMBx2a, (3) Phreatomagmatic Breccia facies 2b or PMBx2b, (4) Early Mineralization Diorite Breccia or EMDBx and (5) Diorite Porphyry Breccia or DPBx. The PMBx facies are polymictic breccias with chaotic mixture of clasts set in a matrix composed of rock flour of earlier formed rocks and juvenile tuffaceous matrix. They are sub-vertical pipes that flare upwards and may represent diatreme breccias (Sillitoe, 1985, Baker et al., 1986, Lawless and White, 1990). On the other hand, EMDBx and DPBx are intrusion breccias that were formed during the emplacement of their intrusive equivalents (Sillitoe, 1985). Porphyry-type veinlets are observed overprinting ODP, EMD and PMBx1, while at the same time, quartz vein fragments are included in the latter. These veinlets are also commonly found along the contacts between LD and the PMBx1. PMBx2a and PMBx2b crosscut all the earlier intrusions and breccias. Spatial and temporal associations suggest syn-mineralization timing of the EMD, PMBx1 during porphyry-type quartz veining, while LD and some of the porphyry-type veinlets associated with the LD suggest a late-mineralization timing.
Intense potassic alteration is characterized by secondary biotite-quartz-magnetite-anhydrite-chalcopyrite-bornite. It is exhibited by EMD and andesitic clasts of Pugo Metavolcanics occurring as clasts in the diatreme breccias. It is also well-developed in the EMD at the deeper central portion of the prospect, in the matrix of the adjacent EMDBx and PMBx1. Secondary biotite is present as fine disseminations in the groundmass and as polygrain aggregates completely altering former ferromagnesian minerals, such as hornblende. It is often accompanied with quartz, anhydrite, magnetite and copper iron sulfides. Occasional K-feldspar, chlorite, illite and epidote are present in the assemblage. Associated sheeted quartz and granular quartz veinlets indicated a wide range of liquid-vapor homogenization temperature (T_h(L-V)) from 436˚C to 578˚C and 461˚C to >720˚C, respectively, and salinities from 41 to 43 wt% $NaCl_{equivalent}$ and 37 to 43 wt% $NaCl_{equiv.}$ This alteration is overprinted by illite-chlorite-carbonate-magnetite±K-feldspar alteration with abundant chalcopyrite and bornite. It pervasively overprinted the quartz stockwork zone hosted in the PMBx1 adjacent to the EMD at the central deeper portion of the prospect. Associated banded quartz veinlets indicated Th(L-V) >720˚C and salinities ranging from 55 to 70 wt% $NaCl_{equiv.}$ The shallower portions dominated by the later breccias were altered by chlorite-illite-pyrite±chalcopryite with associated quartz-gypsum cement. Lastly, propylitic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

alteration is exhibited by LD. It is characterized by chlorite-epidote-calcite±illite. Associated crystalline quartz-chlorite veinlets indicated lower Th(L-V) 246˚C and lower salinity of 40 wt% $NaCl_{equivalent.}$
K-Ar ages determined on the secondary biotite of the EMD sample that exhibited intense hydrothermal biotitization typical at the potassic core in Southwest and on the hornblende grains of LD that showed no hydrothermal alteration are both 3.5Ma. This indicates that the hydrothermal biotitization prevalent in the potassic alteration in EMD and the emplacement of the LD could have happened in a single magmatic-hydrothermal event. This may also indicate that the timing between the potassic alteration and intrusion are close in Southwest, and also constrained an older age than the mineralization at the Sto. Tomas II orebody (Imai, 2001, Waters et al., 2011).

Keywords: Baguio district, Southwest prospect, Sto. Tomas II orebody, potassic alteration, overprinting porphyry-type veinlets, diatreme breccias

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

風化型希土類鉱床の特徴と成因
Characteristics and genesis of weathering REE deposits

*実松 健造[1]
*Kenzo Sanematsu[1]

1. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　鉱物資源研究グループ
1. Mineral Resource Research Group, Institute for Geo-Resources and Environment, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

世界の希土類鉱床はカーボナタイト型、アルカリ岩関連型、漂砂型、イオン吸着型に分けられる。マントルや地殻中では微量元素である希土類が経済的に可採可能な品位にまで地質学的に濃縮するには、アルカリ岩質マグマの形成（カーボナタイトやアルカリ岩関連の鉱床として確認される）、風化の片方または両方の過程が必要である。本発表では後者の風化型である風化カーボナタイト鉱床、漂砂鉱床、イオン吸着型鉱床の特徴と成因をレビューする。

最も希土類品位が高いのは風化カーボナタイト鉱床である。もともと希土類品位が高い（>1%程度）カーボナタイトの炭酸塩鉱物が化学風化で溶解するものの、希土類は残留するために濃縮される。主要な希土類鉱物はモナズ石を含めた、初生および二次リン酸塩鉱物である。原岩がカーボナタイトであるため、軽希土類が多く重希土類に乏しく、Th含有量も比較的高い。未風化のカーボナタイトに比べて希土類鉱物は細粒であり、これが鉱山開発の際に希土類の回収率に影響する。

漂砂鉱床は火成岩や変成岩などが風化・浸食を被ることにより重鉱物が沖積層や海砂中に濃集したものである。有用鉱物はチタン鉱物（チタン鉄鉱、ルチル）、ジルコン、スズ石などであり、希土類に富む鉱床ではモナズ石や少量のゼノタイムが産出する。鉱石の希土類品位は低いが、砂や礫から構成されるために採鉱や選鉱が比較的容易であり、1965年あたりまでは世界の主要な希土類鉱床であった。モナズ石が多いため、軽希土類が多く重希土類に乏しく、Th含有量も比較的高い。ジルコンは少量の重希土類を含むが、希土類資源としての利用はされない。

イオン吸着型鉱床は前述した2種類の風化残留鉱床とは異なり、大部分の希土類が鉱物の結晶構造ではなく、粘土などの表面に静電気的に吸着して存在しており、イオン交換によって鉱石中の希土類が回収される。原岩は花崗岩であることが多く、この風化岩が鉱石（イオン吸着鉱）である。鉱床は一般に低品位であるが、軽希土類に富むものから重希土類に富むものまで様々である。原岩花崗岩には希土類フッ素炭酸塩（バストネス石、シンキス石など）や希土類含有珪酸塩（褐レン石、チタン石）といった比較的風化に弱い鉱物が多く、これらの軽希土類/重希土類比が、鉱石のそれに影響する。原岩花崗岩がリン酸塩鉱物（モナズ石やリン灰石）に富むと、鉱石中では風化耐性のあるリン酸塩鉱物中に希土類が含まれるためにイオン交換性の希土類が少なくなる。希土類を吸着しているであろう粘土鉱物としてカオリナイト、ハロイサイト、イライト、バーミキュライトなどが確認される。鉱石中のTh含有量は低く、粘土表面にもほとんど吸着されないため、他の希土類鉱床と比べてThに少ない特徴がある。

キーワード：希土類、風化、鉱床、資源、吸着
Keywords: rare earths, weathering, deposits, resources, adsorption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS09] 地震予知・予測

コンビーナ:大林 政行(独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)、馬場 俊孝(徳島大学大学院産業理工学研究部)、座長:吉川 澄夫(気象研究所)、加藤 護(京都大学大学院人間・環境学研究科)

将来の地震発生を予知・予測することをめざす，直接的な研究について討論する．長期・短期，あるいは，決定論的・確率的といった時定数や手法を問わず，理論・観測・シミュレーションなどに基づく，検証可能性を備えた科学的な研究発表を広く募集する．

15:30 ~ 15:45

[SSS09-01] 地震前の広域的静穏化・活発化現象の客観的把握

*吉川 澄夫[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS09-02] 千島海溝沿い超巨大地震の発生確率と不確定性(2)

*井元 政二郎[1]、森川 信之[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS09-03] 地震発生時系列（M-Tダイアグラム）に出現する平行と収束の増加傾向

*橋本 哲[1] (1.なし)

16:15 ~ 16:30

[SSS09-04] ランダムな地震予知が成功する割合：地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法の再訪

*加藤 護[1] (1.京都大学大学院人間・環境学研究科)

16:30 ~ 16:45

[SSS09-05] 南海トラフ巨大地震発生域陸地最前線(南紀地域)の最近の地下水変動

*佃 為成[1] (1.なし)

16:45 ~ 17:00

[SSS09-06] 「東日本大震災はどうして起きた」被災者への回答

*新妻 信明[1] (1.静岡大学理学部地球科学教室)

地震前の広域的静穏化・活発化現象の客観的把握
Objective evaluationof precursory seismic quiescence and activation phenomenon in wide area

*吉川 澄夫[1]
*Sumio Yoshikawa[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute

平成7年兵庫県南部地震（M7.3）は，本震前に地殻変動，地下水，電磁気などの様々な変化を伴い，地震活動の異常が観測されたことが知られる地震である．特に茂木（1995）は長期的・広域的な視野で地震活動の空白域と静穏化現象を指摘している．吉田（1995）は地震活動の先行現象の広域性を指摘し，震源域よりも広い領域が地震発生プロセスに関わっていることを示した．そこで何らかの予知手法を想定した場合，このような広域の先行現象を根拠にどの程度の確度で評価可能かが問題となる．

eMAP は地震発生率をポアソン確率により評価するツールである（吉川・他，2017）．個々の震源毎に領域を設定し，全ての領域の異常の度合いを表示することがこの方法の特徴である．上述の問題を考える為，この方法による広域地震活動の診断の可能性を検討した．

兵庫県南部地震の際の広域の地震活動静穏化・活発化現象を，近畿・中国・四国地方を中心に解析したところ，以下の特徴が見出された．当時の気象庁震源カタログは一元化処理開始前であり，1988年以降の検知力はM2.0程度と考えられる．本震の5～6年前までは，地震活動の空間的な分布が比較的短期間に変化し安定したパターンが見られないが，本震の約２年前，兵庫県東部で約50kmの範囲にわたり静穏化現象が確認される．そして本震約１年前から発生時まで，震源域とそれを囲む広い範囲の複数地域で活発化の状況を示した．これは諸々の活断層・構造線沿いに小規模な前震的活動が起きていたことによるものと思われる．この地震活動の時間的推移に基づいて予測手法を想定すれば次のようになる．まず静穏化現象の場所と広がりを把握することにより本震の発生場所と規模を想定し（吉川，2015），次に広域の地震活動の時間変化の同時性を検知することにより，相関解析などの手法をもって時期を推定するというものである．

キーワード：兵庫県南部地震、地震活動静穏化と活発化
Keywords: Kobe eq, Seismic quiescence and activation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千島海溝沿い超巨大地震の発生確率と不確定性(2)
Long-term Probability of a Great Earthquake along the Kurile Trench, Hokkaido Japan (2)

*井元 政二郎[1]、森川 信之[1]、藤原 広行[1]
*Masajiro Imoto[1], Morilkawa Nobuyuki[1], Fujiwara Hiroyuki[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

北海道東部の津波堆積物の調査から，十勝沖から根室沖を震源とする超巨大地震（17世紀型）が繰り返し発生したことが推定されている．政府地震調査委員会は，繰り返し発生する地震に対するBPT分布モデルを用いて，今後30年以内の地震発生確率は７～40%と評価した．また，震源域が不特定な地震として，ポアソン過程モデルを適用して5 ～9%と評価した．

昨年の報告（SSS13-06）に続き，モデル選択にかかわる発生確率不確定性の調査のため，超巨大地震発生時期（調査委員会報告書　2017表7）に基づき， BPT分布モデルとポアソン分布モデルの適合度を比較した．Parsons(2008)の方法に従いBPT分布の時系列とポアソン分布の時系列を発生させ，データに合致する時系列の数を尤度と見なした．表では，地震発生時期に関する二つの信頼区間
68%（-σ,+σ），95%(-2σ,+2σ）が示されており，これらの期間と地震発生時との相対位置による重みを与える場合も調べた．重みは，非対称な正規分布と階段関数の２通りとした．藻散布沼と霧多布湿原で採取されたデータを用いた．

ポアソン分布モデルに対するBPT分布モデルの尤度比は藻散布沼データで0.70-0.79となり，尤度はポアソン分布モデルの方が高い．これに対し，霧多布湿原のデータでは尤度比は1.9-2.0となりBPT分布モデルの方が高い．重み関数の違いによる尤度比の差は1割程度である．BPT分布モデルによる今後30年間に地震が発生する確率の平均値は，藻散布データで 約11%，霧多布データで21%前後である．こちらも，重み関数の違いによる確率値の差は僅かである．ポアソン分布モデルでは，データや重み関数の違いに関係なく地震確率は約8%である．

キーワード：超巨大地震、千島海溝、地震確率
Keywords: Great Earthquake, Kurile Trench, Probability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震発生時系列（M-Tダイアグラム）に出現する平行と収束の増加傾向
Parallel and Focused Increase Trends in Time Series (M-T Diagram) of Earthquake Occurrences

*橋本 哲[1]
*Satoshi Hashimoto[1]

1. なし
1. none

通常、地震の時系列は、地震発生の特殊性により、連続量として扱えないので、余震やくり返し地震など特別な系列が議論されるのみである。ところが、ある領域でカタログから時系列を引き出してみる（M-Tダイアグラム。ここでMはマグニチュード、Ｔは発生時刻）と、ほとんどの場合、増加傾向の特徴が見て取れる。例えば海域も含めて日本列島のほぼ全体を２０００年以降, 現在まで、深さ５０ｋｍよりも浅く、M>5.5 という条件のもとで時系列を表示し、詳しく目視する。すると２００２年から２００５年の間、約１３個のM>6 の地震が増加傾向の直線にならぶ。ただしこのとき、この並んだ地震の直線からかなり離れるものが３個ほどあるが、これらは除外して考える。余震でも繰り返し地震でもそれぞれ厳しい条件のもとで、同じ傾向のものを選んで議論しているが、それらと同じことである。驚くことに、この直線を時間の経過方向に延長すると、２０１１年３月１１日東北沖地震のM9の値に結び付く。この事実はとても偶然とは思えない。

このような「直線的に増加する系列」に注目した見方をすると、２０００年以降で、２００２年から２００５年までの傾きとほとんど同じ傾きの数本の直線が、他の期間にも見られることがわかる。この数本の時系列は平行であり、あるMの値で増加は中断される。これらを平行時系列と呼ぶことにする。

時系列全体をよく見ると、もう一つの重要な特徴がある。それは東北沖地震のMの値に結び付く時系列は前に述べた１本だけではなく、そこへ収束するような複数の時系列があることである。先のものより傾きが大きいものが３本あり、傾きの小さいものが１本識別できる。Mが７より大きな地震の場合、これらに向かって収束する時系列は顕著である。このように平行と収束という二つの特徴をもつ時系列が併存していることになる。これら二つの系列の併存は、カタログが有効な１９２３年以降のほぼ１００年間すべてに渡って確認できる。先の２０００年以降の増加傾向を見たときの、直線から外れるものは、他の平行時系列、あるいは収束時系列に含まれるようだ。つまり地震の時系列のほとんどが、これらの増加傾向の時系列で表されるのである。

このような規則性はこれまで注目されてこなかったように見える。しかし、この規則性は予測の可能性を示唆する。つまり経験的には「今」の収束する複数の時系列を見つければ、それ以降のある時刻にそれらの時系列が交差する。まさにそのときに地震が発生するのである。その時の縦軸の値が、発生する地震のMの値であり、横軸の値が発生時刻である。

そこで、全国を数ブロックに分割して増加傾向の２種類の時系列を求めた。すべてのブロックに上で述べた２種類の時系列の存在が確認された。領域を狭めているので系列として十分な個数を確保するために、Mの最小値を小さくし、解析期間で数百個を超える地震を扱えるように調節した。

これらの解析の結果から、広域で見られた多数のM7 程度の長期の増加傾向の時系列は小さな領域では見えないが、この狭い領域でも、M6程度の増加傾向の時系列として認識できることがわかった。Mが６程度であっても収束する時系列がほとんどの場合で出現する。このことはＭ６以上の地震を予知できる可能性があることを意味している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜこれらの特徴が出現するか。理由はいまのところ不明である。地震の統計則として、GR（グーテンベルグ - リヒター）則がある。規模Mが大きな地震の発生数は少ないが規模が小さくなると桁違いに多くなるという、べき乗則の一つである。この法則は時間の要因を含んでいない。今回の直線的増加傾向の時系列には、時間が中心的な要因として含まれており、観察結果としてはたいへんわかりやすい。GR測は地震が発生した結果をみているが、今回の時系列は多くの地震によって構成されるが、系列として見ているのは個々の地震ではなくて、地震発生の準備過程をみているのである。

この増加傾向の時系列に関心を持った初期のころは、プレート運動による歪エネルギー蓄積の時間的割合が一定であると仮定すれば、こういう特徴が出現すると考えていたが、平行時系列が繰り返し出現することや、収束時系列も全く理解できない。つまり単純に１００年、２００年の時間を費やして、エネルギーを蓄積して臨界に達して大地震が発生するという機構ではない。おそらく地球という大きな系の中で何億年かを費やして地殻はすでに臨界状態に達しており、現在は常に地震を発生させうる状態にあり、その状態を反映して今回の時間に関する現象として現れていると思われる。予測を試みると同時にこの物理機構の問題も重要な課題であると考えている。

キーワード：M-T 図、地震時系列、平行時系列、収束時系列
Keywords: M-T diagram, Earthhquake Time Series, Palallel Time Series, Focused Time Series

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ランダムな地震予知が成功する割合：地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法の再訪
Revisiting a simple method for short-term earthquake probabilities derived from past Seismicity

*加藤 護[1]
*Mamoru Kato[1]

1. 京都大学大学院人間・環境学研究科
1. Graduate School of Human and Environmental Studies Kyoto University

本発表では加藤(2016)を2011年以降の地震活動データに適用して、根拠を持たない地震予知・予測が成功する確率の目安を再検討する。

地震がたくさん起きる地域では、科学的根拠を持たない、ランダムな地震予知・予測であっても一定の割合が当たる。つまり、当たったことがあるからその地震予知・予測の手法は信頼に値するとは結論できない。では手法の良し悪しはどのように判断すればよいのだろうか？

加藤(2016)は過去の地震活動のデータを用いてランダムな地震予知・予測が当たる確率の目安を算出する簡便な方法を提案した。この手法ではバックグラウンドの地震活動がほぼ定常的であることを仮定し、地震の発生間隔の統計を利用して確率を算出する。加藤(2016)による手法の提案では2001年から2010年までの地震活動のデータが用いられている。本発表では地震活動が活発となった2011年以降の地震活動を含めたデータを用いて、加藤(2016)が提案した手法の有効性を再確認するとともに、ランダムな地震予知・予測が当たる割合について再検討する。地震活動はETASモデルで仮定されているように余震と定常的な活動との組み合わせである。地震の発生間隔を見ても、この２つの活動の組み合わせであることが確認でき、これは2010年までと2011年以降で変化はない。地震活動度が急激に変動した期間においても加藤(2016)の手法は有効であると考えられる。

加藤 護(2016) 地震活動データを用いた平常時の地震発生短期確率の簡便な計算法, 地震, 68, doi:10.4294/zisin.68.163

キーワード：地震予知、地震活動
Keywords: Earthquake prediction, seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ巨大地震発生域陸地最前線(南紀地域)の最近の地下水変動
Recent anomalous groundwater temperature and water level changes at the frontier land zone of Nanki region for impending great earthquakes at the Nankai trough

*佃 為成[1]
*Tameshige Tsukuda[1]

1. なし
1. none

地下岩盤に不均等な力が加わって剪断応力が高まり，剪断破壊(地震)が発生する．剪断応力が集中する周辺では岩盤にねじれの歪が現れる．そこでは，収縮場と膨張場が隣り合わせで生成される．大地震の場は恐らく，多数の連結した比較的小規模のねじれ場で構成される．剪断応力が岩盤の強度を越えるレベルに増大したとき(臨界状態)，どこかのねじれ場の剪断破壊がトリガーとなり大地震に拡大する．

大地震の準備過程において，微小クラック群から成る流体移動のパスが存在すれば，地下岩盤の収縮領域(圧力上昇)と膨張領域(圧力降下)の形成に伴う間隙流体圧変化により，地表へ向かう上昇流体の増加や減少が起こる．深部流体は高温なので，上昇深部流体が浅層地下水に混入すると，地下水温を上昇させる．また，移動流体の量の変化によって水温変化が起こる(Tsukuda et al., 2005).

NPO法人「地下からのサイン測ろうかい」では，南海トラフの巨大地震の想定震源域に近い静岡県と神奈川県(東海地域)で9カ所，また和歌山県南紀地域では7カ所にて地下水温，そのうち東海1ヶ所，南紀2カ所にては水位も観測し，地震予知研究の基礎資料を提供している．そのうち，とくに南紀潮岬付近を中心とした地域の観測を紹介する．

本州最南端，和歌山県串本町潮岬の林組の井戸(HA)と和田商店の井戸(WA)には白金測温抵抗体の水温センサー，半導体感圧素子の水位センサーを2005年に設置した．また，潮岬から北東へ約15kmに位置する古座川町月野瀬(KZ)(2002年より)などでも同様の水温の観測を実施している．KZは自噴泉の出口で測定している．

潮岬の観測点HAはWAに対してほぼ南へ約600 m 離れている．HAの水位とWAの水位および水温は降雨の影響や季節変化を抑えるため，移動平均値を計算する．

潮岬(HA,WA)の水位は，上昇傾向．WA のトレンドは71mm/year． HA,WA の水温も上昇(49～53m℃/year)．WAの地下水はほぼ静止していて，その水温は，地面の温度変化を受けて季節変化が大きいのに対し，HAでは水が流れているため微弱である．このように，井戸の状況が大きく異なるにも関わらず，水位，水温の長期変化トレンドはほぼ同一である．潮岬(串本)では1946年南海地震以後の隆起は1990年頃から沈下に転じ現在下降中である(国土地理院，2009). 最近の潮岬の水位上昇の傾向はこの水準測量および，付近のGNSSの地盤沈下データ(小林, 2013)と調和的である．

KZの水温は長期的には地下岩盤の膨張を示唆する下降を続けていた．2004年紀伊半島沖地震(M7.4)発生以後，降下率が低下したが，2012年に入り下降率が増大，しかし，2015年後半から0.22℃/yearの高い上昇率で上昇に転じた．最近では2017年以降，また降下に転じている．

2014年～2017年ごろ，とくに2016年～2017年から他の近畿地域や東海地域の観測点でも新しい大きな水温変化が現れ始めている．地盤のねじれに伴う圧縮域，膨張域の生成が各地で進行しているものと考えられる．南海トラフの巨大地震発生域の陸地最前線とその後背地域において，やや広範囲の地域の岩盤の変形の進行が加速している．早急に，総合的な地殻変動のモニタリングを進めるよう提案したい．

キーワード：岩盤膨張、岩盤収縮、水温、水位、前兆、地震予知
Keywords: dilatation, contraction , groundwater temperature, water level, precursor, earthquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「東日本大震災はどうして起きた」被災者への回答
What happen on the East Japan Megaquake; answer to sufferers

*新妻 信明[1]
*Nobuaki Niitsuma[1]

1. 静岡大学理学部地球科学教室
1. Institute of Geosciences,Shizuoka University

１．「東日本巨大地震によって何が変わったか？」；東北日本の応力場が変わった．

巨大地震の震源域では巨大地震を基準にした応力場偏角が巨大地震まで小さく島弧側回転であったが，巨大地震の後は海溝側に変わった（新妻，JpGU 2015，S-SS27)．

巨大地震後の東北日本南東部の応力場偏角は海溝側に回転しているが，北西部は応力場偏角が小さく島弧側回転である．この境界線上に巨大地震の震源が位置しており，この応力場変動が巨大地震に因ることを示している．巨大地震前は応力場偏角が小さく島弧側（赤色）が混じり，南東と北西の差は認められない．

２，「東日本巨大地震で解放された歪は何処に蓄積されていたのか？」；西南日本の大陸地殻と太平洋Plateに蓄積．

応力場変動境界線の南西方に中部日本の飛騨が位置している．巨大地震の前震は2011年2月16日から開始したが，それに先行して飛騨で2011年2月6日から3月6日まで相補的な地震活動があった．最大規模は2011年2月27日M5.5で，東日本巨大地震の主応力軸方位基準の応力場極性（新妻，JpGU2017，SSS05-P01）は最後の3月6日M2.8の逆極性を除くと全て正極性で，巨大地震の震源域の太平洋Plate沈込阻止機構を担っていた．最後の応力場の逆転は，飛騨における阻止機構の破壊を示し，その3日後に最大前震M7.4，そして4日後に本震M9.0に至った．巨大地震源から西南西方の飛騨と朝鮮半島の間には日本列島最長の西南日本の大陸地殻が在り，太平洋Plateの沈込を阻止できる．巨大地震で開放されたM9.0の歪は西南日本の大陸地殻と太平洋Plateに蓄積されていたのであろう．

３．「歪は何時から蓄積されていたのか？」；1611年慶長三陸地震の後から．

東北日本の地震活動と日本海溝に沿う太平洋Plateの沈込を定量的に比較するために，太平洋Plateの沈込面積と地震断層面積（地震断層の移動面積）を使用する．地震断層面積S（km^2）は，松田の式（1975）log S =1.2M −9.9を用いて地震規模Mから算出できる．

大正関東地震後の1923年9月2日から巨大地震前の2011年3月10日までの地震760個の総地震断層面積はBenioff図でPlate運動面積増大の斜直線に沿って階段状に増加し，東北日本の地震活動が太平洋Plateの日本海溝に沿う沈込に起因していることを示している．また，その総地震断層面積は巨大地震M9.0と等しいが，Plate運動面積はM9.0の0.91個分しかなく，Plate運動の1割増が地震活動に消費されている．

1923年の関東地震までの総地震断層面積がM9.0になるには1793年からの地震150個が必要で，その間のPlate運動面積はM9.0が1.34個分なので，1793年から2011年までに巨大地震の歪の４分の１にしかならず，1793年以前からの歪蓄積が必要である．

1793年以前は，歴史地震記録が不完全なため東北日本の地震断層面積が少なくなるので，西南日本の充実した歴史地震記録を使用して不備を補う．1793年から2011年の総地震断層面積は，東北日本でM9.0の2個分に対し西南日本で1.21個分であるので，この比率を一定と仮定して西南日本の総地震断層面積を1.65倍して東北日本の総地震断層面積とし，Plate運動面積と比較する．

1611年慶長三陸地震の後から1793年までの東北日本の補正地震断層面積はM9.0の0.73個分になり，2.06個分のPlate運動面積から1.33個分の歪を蓄積でき，巨大地震の1個分には充分である．この経過は，巨大地震用の歪は歪蓄積満了後にもPlate運動による歪を通常地震活動として消化しながら保持できることを示している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

４．「東日本巨大地震の前に震源で変化は無かったのか？」；円周構造と規模差があった．

地震の無い空白域の巨大地震の震源域を囲む巨大地震前の円周状震源分布は，破壊が周囲に進行していたが震源まで到達していないことを示している．この円周構造について気象庁のCMT解のCMT規模と初動規模の差を検討したところ，東日本巨大地震の震源域の飛騨側の前震CMT規模が初動規模よりも0.4以下であった．この差は，主要動が初動から予想される揺幅の4割以下であることを示し，S波を減衰させる破壊進行を示唆する。この本震前の規模差は2016年4月の熊本地震の前震においても確認された．

初動振幅に基づいて発せられる緊急地震速報の規模が主要動規模より小さい場合は，気象庁を責めないで大地震の前震であることを心配する必要がある．

キーワード：東日本巨大地震、地震断層面積、プレート運動面積、Benioff図、地震規模差、飛騨
Keywords: East Japan Megaquake, Area of earthquake fault, Area of relative plate Motion, Benioff Chart, Difference in Magnitude of Earthquake, Hida

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:向吉 秀樹、金木 俊也(大阪大学)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

9:00 ~ 9:15

[SSS14-07] Effect of slickenside on the crustal strength

*安東 淳一[1]、長岡 昂吉[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、ダス カウシク[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構高知コア研究所、3.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設)

9:15 ~ 9:30

[SSS14-08] 粘土鉱物の熱分解反応からみた付加体中のimbricate衝上断層のすべり挙動

★招待講演

*増本 広和[1]、亀田 純[1] (1.北海道大学理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SSS14-09] Origin of frictional melt in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt on the basis of trace element and isotope analysis

*尾澤 ちづる[1]、石川 剛志[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SSS14-10] Kodiak付加体のアルバイトを伴う黒色断層岩の起源：地球化学分析からの制約

*石川 剛志[1]、山口 飛鳥[2] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS14-11] 炭質物の熱熟成における初期熟成度と速度論的効果の重要性および地震時の滑りパラメータ推定の温度指標確立における意義

*金木 俊也[1]、市場 達矢[1]、山下 修平[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

10:15 ~ 10:30

[SSS14-12] 断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

*廣野 哲朗[1]、島村 優太朗[1]、金木 俊也[2] (1.大阪大学 大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.京都大学 防災研究所)

Effect of slickenside on the crustal strength

*安東 淳一[1]、長岡 昂吉[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、ダス カウシク[1]
*Jun-ichi Ando[1], Takayoshi Nagaoka[1], Naotaka Tomioka[2], Hiroyuki Kagi[3], Kaushik Das[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 2. Kochi Institute for core sample research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo

Slickenside is a glossy and smoothly surface developed on the fault slip plane. Although the slickenside is a common and well-known microstructure, its microstructural characterization and effect on the fault behaviour have not fully studied so far. To understand these points, we characterized the microstructures of natural samples and conducted the frictional experiments. The recovery samples from the experiments were also characterized.

Samples and experiment: The natural samples we characterized were slickensides found on the following rocks collected from several localities. 4-Cherts, 3-Limestones, 1-Amphibolite, 1-Serpentinite, 1-Chromitite, 1-Sandstone, 2-Mudstones, 1-Coaly mudstone and 1-Tuff breccia. The frictional experiments were conducted using limestone and gabbro blocks, and calcite powder with 45 to 75 μm in grain size, with a biaxial friction apparatus. The experimental conditions were 3 - 80 MPa of normal stress, 0.1 m/s and 30 μm/s of slip velocity. The characterization methods of samples were optical microscopy, SEM, TEM, AFM and XANES measurements.
Results and conclusion: The present characterization of natural samples demonstrates that the slickenside is composed of nano-size grains, whose aspect ratio (h/d) of height (h) and diameter (d) is constant at about 0.02 –0.05 for each sample. These nano-size grains can be identified as same minerals, not amorphous, composed of the parent rocks with some minor exceptions. This fact indicates that the nano-size grains were created during fault slip only by grinding of parent rocks without any reaction including the heating-induced reaction. Therefore, our first conclusion is that the slickenside is a product of aseismic faulting. The slickensides were created by all frictional experiments. The characteristics of these slickensides are same as those of natural samples described above. The interesting results are that the aspect ratio (h/d) of nano-size grains is constant for each experiment and tends to decrease with increasing normal stress from ca. 0.23 to ca. 0.07. The h/d values of nano-size grains composed of natural samples are much smaller than those of the recovered samples, which suggests that the studied natural slickensides were created by faulting at the higher normal stress conditions than at least 80 MPa, and preserved during exhumation from original depth to earth’ s surface. This consideration indicates that the fault having slickenside exists at depth corresponding to at least 80 MPa normal stress, ca. 3 km and more. The experimental results using limestone block having pre-existing mirror polished slip plane show that the static and dynamic friction coefficients are very low, ca. 0.3 and 0.2, respectively. In general, it is believed that the frictional sliding on pre-existing fault governs the crustal strength. Therefore, our second conclusion is that the slip behaviour of fault having slickenside might governs the crustal strength. However, the experiments using gabbro block did not show the low static and dynamic friction coefficients. Hence the further detail experiments using simulated slickenside are needed to understand the crustal strength.

キーワード：鏡肌、ナノサイズ粒子、剪断実験、断層強度

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Slickenside, Nano-size grain, Shear experiment, Fault strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘土鉱物の熱分解反応からみた付加体中のimbricate衝上断層のすべり挙動

Dehydroxylation kinetics of clay minerals and its application to friction heating along an imbricate thrust in an accretionary prism

*増本 広和[1]、亀田 純[1]
*Hirokazu Masumoto[1], Jun Kameda[1]

1. 北海道大学理学研究院
1. Faculty of Science, Hokkaido University

プレート沈み込み境界断層や付加体浅部で発生する地震は，海底付近の断層すべりによって津波の波源となる可能性がある。したがって，これらの断層において地震性すべりが海底まで伝播しうるのかを評価することは，地震に伴う津波のポテンシャルを評価する上で非常に重要である。本研究では，付加体先端のimbricate衝上断層を構成していたと考えられている房総半島の白子断層の断層試料を対象とし，断層のすべり過程を検討した。三浦房総付加体の三浦層群に発達する白子断層の断層ガウジは, illite-smectite混合層中のillitizationとkaoliniteの選択的な分解が生じていることが報告されている (Kameda et al., 2013)。本研究では，脱水反応によるkaoliniteの選択的分解に着目し，高温XRD実験，熱重量-示差熱分析 (Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis; TG-DTA) による熱分析を行い粘土鉱物の脱水反応の速度パラメータを決定し，イベントの繰り返しを考慮した摩擦発熱のシミュレーションを行った。シミュレーションではすべり速度，摩擦係数，すべり継続時間を変化させて断層帯の温度発展を計算し，各イベントにおける粘土鉱物の脱水反応進行度を計算した。 その結果，白子断層では1回のイベントを仮定すればおよそ460–550 ˚Cの範囲の温度上昇でkaoliniteの選択的分解が進行することが示された。またすべり速度，摩擦係数などのパラメータはkaoliniteの分解に必要な温度上昇にほとんど影響を与えなかった。発熱イベントの繰り返しの効果も検討したところ，イベントが10回の繰り返しであれば断層帯の最高到達温度は約410–470 ˚C, 100回であれば約360–420 ˚Cの温度が見積もられた。得られた結果は，付加体先端部の断層においては，100回までの繰り返しを考慮すれば，地震性すべりにより断層物質が少なくとも約360 ˚Cまで加熱されたことを示す。このことは断層に沿って付加体の先端部までこのような摩擦発熱を生じさせる地震性すべりが伝播した可能性を示唆する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origin of frictional melt in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt on the basis of trace element and isotope analysis

*尾澤 ちづる[1]、石川 剛志[2]、氏家 恒太郎[1]
*Chizuru Ozawa[1], Tsuyoshi Ishikawa[2], Kohtaro Ujiie[1]

1. 筑波大学、2. 海洋研究開発機構
1. University of Tsukuba, 2. JAMSTEC

Pseudotachylytes (solidified frictional melts) in exhumed accretionary complexes have great significance for understanding the dynamics of earthquake faulting in subduction zones. However, they are rarely preserved in a recognizable form mainly due to subsequent hydrothermal alteration. Recently, a pseudotachylyte was found in the Jurassic accretionary complex of the Mino Belt, central Japan. The pseudotachylyte is ~2 mm-thick and separates gray chert above from cataclasite below. Although the pseudotachylyte has been hydrothermally altered, its microstructures are characterized by presence of fault and injection veins, intensely cracked gray chert fragments incorporated from wall rocks, and locally embayed and rounded wall rocks, suggesting thermal cracking and thermal erosion associated with increased heating. Here, we analyzed major and trace elements and Sr and Pb isotopes of the milligram-level samples taken by micro-milling technique along the structures of the pseudotachylyte, cataclasite and gray chert, as well as the black chert and black carbonaceous mudstone near the pseudotachylyte. The pseudochylyte exhibits remarkably high trace element concentrations compared to those of gray chert. The trace element composition of the pseudotachylyte requires the involvement of black carbonaceous mudstone as well as gray chert, suggesting that the frictional melt originated from the mixture of gray chert and black carbonaceous mudstone. Based on major and trace element chemistry, the mixing ratio is estimated to be ~50–60% of gray chert and ~40–50% of black carbonaceous mudstone, and the ratio is consistent with the Sr and Pb isotope compositions. Despite the hydrothermally alteration, the chemistry of the pseudotachylyte well preserves melt-derived characteristics, thus provides useful information for understanding the frictional melting on faults and its source materials.

キーワード：シュードタキライト、摩擦熔融、微量元素分析
Keywords: pseudotachylyte, frictional melting, trace element analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Kodiak付加体のアルバイトを伴う黒色断層岩の起源：地球化学分析からの制約
Geochemical constraint on the origin of albite-bearing black fault rocks in the Kodiak accretionary complex

*石川 剛志[1]、山口 飛鳥[2]
*Tsuyoshi Ishikawa[1], Asuka Yamaguchi[2]

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. AORI, The University of Tokyo

Kodiak付加体のPasagshak Point Thrustは、かつて地震発生帯深度（12～14 km、背景温度230～260℃）のプレート境界断層であったと考えられている（Rowe et al., 2005; Meneghini et al., 2010）。観察される断層岩はカタクレーサイトおよび極細粒の黒色断層岩（BFR）であり、後者が主せん断帯を構成している。Meneghini et al. (2010）は、微細構造観察に基づき、BFRは地震すべりによる摩擦溶融で生じたシュードタキライトであるとした。一方、Yamaguchi et al. (2014) は、BFRの微量元素組成から、それらが350℃以上の高温流体岩石相互作用を経験したと結論した。Meneghini et al. (2010）はBFRが累帯構造を示す微小な柱状Na斜長石（アルバイト）を特徴的に含むことを示しており、それらの成因、および流体岩石相互作用の実態を知ることは、プレート境界断層における地震すべり過程を理解する上で重要である。本研究では、Yamaguchi et al. (2014) の試料について新たな微量元素・同位体の追加分析を行った上で、地球化学データの再解析を行った。

BFRは母岩の堆積岩およびカタクレーサイトに比べて顕著にNaに富み、Kに乏しい傾向を示すが、他の主成分元素については有意な差は認められない。主成分元素組成から求められたノルム石英－斜長石－カリ長石の関係を見ると、BFRの組成は、母岩・カタクレーサイトの組成からノルム斜長石端成分の方向に明瞭にシフトしている。この傾向は、緑色片岩相の変成作用で見られるアルバイト化と類似している。微量元素組成を見ると、BFRは母岩・カタクレーサイトに比べてSrの増加と、B、As、Rb、Cs、Tlの減少が顕著である。これらの組成的特徴は、Yamaguchi et al. (2014)で既報のものを含め、固相／流体分配係数を用いた流体岩石相互作用の地球化学的モデリング（Ishikawa et al., 2008）における350℃（緑色片岩相相当）の計算値とよく合致する。

BFRおよび母岩・カタクレーサイトにおけるSr含有率とSr同位体比（87Sr/86Sr）はノルム斜長石の値とそれぞれ正、負の明瞭な相関を示し、流体岩石相互作用で生じたアルバイトに流体中のSrが取り込まれたことが明らかである。流体端成分の87Sr/86Srは0.705程度と見積もられる。この値は、母岩・カタクレーサイトのみならず、沈み込み帯の一般的な堆積物や海水の値よりも明らかに低く、玄武岩地殻（あるいはマントル）から放出された流体の寄与が無ければ説明できない。BFRのLi同位体比（δ7Li）も、玄武岩地殻由来の熱水と350℃程度で平衡な値を示す。さらに、上記の地球化学的モデリングでは、BFRのNa濃度は塩分3～4%程度の流体との相互作用で微量元素濃度と整合的に説明できるが、この塩分は緑色変成岩中の流体包有物で一般に見られる範囲に入る。

これらのことから、下盤プレートの玄武岩地殻（緑色変成岩）から放出され、深部から移動してきたNaClを含む流体がプレート境界断層沿いを流れており、地震イベントの際、破壊とともに、摩擦発熱による350℃以上の流体岩石相互作用が生じてBFRが形成されたと考えることができる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

引用文献
Ishikawa et al. (2008) Nat. Geosci., 1, 679-683; Meneghini et al. (2010) GSA Bull, 122, 1280-1297; Rowe et al. (2005) Geology, 33, 937-940; Yamaguchi et al. (2014) Earth Planet Space, 66:58.

キーワード：断層岩、地球化学、流体岩石相互作用、プレート境界断層、付加体
Keywords: fault rocks, geochemistry, fluid-rock interactions, plate-boundary faults, accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

炭質物の熱熟成における初期熟成度と速度論的効果の重要性および地震時の滑りパラメータ推定の温度指標確立における意義

Importance of initial maturity and reaction kinetics on maturation of carbonaceous material and its implications for thermal maturity as a proxy for temperature in estimation of coseismic slip parameters

*金木 俊也[1]、市場 達矢[1]、山下 修平[1]、廣野 哲朗[1]
*Shunya Kaneki[1], Ichiba Tatsuya[1], Shuhei Yamashita[1], Tetsuro Hirono[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Osaka University

地震時に放出されるエネルギーの大部分は摩擦発熱として消費されると考えられており，断層内で様々な物理化学反応を引き起こす．例えばシュードタキライトの生成や断層岩中の鉱物の熱分解・脱水反応は，断層岩に記録された摩擦発熱履歴を検出するための熱指標として用いられている．中でも断層岩中に存在する炭質物は，その熟成度を周囲の温度に対して敏感に変化させることから，近年大きな注目を集めている．

これらの背景から，炭質物の熟成度は地震時の断層における最高到達温度および滑りパラメータの推定に用いられている（例えばHirono et al., 2015やKaneki et al., 2016）．しかし，これらの先行研究で用いられた摩擦発熱の定量推定手法は，いくつかの問題点を含んでいる可能性があり，具体的には（1）メカノケミカル効果の存在，（2）昇温速度による速度論的効果，（3）初期熟成度の影響，（4）繰り返し地震の蓄積効果，が挙げられる．最新の研究では，Kaneki et al. (2018)およびKaneki and Hirono (2018)によって，メカノケミカル効果および昇温速度が炭質物の熱熟成反応の速度論的効果を持つことが実験的に示された．よって，炭質物の熟成反応を正確な温度指標とするためには，上記の全ての問題を考慮する必要がある．

本発表では，（1）と（2）の総括に加え，（3）初期熟成度の影響の実験的検証の結果に焦点を充てる．後者の検証にあたり，出発物質には4つの異なる初期熟成度を持つ炭質物（褐炭・瀝青炭・無煙炭・グラファイト）を用い，これらに対して，滑り速度1 mm s^{-1}，垂直応力1, 3 MPaの低速摩擦実験を実施し，剪断ダメージのみを与えた．次に，剪断前後の試料に対して，昇温速度1, 数100 ˚C s^{-1}，ターゲット温度100–1300 ˚C（100 ˚C間隔）の条件で加熱実験を行った．さらに，出発物質および摩擦・加熱実験後試料について，赤外・ラマン分光による熟成度の評価を実施した．

以上の結果，剪断に伴うメカノケミカル効果によって褐炭の熟成反応は最大100 ˚C程度促進される一方，他の炭質物では剪断によって有意な熟成度の差は確認されなかった．またグラファイト以外の全ての炭質物において，高い昇温速度の試料では最大500 ˚C程度，熟成反応が抑制されることがわかった．すなわち，メカノケミカル効果および昇温速度が炭質物の熟成反応速度に与える影響は，その初期熟成度に依存することを意味する．今後，初期熟成度および速度論的効果を考慮することで，炭質物をより有効な摩擦発熱指標として確立し，精度の高い温度決定・滑りパラメータ推定が期待できる．

キーワード：地震、炭質物、摩擦発熱、初期熟成度、速度論的効果
Keywords: Earthquake, Carbonaceous material, Frictional heat, Initial maturity, Chemical kinetics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

Experimental investigation of cumulative effect on thermal maturation of carbonaceous material as a proxy for earthquake slip

*廣野 哲朗[1]、島村 優太朗[1]、金木 俊也[2]
*Tetsuro Hirono[1], Yuhtaro Shimamura[1], Shunya Kaneki[2]

1. 大阪大学 大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2. 京都大学 防災研究所
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Estimation of the maximum temperature recorded in fault rocks gives us important information about earthquake enegetics and fault slip behavior, because the frictional heat is directly related to dynamic parameters and to fault-weakening mechanisms. The thermal maturity of carbonaceous material (CM) has received considerable attention as a new temperature proxy because the organochemical characteristics of CM change irreversibly with increasing temperature. Various approaches by using infrared and Raman spectroscopies, elemental composition analyzer, biomarker method, and vitrinite reflectance measurement have been performed. However, for more accurate estimation of frictional heat, not only shear-enhanced mechanochemical effects but also chemical kinetics should be considered. In particular, cumulative effect by repeated earthquake events, related to the kinetics of the maturation, has not well understood. Here we demonstrated repeated heating events on bituminous coal and anthracite by using a tube furnace. We heated the samples 1, 10, and 100 times under conditions of 100, 300, 500, 700, 900, 1100, and 1300 degree C and 40-s heating duration, and conducted infrared and Raman spectroscopic analyses on the samples after heating. The disappearance of aliphatic C-H at 500 degree C were observed on all samples, and the intensity ratio of D and G bands on the Raman spectra of all samples increased beyond 700 degree C. Thus, we could conclude no significant cumulative effect on the thermal maturation of CM under rapid heating, indicating that the detected temperature on a fault corresponds to the largest earthquake slip event.

キーワード：断層、炭質物、摩擦発熱
Keywords: fault, carbonaceous material, frictional heat

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、岡崎 啓史(海洋研究開発機構)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

10:45 ~ 11:00

[SSS14-13] Fault rheology at the depth limits of the seismogenic zone

★Invited Papers

*Berend Antonie Verberne[1] (1.Geological Survey of Japan, National Institute of Industrial Science and Technology)

11:00 ~ 11:15

[SSS14-14] 摩擦―流動則に基づく断層モデル再訪

*嶋本 利彦[1] (1.中国地震局地質研究所・地震動力学国家重点実験室)

11:15 ~ 11:30

[SSS14-15] 海溝型地震サイクルによる応力擾乱を受けた内陸活断層の地震の発生時期について：地震サイクルシミュレーションからの知見

*野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS14-16] 地震誘発の物理：破壊準備過程における応力摂動効果

★招待講演

*波多野 恭弘[1] (1.東京大学地震研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS14-17] 4m長の模擬断層上で観察されたすべり速度に依存する前震活動

*山下 太[1]、福山 英一[1]、Xu Shiqing[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

12:00 ~ 12:15

[SSS14-18] 岩石摩擦実験において観測されたゆっくりすべりの超音速破壊伝播

*福山 英一[1]、山下 太[1]、Xu Shiqing[1] (1.防災科学技術研究所)

Fault rheology at the depth limits of the seismogenic zone

*Berend Antonie Verberne[1]

1. Geological Survey of Japan, National Institute of Industrial Science and Technology

The limits of the seismogenic zone demarcate changes in fault behaviour with increasing depth in Earth’ s crust, from aseismic, velocity (*v*-)strengthening to seismogenic, *v*-weakening, and vice versa. Significantly, the *v*-dependence of fault strength is a material property of the sliding medium present in the core of fault, or the fault gouge. I conducted shear tests using simulated fault gouge composed of calcite ($CaCO_3$) at an effective normal stress of 50 MPa, at temperatures of 20 to 600ºC, employing sliding velocities (*v*) of 0.03 to 300 μm/s –sufficient to span the brittle-plastic transition in this material. Mechanical results showed (unstable) *v*-weakening behaviour from ~80-100ºC to ~550ºC, but stable *v*-strengthening for <80-100ºC and >550ºC. All gouges sheared at temperatures <=550˚C showed localization into nanocrystalline principal slip zones, while samples sheared at >550˚C were characterized by distributed deformation. Using the post-test micro- and nanostructures observed in calcite gouge as a basis, plus a previously established microphysical model, I argue that transitions in fault stability are caused by changes in the (nano)granular flow processes accommodating shear. Specifically, the rate of intergranular compaction by Arrhenius-type processes such as diffusion or crystal plasticity, is key to thermally-activated transitions in the velocity dependence of gouge-filled faults. At the low-temperature transition from *v*-strengthening to *v*-weakening, at shallow crustal levels representing the upper-limit of the seismogenic zone, diffusion creep (e.g. pressure solution) may be dramatically accelerated due to the nanogranular nature of the fault rock that forms. At higher temperatures, towards the base of the seismogenic zone, a transition occurs from nanogranular flow in localized faults to distributed, fully creep-controlled flow in ductile shear zones.

Keywords: earthquake, seismogenic zone, rheology, nanograins, localization, brittle-ductile

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

摩擦ー流動則に基づく断層モデル再訪
Fault models revisited based on friction to flow law

*嶋本 利彦[1]
*Toshihiko Shimamoto[1]

1. 中国地震局地質研究所・地震動力学国家重点実験室
1. State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of Geology, China Earthquake Administration

摩擦ー流動則（Shimamoto and Noda, 2014, JGR）は，摩擦構成則パラメタ，流動則パラメタ，深部の剪断帯の幅*w*のみを用いて，リソスフェアを横切る形で摩擦から流動への変化を記述することができる．この経験則は摩擦から流動へのスムーズな変化を記述しており，浅部条件下では摩擦構成則へ，深部条件下では流動則へ移行する．中間領域で異常な挙動がおこらない限りその予測は大きくは違わないはずである（岩塩剪断帯の中間領域のデータは見事に記述できる）．*w*以外の新しいパラメタが必要とされない理由は今でも定かではないが，根本的な原因としては，この法則が摩擦と流動を結ぶ混合則（mixing law）であり，摩擦と流動の中間領域で全く別の変形機構が存在しないためではないかと推察している．昨年の連合学会では，摩擦ー流動則に基づいて，(i) 断層または深部剪断帯の剪断強度の速度依存性は中間領域でもっとも顕著であること，(ii) 流動が始まる温度が岩石ごとに異なることから，まだ摩擦領域にあるパッチを流動的なマトリックスが囲むような状況があり得ることを論じた（嶋本・野田，2018, JpGU）．本年度は，この議論をさらに進めて，(1) これまでに提唱された断層モデルがどう変わるか，(2) 地震発生のモデリングなどに使える現実的な断層モデル構築するために何をしなければならないか，(3) 摩擦から流動に至る巨大剪断変形を実験室でどう再現するかを論じたい．

断層モデルについては，上記論文で既に詳しく論じてある．新たに検討したのは，断層モデルを記述する流動則としてべき乗則（power law；転位クリープ）と粒径に依存する拡散型流動則（grain-size sensitive flow law；拡散クリープまたは超塑性）のいずれを使うべきか，という問題である．深部剪断帯の中心部は超微粒なアルトラマイロナイト（粒径はミクロンオーダーまたはそれ以下）で構成されることが多いことから，後者の可能性は古くから指摘されてきた．方解石と斜長石については両方のタイプの流動則が決まっている（Heard and Raleigh, 1972, GSA Bull.; Schmit et al., 1977, Tectonophysics; Rybacki and Dresen, 2000, JGR）．講演では，それらの流動則を用いて強度断面を比較した．アルトラマイロナイトの典型的な幅を0.1~10 mと仮定し，剪断帯の両側の変位速度を10 mm/yrとすると，流動変形が関与する中間領域及び流動領域の両方で拡散型クリープがより低応力下で起こることがわかった（但し，実験条件下では必ずしもこうはならない）．プレートの中・下部ではべき乗則が卓越すると考えられるが，天然の断層及びプレート境界では拡散クリープが卓越する可能性が高い．リソスフェア中心部の断層・プレート境界では，摩擦の性質を保持したパッチが線形またはほぼ線形流動則を示すマトリックスに囲まれる状況が可能であり，深部低周波地震，スロースリップなどをモデル化する上で重要である．

Sibson (1977, J. Geol. Soc. London) に始まる伝統的な断層モデルは，深さとともに構成物質（摩擦と流動の性質を決める），断層岩の種類（変形機構を反映），断層または剪断帯の形状と内部構造などから構成されている．このようなモデルは，現実的な断層及びプレート境界の力学モデルを構築する基礎になるものである．しかし，そのような断層モデルを使って地震の発生などの問題が解けるわけではない．摩擦ー流動則は，極めて単純な形で断層モデルで想定される浅部から深部への変形機構と力学的性質の変化を記述できている．定常状態のみならず，遷移挙動も含まれているので，地震発生，プレート境界の巨視的な挙動などを解くことができる．しかし，同じ物質の摩擦と流動の性質をつなぐだけで，多彩な断層とプレート境界の性質を記述できるわけではない．講演では，断層と地震研究を結びつけるには何をするべきかを，時間が許す限り論じたい．要旨では，(I) 摩擦ー流動則が重要な岩石・鉱物でも成立するかどうかを実験的に確かめること，(II) 実際の深部断層岩とプレート境界物質を使って流動則を決めること，(III) 定常状態のみならず，遷移挙動も含め

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

て流動則を決めること（Noda and Shimamoto, 2010, GRL）の重要性を指摘しておきたい．(I) については，どのような性能の試験機が必要かを論じる予定である．残念ながら，(II), (III)については1ごくわずかしかデータがないのが現状である．

キーワード：摩擦ー流動則、断層のレオロジー、地震の発生機構
Keywords: Friction to flow law, fault rheology, earthquake mechanisms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海溝型地震サイクルによる応力擾乱を受けた内陸活断層の地震の発生時期について：地震サイクルシミュレーションからの知見

Timing of Earthquakes on Intraplate Active Faults Subjected to Stress Perturbation by Megathrust Earthquakes: Insights from Earthquake Sequence Simulation

*野田 博之[1]
*Hiroyuki Noda[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Kyoto University, Disaster Prevention Research Institute

Estimation of likelyhood of occurrence of intraplate large earthquakes is crutially important because of expected large amplitude of ground motion in nearby cities and short distance between source and human society which makes earthquake early warning difficult. Currently issued National Seismic Hazard Maps for Japan [2018, the Headquarter for Earthquake Research Promotion] adopts assumptions of Poisson process or Brownian passage time distribution depending on available information for each active fault. They yield rather wide distribution of temporal probability density for a timescale of the reccurence interval or the estimation error of history of events. The timelscale is typicaly much longer than recurrence intervals of megathrust earthquakes T_{cyc} which causes semi-periodic stress perturbation to intraplate faults. In the present study, effects of the semi-periodic stress perturbation to an intraplate active fault having a ductile shear zone beneath the seismogenic part [e.g., Shimamoto and Noda, 2014] are investigated by means of dynamic earthquake sequence simulation using a spectral boundary integral method [e.g., Lapusta et al., 2000].

Utsu [1974] pointed out that historical earthquakes in Southwest Japan are concentrated in -50 and +10 years from Nankai trough megathrust earthquakes. Such active periods of intraplate earthquakes may be due to semi-periodic stress perturbation by the megathrust earthquakes [e.g., Hori and Oike, 1996; Shikakura et al., 2014]. An important question is how its duration is scaled for different tectonic settings. T_{cyc} of megathrust earthquakes in Japan trench subduction zone is 500-800 years [e.g., Sawai et al., 2015] and much longer than in Nanka trough. Parameter studies on T_{cyc} and amplitude of the stress perturbation have been conducted to elucidate what controls the timing of intraplate earthquakes.

A 2D numerical simulation of a strike-slip fault [e.g., Lapusta et al., 2000] with ductile shear zone was considered as a model for an intraplate fault, accounting for a friction-to-flow fault constitutive law [Shimamoto and Noda, 2014] composed of the aging law and a quartzite flow law [Hirth et al., 2001], and effective normal stress distribution with maximum value of 50 MPa. The model was drived by far-field shear stress which was perturbed as a sawtooth wave function of variable amplitude about 1 MPa and T_{cyc} from 100 to 1000 years. If the perturbation was perfectly periodic, the system synchronized with the perturbation and the intraplate earthquakes ocurr at a specific phase in the cycle of megathrust earthquakes. If the interval was randomized by Gaussian distribution of 10% standard deviation, then the timing of the intraplate earthquakes distributed more widely, and concentrate in the latter half of the cycle, consistently with the notion of the active period. The shape of the distribution can be explained by a seismicity model based on ΔCFF [e.g., Shikakura et al., 2014], not by a rate-and-state spring-slider model [Dieterich, 1994; Ader et al., 2014]. The result of the parameter study suggests that not only the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

history of the activity of the fault, but also stress change on it due to recurring megathrust earthquakes or other events may be useful in constrainig the likelihood of intraplate earthquakes.

キーワード：内陸地震、地震サイクルシミュレーション、脆性塑性遷移
Keywords: Intraplate earthquakes, Earthquake sequense simulation, Brittle-plastic transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震誘発の物理：破壊準備過程における応力摂動効果
Physics of earthquake triggering: effect of stress perturbation to slip acceleration

*波多野 恭弘[1]
*Takahiro Hatano[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Recent observation studies have revealed that the occurrence of tremors is sensitive to faint stress changes such as ocean tides. This might not be surprising in light of the low stress drop caused by tremors. Interestingly, however, ordinary earthquakes too may be sensitive to weak stress perturbations, although it is not so common as for tremors. Dynamic triggering should be the most prominent illustration of such sensitivity, but the occurrence of ordinary earthquakes could be also correlated to ocean tides, snowfalls, and rainfalls.

To understand such sensitivities to stress perturbation in a unified point of view, here we analyze the rupture nucleation process on a fault subject to weak periodic stress modulation. Assuming the rate- and state-dependent friction law with one state variable, we calculate the threshold amplitude above which the rupture initiation exhibits correlation with the perturbation phase. It is found that the crack-like nucleation is more sensitive to the perturbations than the patch-like nucleation. The estimated threshold amplitude for the crack-like nucleation is significantly lower than the tidal stress change. Time-to-failure for the both nucleation types in the presence of perturbation is estimated, and it is not significantly affected by the stress perturbation. We also discuss the optimum frequency at which the correlation is enhanced.

キーワード：地震の誘発
Keywords: earthquake triggering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4m長の模擬断層上で観察されたすべり速度に依存する前震活動
Foreshock activities controlled by slip rate on a 4-meter-long laboratory fault

*山下 太[1]、福山 英一[1]、Xu Shiqing[1]
*Futoshi Yamashita[1], Eiichi Fukuyama[1], Shiqing Xu[1]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

断層およびその周辺で観測される微小地震活動は，その断層面や環境の応力の状態を反映していると考えられる．しかしながら，本震直前の地震活動，いわゆる前震がどのように引き起こされ断層の主破壊に至るのかは明らかではない．その過程を実験室において再現し議論しようとしても，従来のcmスケールの岩石試料を用いた実験研究では空間分解能が十分ではなかった．そこで本研究では，防災科学技術研究所が新たに開発した長大岩石試料摩擦試験機（Figure 1）を用いて実験をおこない，何が前震活動を制御しているのかに注目して調査をおこなった．実験試料として直方体のインド産変はんれい岩を用い，L4.1 m×W0.1 m×H0.2 mの試料の上にL4.0 m×W0.1 m×H0.2 mの試料を積み重ねている．したがって模擬断層の面積は長さ4.0 m，幅0.1 mである．この断層面へ均一な垂直応力を与えるため上側試料の上面を8枚のフラットジャッキを使って加圧した後，下側試料の西端を水平方向にジャッキで載荷してせん断荷重を与えている．フラットジャッキの圧力は約6 MPaに固定した．加えた両荷重の巨視的な測定に加え断層面上で発生するローカルな現象をモニターするため，16個のAEセンサー（Olympus V103-RM），40枚の3軸半導体ひずみゲージ（Kyowa SKS-30282），10個の渦電流変位センサー（Shinkawa FK-202F）を断層に沿って設置し測定をおこなった．本研究では比較的速い速度で載荷をおこなったFB02-006, 008（載荷速度：67-185 kPa/s）および比較的遅い載荷速度で実施したFB02-007, 010（2-7 kPa/s）の４つの実験を対象とする．総変位量が2 mmに至る直前の7つのスティックスリップイベントに注目して調査をおこなったところ，どの条件においても高速な主破壊の発生直後から断層の東西両端が極めて低速（< ~20 μm/s）ながらも変位し続けていることが分かった．さらに，これらの定常的なゆっくりすべりが断層中央部に達した後，比較的高速な前駆的ゆっくりすべりが励起され主破壊に至っていることが分かった．両端からすべりが始まりやすいことは有限要素法による準静的なモデリングの予測と調和的である．断層両端の定常的なゆっくりすべりの量は低載荷速度の実験において顕著であった．しかしながらこれらのゆっくりすべりによって即座に弾性波を放出するイベントが誘発されることはなく，ほぼ全てのイベントが主破壊の直前に集中して観測された．したがってこれらの弾性波イベントを以後，前震と呼ぶ．何が前震活動を制御しているのかを明らかにするため，定常ゆっくりすべりの累積すべり量と前震の時空間分布とを比較した．その結果，前回の主破壊から前震が発生するまでの累積すべり量が断層端部では約10 μmに達する一方，断層中央部では1 μm程度であったことが分かった（Figure 2a）．次に各領域のすべり速度と比較したところ，上述する前駆すべりによってすべり速度が数100 μm/sに達した領域で前震が発生していることが明らかとなった（Figure 2b）．これらの結果は，本実験で観察された前震の発生が累積すべり量ではなく瞬間的なすべり速度によって制御されていることを示唆している．本研究結果は，室内実験で観察された高い載荷速度によってすべりが不安定となる傾向（McLaskey and Yamashita, 2017, JGR; Xu *et al.*, 2018, Tectonophysics）や，2011年東北沖地震後にプレートの沈み込み速度が増大したことにより現れたと考えられる繰り返し地震（Hatakeyama *et al.*, 2017, JGR）と類似のメカニズムによると考えられる．

キーワード：岩石摩擦実験、ゆっくりすべり、前震、すべり速度
Keywords: Rock friction experiment, Slow slip, Foreshock, Slip rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

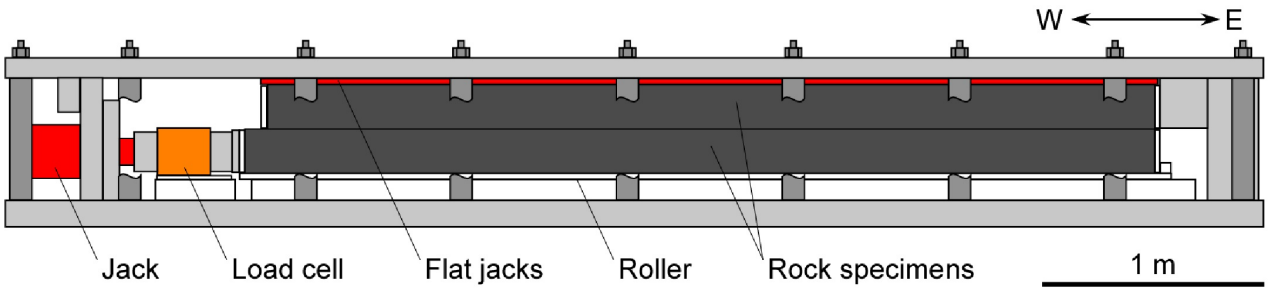


Figure 1

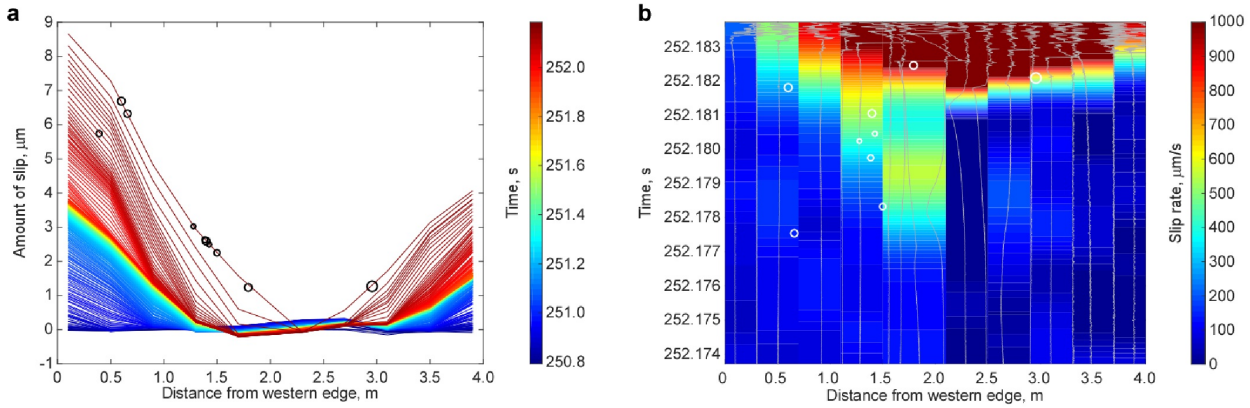


Figure 2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石摩擦実験において観測されたゆっくりすべりの超音速破壊伝播
Supersonic propagation of slow slip rupture during rock friction experiments

*福山 英一[1]、山下 太[1]、Xu Shiqing[1]
*Eiichi Fukuyama[1], Futoshi Yamashita[1], Shiqing Xu[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Rupture propagation speed on the fault has been considered to be slower than elastic wave velocities of the material. Exceptions were when extremely high energy is imposed, much higher than the fracture energy needed for the rupture to advance. The rupture propagating faster than the elastic velocities is called supersonic rupture. We observed such supersonic rupture propagation of slow slip events during large scale rock on rock friction experiments on a 1.5×0.1 m^2 fault using Indian metagabbro rock specimens. Such slow slip events were accompanied by low frequency vibrations whose onsets were synchronized with those of slow slip events; they also propagated faster than the elastic wave velocities of the rock. Since typical precursory slow slip and coseismic slip events have been observed on the same fault in a sequence of the friction experiment, the slow slip events with supersonic rupture might share the same friction environment as that for the typical preslip-mainshock type events. We interpret this phenomenon as an occurrence of non-linear deformation of a very thin layer on the fault surface. For linear deformation case, the limitation of propagation velocity comes from the elastic property of rock specimens, but non-linear deformation can propagate independently of the material elastic constants but the propagation velocity tend to be proportional to the strain rate. In addition, because there are several similarities between the present observation and the slow slip events observed in the subduction zone worldwide, it may provide a clue to understand these phenomena.

キーワード：超音速破壊伝播、岩石摩擦実験、ゆっくりすべり
Keywords: supersonic rupture proapgation, rock friction experiment, slow slip event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

13:45 ~ 14:00

[SSS14-19] The role of fault damage zone in the supershear rupture of the 2018 Mw 7.5 Palu earthquake

*Lingsen Meng[1]、Han Bao[1]、Jean-Paul Ampuero[2]、Eric Fielding[3]、Cunren Liang[4]、Christopher Milliner[3]、Tian Feng[1]、Hui Huang[1] (1.University of California Los Angeles、2.Université Côte d'Azur and IRD、3.Jet Propulsion Laboratory 、4.California Institute of Technology)

14:00 ~ 14:15

[SSS14-20] The role of curvature in earthquake mechanics

*Pierre Romanet[1]、Daisuke Sato[2]、Ryosuke Ando[1] (1.Earth and Planetary Science Department, University of Tokyo、2.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

14:15 ~ 14:30

[SSS14-21] **Heterogeneous source modelling by the fully dynamic simulations of earthquake cycles on a strike-slip fault and scaling relations.**

*Percy Galvez[1,5]、Anatoly Petukhin[2]、Paul Somerville[3]、Ken Miyakoshi[2]、Kojiro Irikura[4] (1.KAUST University, Saudi Arabia、2.Geo-Research Institute, Osaka Japan、3.AECOM, Los Angeles, USA.、4.Aichi Institute of Technology, Japan、5.ETH Zurich, Switzerland)

14:30 ~ 14:45

[SSS14-22] ランダムなすべり成分をもつ地震断層によって解放される地殻の歪みエネルギー

*齊藤 竜彦[1]、野田 朱美[1] (1.独立行政法人　防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS14-23] 1992年ランダース地震による弾性歪エネルギーの変化と余震の評価

*寺川 寿子[1]、松浦 充宏[2]、野田 朱美[3] (1.名古屋大学，大学院環境学研究科、2.統計数理研究所、3.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[SSS14-24] 歪みエネルギーの蓄積・解放に基づく地殻内地震の発生メカニズムの解明
★招待講演

*野田 朱美[1] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

The role of fault damage zone in the supershear rupture of the 2018 Mw 7.5 Palu earthquake

*Lingsen Meng[1], Han Bao[1], Jean-Paul Ampuero[2], Eric Fielding[3], Cunren Liang[4], Christopher Milliner [3], Tian Feng[1], Hui Huang[1]

1. University of California Los Angeles, 2. Université Côte d'Azur and IRD, 3. Jet Propulsion Laboratory , 4. California Institute of Technology

The powerful M 7.2 earthquake that shock the Sulawesi island of Indonesia on September 28, 2018, was a seismic standout for many reasons, not the least of which is that it triggers tsunami and landslides and causes major life and economic loss in the city of Palu. In this study, integrated geophysical observations of the 2018 Mw 7.5 Palu, Indonesia earthquake, provide robust evidence of an early and persistent supershear rupture speed. Slowness-enhanced back-projection (SEBP) of teleseismic data provides a sharp image of the rupture process, consistently across multiple arrays. The inferred rupture path agrees with the surface rupture trace inferred from the net surface displacement field derived by sub-pixel InSAR image correlation. The SEBP results indicate a sustained rupture velocity of 4.1 km/s from the rupture initiation to the end, despite large fault bends. The persistent supershear speed is further validated by evidence of far-field Rayleigh Mach waves in regional seismograms. Supershear earthquakes with rupture velocity exceeding shear-wave speeds, previously observed in laboratory experiments and large strike-slip events, often have an initial sub-shear stage before they transition to supershear. The rupture speed of the 2018 Palu earthquake is supershear from very early on. The short or absent supershear transition distance can be caused by high initial shear stress or short critical slip-weakening distance, and promoted by fault roughness near the hypocenter. Steady rupture propagation at a supershear speed considered to be unstable, lower than the Eshelby speed, could result from the presence of a damaged fault zone.

Keywords: Palu Earthquake, Supershear, Fault Damage Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The role of curvature in earthquake mechanics

*Pierre Romanet[1], Daisuke Sato[2], Ryosuke Ando[1]

1. Earth and Planetary Science Department, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In recent years, many studies have tried to catch the influence of geometry in earthquake mechanics. In this paper, we suggest a new interpretation of the effect of geometry on the stress on a fault, as a direct effect of local curvature and torsion of line field of slip along the surface of the fault. Within this framework, it is possible to unify the understanding of bends, kinks and roughness, as an effect of local parameters along the fault. Starting from the representation theorem, that links the displacement in a medium to the slip distribution on his boundary, and assuming homogeneous infinite medium, we first derive a new regularized boundary element method. Using this equation, we were able to separate the influence of geometry, express by curvature and torsion of the fault surface geometry and the slip direction, from the effect of the gradient of slip. This allows us to shed a new light on the mechanical effects of geometrical complexities on fault surface. We used that new discovery to solve a paradox between smooth and abrupt kink [Tada and Fukuyama 1996] as well as re-interpret the effect of roughness on the fault: It can be shown that the effect of drag stress [Fang and Dunham 2013] along the fault it actually exactly equal to the effect of curvature along the fault.

Keywords: Fault mechanics, Curvature, Fault geometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous source modelling by the fully dynamic simulations of earthquake cycles on a strike-slip fault and scaling relations.

*Percy Galvez[1,5], Anatoly Petukhin[2], Paul Somerville[3], Ken Miyakoshi[2], Kojiro Irikura[4]

1. KAUST University, Saudi Arabia, 2. Geo-Research Institute, Osaka Japan, 3. AECOM, Los Angeles, USA., 4. Aichi Institute of Technology, Japan, 5. ETH Zurich, Switzerland

Numerical modeling is a necessary tool for the assessment of variability strong ground motions in potential devastating large earthquakes. In a simulation-based seismic hazard analysis, it is critical to be able to generate a large number of physically self-consistent source models whose rupture process captures the main physics of earthquake rupture and is consistent with the spatio-temporal heterogeneity of past earthquakes. An inherent difficulty in such efforts is that, from a mechanical point of view, stress and strength heterogeneities cannot be prescribed arbitrarily as was done in earlier work. Their interdependence must be consistent with a mechanical model of deformation and stress evolution over the longer time scale of the earthquake cycle.

In this work, a set of spontaneous source models have been generated in a wide magnitude range (*Mw* 5.5-7.5) by using multicycle simulations under the rate-and-state friction law with the goal of studying the characteristics of source scaling relations and strong ground motions. To get realistic irregular seismic sequence, several realizations of 2D correlated heterogeneous random distributions of characteristic weakening distance "*Dc*" in rate and state friction are tested. A mesh grid size of 125 meters has been used to resolve properly the nucleation and cohesive zone of the seismic events. The fault is 128 km in length and 30km in width, the seismogenic width is 18km. The quasi-dynamic solver QDYN (Luo, et al., 2017) has been used to nucleate the seismic events and SPECFEM3D (Galvez et al, 2014; 2016) to resolve the rupture process. Other important parameters are the normal stress, which controls the stress drop and rupture velocity during an earthquake, and the maximum value of *Dc* distribution, that controls rupture velocity but not stress drop. Following these ideas, we perform dynamic rupture modeling to take into account the free surface effects and perform a parametrization study; parameters of our final friction model are shown in Fig.1.

In order to validate source models we compare the source scaling relations vs. seismic moment *Mo* for the modeled rupture area *S*(*Mo*), average slip of the ruptures *Dave*(*Mo*) and the slip asperity area *Sa*(*Mo*), with similar scaling relations from the source inversions. Fig. 2 shows result for *S*(*Mo*). The seismogenic zone width plays a fundamental role in the *S* vs *Mo* scaling. In fact, Luo et al. (2017) reported that events which break the whole seismogenic width and reach the free surface are exposed to an attraction effect from the free surface. This attraction effect may explain the transition regime from Stage 1 (self-similar rupture, $Mw < 6.5$) to Stage 2 ($6.5 < Mw < 7.4$). Ground motions have been also computed from our models. Their peak ground velocities (*PGV*) agree well with the GMPE values.

Acknowledgements. This study is based on the 2018 research project 'Examination for uncertainty of strong ground motion prediction for inland crustal earthquakes' by the Secretariat of Nuclear Regulation Authority (NRA), Japan. The Super Computer Shaheen II at KAUST University has been used to run the models presented in this study.

Keywords: earthquake rupture dynamics, earthquake cycles, rate-and-state friction, source scaling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

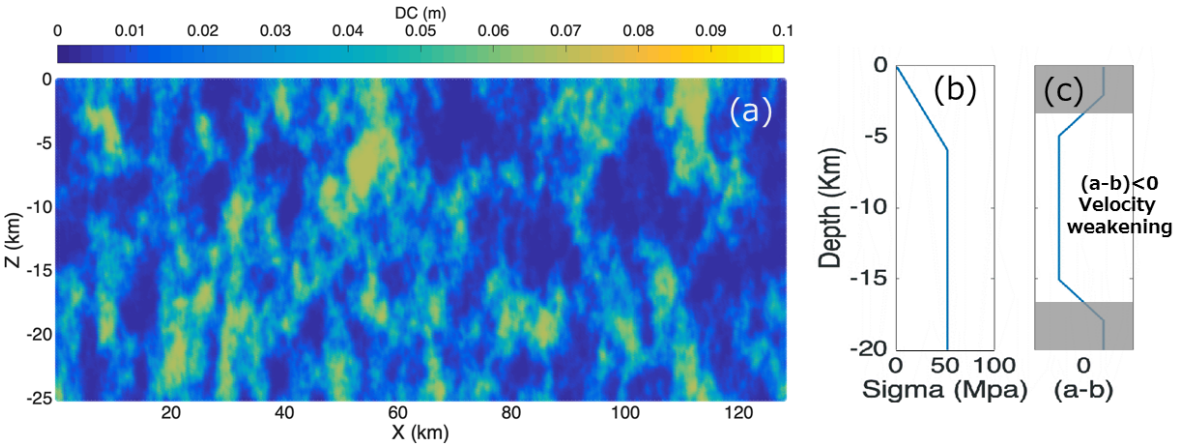


Fig 1. Friction settings: (a) heterogeneous *Dc*, (b) normal stress, and (c) *a-b* friction parameters.

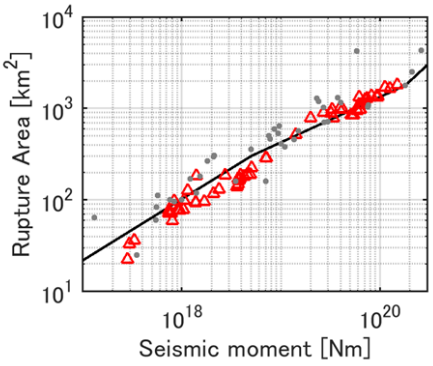


Fig 2. Comparison of *S*-values of modeled events vs. *Mo* (triangles) and observed (dots).
Line is 3-stage scaling assumed for strong-motion simulations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ランダムなすべり成分をもつ地震断層によって解放される地殻の歪みエネルギー

Strain energy released by an earthquake: Contributions of random slip fluctuations

*齊藤 竜彦[1]、野田 朱美[1]
*Tatsuhiko Saito[1], Akemi Noda[1]

1. 独立行政法人　防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地殻に蓄えられた歪みエネルギーが，地震断層運動を引き起こす原因である．これまで，南海トラフのプレート固着が内陸地殻に引き起こしている剪断歪みエネルギー変化が地震活動へ影響を与えていること(Saito et al. 2018 JGR)，熊本地震による剪断歪みエネルギーの増加域で余震活動が活発化していること（Noda et al. 2018 ACES; Tanaka et al. 2018 JpGU）を報告してきた．地殻に蓄えられた歪みエネルギーが地震によって解消される量は，地震発生機構を考えるうえで，最も基本的な情報のひとつである．地震による応力降下量が断層面で一定である場合，地震によって解消される歪みエネルギー，地震モーメント，初期応力，応力降下量を関係づける基本的な式がある（例 Aki and Richards 2002）．例えば，この関係式では，地震モーメントと歪みエネルギーが比例しているため，マグニチュードが 1 増えると，地震によって解消される地殻内の歪みエネルギーが32倍増加するといった，地震に関する基本的な性質を導くことが出来る．しかし，実際のすべり分布には無視できないほどの短波長成分が含まれ，応力降下量は断層面で著しく変化する．

本研究では，すべり分布のゆらぎによって，応力降下量が断層面で変化する場合の，地震によって解放される歪みエネルギーと地震モーメントの理論的関係を導出した．特に，すべり分布のゆらぎを確率論的にモデル化し，すべりゆらぎ分布のスペクトル形状と解放される歪みエネルギーの数式表現・スケーリング則を得た．得られた式から，以下のことが導かれる．(1) 同じ地震モーメントの場合，応力降下量が断層面で変化すると，応力降下量が一定の場合に比べて，地震によって解放される地殻の歪みエネルギーが小さくなる．(2)このことは，エネルギー分配の観点では実効的な平均応力降下量が大きくなることを意味する．本質的に同じことが，Noda et al.(2003 GJI)やHirano and Yagi (2017 GJI)で既に指摘されている．本研究では，実効的な平均応力降下量を，基準となる一定応力降下量とすべりゆらぎのスペクトルを使って解析的に表現している．(3)すべり分布のゆらぎがある場合（応力降下量が一定で無い場合），一般には，地震モーメントと歪みエネルギーは比例しない．すべりゆらぎの相関距離が，モーメントの1/3に比例する場合（つまり，断層長に比例する場合）は，地震モーメントと歪みエネルギーは比例する．(4)エネルギー分配の観点から，地震が発生するために必要となる初期応力の条件が導かれる．初期応力は実効的な平均応力降下量の半分とみかけ応力(剛性率x地震波エネルギー/地震モーメント)の和より，大きくなければならない．

キーワード：歪みエネルギー、ランダムすべりゆらぎ、応力
Keywords: strain energy, random slip fluctuations, stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1992年ランダース地震による弾性歪エネルギーの変化と余震の評価
The change in the elastic strain energy due to the 1992 Landers earthquake and triggering mechanisms of aftershock activity

*寺川 寿子[1]、松浦 充宏[2]、野田 朱美[3]
*Toshiko Terakawa[1], Mitsuhiro Matsu'ura[2], Akemi Noda[3]

1. 名古屋大学，大学院環境学研究科、2. 統計数理研究所、3. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute of Statistical Mathematics, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Earthquakes are physical processes to release elastic strain energy stored in the Earth’s crust by shear faulting. This quantity is essentially important for understanding earthquake generation. However, we have little knowledge on the quantity, because it is difficult to measure stress in-situ. Recently, Terakawa and Hauksson (2018) developed a method to model and estimate the 3-D absolute stress field from earthquake focal mechanism data, using the reference pore pressure as a single parameter (the reference pore pressure). In this study, we directly investigated changes in elastic strain energy, based on 3-D abosolute stress fields modeled by Terakawa and Hauksson (2018). Then, we tried to propose a new criterion to understand aftershock activity following large earthquakes instead of the change in Coulomb Failure Function (CFF), based on elastic strain energy.

First, we investigated partitioning of changes in shear and volumetric strain energies due to the 1992 Landers earthquake (M_W 7.3). Changes in volumetric strain energy did not depend on the reference pore pressure, or the level of deviatoric stress field. On the other hand, those in shear strain energy was closely related to the parameter. More shear strain energy were released when the background deviatoric stress magnitudes were higher. The elastic strain energy released by the mainshock is consumed as radiated, fracture and thermal energies. The amount of change (decrease) in the elastic stain energy must be at leaset larger than radiatied energy, which can be estimated (e.g., Kostrov, 1974; Ide, 2002). Therefore, the change in shear strain energy plays a crucial role to constrain the the most plausible reference pore pressure and eventually the level of the (absolute) deviatoric stress field.

When a stress field is compressed due to the mainshock, frictional strength as well as volumetric strain energy in the region will increase after the mainshock. This means that an increase in elastic strain energy do not necessarily mean activation of seismicity. The shear and volumetric strain energy are closely related to the average shear and normal stresses acting on faults randomly and isotropically distributed in the crust (e.g., Saito et al., 2018; Matsu’ura et al., under review). Increases in shear and volumetric strain energies have positive and negative effects on triggering aftershocks following the mainshock. In order to understand aftershock activity, we need to correctly consider both effects of the two kinds of strain energies into account. As the elastic strain energy is scalar quantity, we do not have to set any receiver faults, unlike using the change in CFF. In the source region of the Big Bear earthquake (M_W 6.5), which is the largest aftershock following the Landers mainshock, the shear strain energy increased, but the volumetric strain energy decreased. Both changes would have promoted this event. In the region just south of the hypocenter of the mainshock, the total effect from the two kinds of strain energies suggest that seismicity would have become inactive, contrary to the actual activation. Focal mechanism solutions of some of these events were normal faulting with NW-SE tension. We can understand that these events would have reactivated by decrease in fault strength under the stress field characterized by strike-slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

faulting with NE-SW compression and NW-SE tension. This suggest that many aftershocks in the region may have been triggered by overpressurized fluids.

キーワード：絶対応力場、弾性歪エネルギー、間隙流体圧
Keywords: absolute stress fields, elastic strain energy, pore fluid pressures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

歪みエネルギーの蓄積・解放に基づく地殻内地震の発生メカニズムの解明
Toward understanding generation mechanism of crustal earthquakes based on accumulation/release of elastic strain energy

*野田 朱美[1]
*Akemi Noda[1]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

プレート境界地震の発生サイクルは、プレート境界のせん断応力の蓄積・解放過程という観点から基本的物理プロセスがモデル化されつつあるが、この枠組みをそのまま地殻内（内陸）地震のサイクルに適用することは難しい。ある応力場でのせん断応力を求めるには断層面を仮定する必要があるが、実際の地殻内の断層はプレート境界のように連続した明瞭な弱面ではないうえに、堆積層に覆われて既存の断層が知られていない場合もあるからである。

せん断歪みエネルギーは、断層面を特定できない状況下で地震発生のポテンシャルを評価するのに適したスカラー量である。このスカラー量は、地殻内のクラックがランダムな方向を向く場合の、クラックに働くせん断応力の平均値に対応する (Saito et al., 2018)。つまり、せん断歪みエネルギーの増加・減少は、地殻応力の蓄積・解放に対応すると言える。更に、断層すべりによる仕事はせん断歪みエネルギーの解放に対応することが示されているため（Aki & Richards, 1980; Matsu’ura et al., 2019）、せん断歪みエネルギーは地震の発生を規定する、より本質的な物理量と考えることができる。したがって、地殻内のせん断歪みエネルギーがどのように蓄積・解放しているかを明らかにすることは、地殻内地震の発生メカニズムを知るうえで有用である。本講演では、地殻内のせん断歪みエネルギーの蓄積・解放のイメージングに向けた取り組みを紹介する。

せん断歪みエネルギー変化は、弾性体の歪み一応力関係を仮定すると、背景応力場と応力変化のテンソルから計算できる。背景応力の絶対値を知ることは難しいため、Saito et al. (2018) では、背景応力場のレベルが応力変化よりも十分大きいという仮定の下、規格化した背景応力場（主応力軸方向・応力比）と応力変化を用いて、背景応力の大きさで規格化されたせん断歪みエネルギー変化の表現式を導いた。そして、南海トラフのプレート間カップリングに起因するせん断歪みエネルギー変化を計算し、内陸の地震発生層のせん断歪みエネルギーの増減が、西南日本の地震活動に有意な影響を与えていることを示した。

次に、この枠組みを地殻内のテクトニック・ゾーンに適用するため、弾性・非弾性歪み解析手法（Noda & Matsu’ura, 2010）を取り入れた手法を開発した（Noda et al., AGU）。具体的には、GNSS変位データの逆解析により、地殻変動の力源を地殻内の3次元モーメントテンソル密度分布として推定する。推定したモーメントテンソル密度分布から地殻内の3次元弾性・非弾性歪み分布が求まるので、このうちの弾性歪み分布に弾性定数をかけると応力変化を計算できる。そして、背景応力場を与えれば、地殻内の規格化したせん断歪みエネルギー変化が得られる。

本手法を2016年熊本地震時および地震前のGNSSデータに適用した。この際、背景応力場としてCMTデータインバージョンによる3次元テクトニック応力場（Terakawa & Matsu’ura, 2010）を用いた。まず、地震時のGNSS変位データに適用して、地震によるせん断歪みエネルギー変化を推定し、余震活動の空間パターンと相関があることを示した。次に、地震前（2005-2011年）のGNSS変位速度データに弾性・非弾性歪み解析手法を適用した結果、阿蘇山から九重山を結ぶラインに沿った北西側の地殻浅部に、非地震性の大きな非弾性変形（脆性破壊・塑性変形）があることが分かった。この非弾性変形に起因するせん断歪みエネルギー変化は、布田川断層の一部において増加（蓄積）、布田川断層の北東端で大きな減少（解放）を示した。断層端でのせん断歪みエネルギーの解放は、2016年熊本地震の断層破壊停止に関与した可能性がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：弾性歪みエネルギー、地殻内地震、弾性・非弾性歪み、背景応力場、2016年熊本地震
Keywords: elastic strain energy, crustal earthquake, elastic/inelastic strain, background stress field, 2016 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

Introduction

9:15 ~ 9:30

[SSS15-05] 北海道東部，標津断層帯における新たな断層変位地形とその活動性調査

*吾妻 崇[1]、廣内 大助[2]、奥村 晃史[3]、谷口 薫[4]、小俣 雅志[4]、郡谷 順英[4] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.信州大学、3.広島大学、4.株式会社パスコ)

9:30 ~ 9:45

[SSS15-06] 六ヶ所断層の活動による海成面の変形

*渡辺 満久[1] (1.東洋大学社会学部)

9:45 ~ 10:00

[SSS15-07] 奄美群島喜界島におけるサンゴマイクロアトールの分布と年代からみた過去約600年の地殻上下変動

*宍倉 正展[1]、前杢 英明[2]、越後 智雄[3]、行谷 佑一[1]、石山 達也[4]、金城 遼[2]、井上 直人[3] (1.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、2.法政大学、3.一般財団法人地域地盤環境研究所、4.東京大学地震研究所)

10:00 ~ 10:15

[SSS15-08] 活断層の地震時変位量は地震サイクル毎にどう変化するか—糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層における例

*高橋 直也[1]、遠田 晋次[2] (1.東北大学理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所)

10:15 ~ 10:30

[SSS15-09] 糸魚川―静岡構造線活断層系神城断層における高解像度極浅層S波反射法地震探査

*池口 直毅[1]、松多 信尚[2]、楮原 京子[3]、岡田 真介[4]、廣内 大助[5]、石山 達也[1]、野田 克也[6]、佐藤 比呂志[1] (1.東京大学地震研究所、2.岡山大学大学院教育学研究科、3.山口大学教育学部、4.東北大学大学院理学系研究科、5.信州大学教育学部、6.株式会社ジオシス)

北海道東部，標津断層帯における新たな断層変位地形とその活動性調査
Paleoseismological survey on the Shibetsu fault zone in the eastern part of Hokkaido, Japan

*吾妻 崇[1]、廣内 大助[2]、奥村 晃史[3]、谷口 薫[4]、小俣 雅志[4]、郡谷 順英[4]
*Takashi Azuma[1], Daisuke Hirouchi[2], Koji Okumura[3], Kaoru Taniguchi[4], Masashi Omata[4], Yorihide Kohriya[4]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 信州大学、3. 広島大学、4. 株式会社パスコ
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Shinshu University, 3. Hiroshima University, 4. Pasco CORPORATION

北海道東部に位置する標津断層帯において，活動履歴及び平均変位速度に関する調査を実施した．標津断層帯は，北海道東部の知床半島の付け根（目梨郡羅臼町，標津郡標津町，中標津町）に位置する長さ約52 ㎞以上におよぶ断層帯である．活断層研究会編（1990）が示した丸山西方付近，古多糠断層，開陽断層，荒川ーパウシベツ川間の4つの逆断層で構成される．地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は，北海道が2003年度と2004年度に実施した活断層調査の成果に基づいて断層帯の活動性を評価し，平均変位速度，最新活動時期，平均活動間隔を不明とした．一方，産総研の活断層データベースでは，同地域の活断層を，「古多糠活動セグメント」からなる「古多糠起震断層」と「開陽活動セグメント」と「養老牛活動セグメント」からなる「開陽起震断層」に区分し，それぞれの活動セグメントにおける平均変位速度と平均活動間隔について，暫定的な値を与えている．今回，文部科学省から受託した「内陸および沿岸海域の活断層調査」（2016-2018年度）の一部として，2018年度に標津断層帯の活動履歴および平均変位速度を明らかにすることを主目的とした地質調査を実施した．調査内容は，空中写真を用いた地形判読調査，露頭調査，トレンチ調査，ボーリング調査，航空レーザー測量の3項目である．調査の結果，これまで認定されていた活断層の周辺に，最終氷期に形成された扇状地面の変形が認められた．本発表では，標津町古多糠地区で新たに見出された断層崖で実施したトレンチ調査および群列ボーリング調査の結果について報告する． 標津町古多糠地区には，比高2～5 m程度の西側隆起の崖地形が南北方向に約2 kmにわたって分布する．この崖地形は，これまで認定されていた活断層とは異なるものであり，既往の航空レーザー測量データに基づく地形解析によって新たに見出された地形であり，扇状地面を流向とほぼ直交する方向に直線的に横切ることから断層崖である可能性が高いと判断した．今回の調査では，この崖地形を横切ってトレンチ１孔（長さ約25 m，幅約8 m，深さ約4 m）と群列ボーリング4孔（KTN-01～KTN-04，掘削深度各5 m）を掘削した．トレンチ壁面では，この周辺に広く分布する摩周Ⅰ軽石（約12,000年前）とそれを覆う黒色土に約40 ㎝の西側隆起の変位を与える高角な断層が確認された．また，段丘礫層直上から採取された腐植質シルトから22,140-21,690 cal.BCおよび20,587-20,343 cal.BCの放射性炭素年代が得られた．断層崖を挟んだ群列ボーリング掘削地点（KTN-01およびKTN-04）間における地形面の比高は約2 m，礫層上面の比高は約3 mである．崖地形基部付近のトレンチ壁面で観察された細粒堆積物には，周氷河作用を受けたと思われる地層の変形が認められるため，これらの変形と断層変位とを見極めながら，断層活動時期および平均変位速度について検討を行った結果を報告する．

キーワード：活断層、古地震調査、トレンチ調査、火山灰編年、標津断層帯、北海道
Keywords: active fault, paleoseismology, trenching survey, tephrochronology, the Shibetsu fault zone, Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

六ヶ所断層の活動による海成面の変形
Deformation of marine terrace surfaces associated with active Rokkasho fault in southern Shimokita peninsula, northern Japan

*渡辺 満久[1]
*Mitsuhisa Watanabe[1]

1. 東洋大学社会学部
1. Faculty of Sociology, Toyo University

1 はじめに

青森県の下北半島南東部には、複数の海成段丘面を大きく変形させる逆断層（六ケ所断層）がある。この活断層は、下北半島の東方海域に分布する長大な大陸棚外縁断層の南端部に相当する。六ヶ所断層の活動により、本地域の海成段丘面は東（海側）へ傾いて六ケ所撓曲が形成されている（渡辺ほか、2008；渡辺、2016）。いくつかの露頭において、MIS 5eの海成層は東（海側）へ5度以上傾斜していることや、MIS 5cの海成層が2度程度傾斜していることが確認されている。また、変形がやや不明瞭なMIS 5cの海成面が分布する撓曲崖東部においても、MIS 5eの海成層は東へ約2度傾斜しており、六ヶ所断層の活動による変形の範囲がより明瞭となってきた（渡辺、2018）。本研究では、上記した活構造を整理し、六ヶ所断層の特性を明確にする。現地調査には、平成30年度科学研究費補助金（基盤研究（C）研究代表者：渡辺満久）の一部を使用した。

2 海成面と海成層の傾斜

本地域においては、複数の海成段丘面が分布しているが、六ヶ所断層の活動を明瞭に記録しているのは、MIS 5eとMIS5cに形成された海成段丘面である。六ヶ所断層による変形を受けていない地域では、MIS 5eの海成段丘面はほとんど水平分布しており、東（海側）へ0.3～0.6度程度傾斜しているにすぎない。六ヶ所断層の活動によって、両海成段丘面は東西幅数100 m～1 km程度の範囲で変形し、1～2度程度以上の傾斜で東へ傾斜している。

老部川北方の撓曲崖の中央部では、MIS 5eの海成層（Toya火山灰に覆われる）にアバットするMIS 5cの海成層（To-RD等に覆われる）が確認されている。前者は約5～6度、後者は約2～3度、ともに東へ傾斜している。

老部川南方の撓曲崖東部においては、MIS 5cの海成層が東へ1.3度傾斜しており、複数の液状化跡が確認されることがある。また、MIS 5cの海成層（Toya火山灰が挟在する）がMIS 5eの海成層（Toya火山灰に覆われる）にアバットすることが確認される露頭があり、上位のMIS 5cの海成層は1.3度程度、下位のMIS 5eの海成層は2度以上東へ傾斜している。その基盤である新第三系は東方へ30度程度傾斜している。

3 逆向き低断層崖と層面滑り断層

上記したように、老部川南方の六ヶ所撓曲東部では、MIS 5cの海成層はMIS 5eの海成層にアバットしている。ところが、両段丘面の境界部には低崖があり、東側が2m程度高くなっている。すなわち、MIS 5cの海成段丘面の方が高い位置にあるので、この低崖は変動崖であると判断できる。日本原燃（2015）のトレンチ調査によれば、この低崖の位置に、東へ傾く新第三紀層の層理面に沿って東上がりの逆断層運動が発生していることが図示されている。逆断層近傍の鉛直変位量は約0.8 mとされているが、より広範囲に見ると鉛直変位量はその2倍程度ある。すなわち、地形的に認定される変動崖と調和するような東上がりの逆断層が確認されている。層面滑り断層は、新第三系の東への傾斜が継続するために発生していると考えられる。

4 まとめ

MIS 5eおよびMIS 5cの海成段丘面は、東西幅数100 m～1 kmの範囲で東へ折れ曲がり傾斜を増してい

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る。このような変形は露頭でも確認され、同程度の範囲においてMIS 5eの海成層は2～5度以上、MIS 5cの海成層は1度程度以上東へ増傾斜している。

海成層の基盤をなす新第三系も東へ30度以上傾斜しており、その層理面に沿って東上がりの逆断層運動が発生している。その活動の痕跡は地形的にも明瞭に認識できる。このような断層運動は、新第三系の傾斜によって発生するのであり、新第三系の構造が活構造であることを示している。

日本原燃が実施した多数のボーリング調査結果（日本原燃、2015など）によれば、六ケ所撓曲と一致する範囲で新第三紀層が東へ急傾斜していることが明示されている。層面滑り断層の存在は、この構造が活構造であることを示している。変動地形学的に認定される六ケ所撓曲が活構造であることに疑いはない。幅1 km程度の撓曲は、地下における逆断層（六ヶ所断層）の活動によってもたらされているはずである。断層運動なしに、たとえば「緩慢な変形」といったことが生じているとは考えられない。

なおこの地域には、西上がりの逆断層である出戸西方断層が存在する。この活断層は、幅広い撓曲崖の中央部に位置しており、六ケ所断層に付随する活断層であることは確実である。

【文献】 日本原燃、2015、第46回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合資料：渡辺ほか、2008、活断層研究、29：渡辺、2016、活断層研究、44：渡辺、2018、科学、88.

キーワード：海成段丘、撓曲崖、層面すべり逆断層、活断層
Keywords: marine terrace, flexural scarp, bedding reverse fault, active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

奄美群島喜界島におけるサンゴマイクロアトールの分布と年代からみた過去約600年の地殻上下変動

Vertical crustal movement during the past 600 years in the Kikai Island, deduced from the height distribution and ages of coral microatolls

*宍倉 正展[1]、前杢 英明[2]、越後 智雄[3]、行谷 佑一[1]、石山 達也[4]、金城 遼[2]、井上 直人[3]
*Masanobu Shishikura[1], Hideaki Maemoku[2], Tomoo Echigo[3], Yuichi Namegaya[1], Tatsuya Ishiyama[4], Ryo Kinjo[2], Naoto Inoue[3]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2. 法政大学、3. 一般財団法人地域地盤環境研究所、4. 東京大学地震研究所
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Hosei University, 3. Geo-Reserch Institute, 4. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

喜界島は最終間氷期のサンゴ礁段丘が200 m以上の高度にあることから，隆起運動の活発な地域として知られている．その隆起過程は4面に区分される完新世海成段丘から1500-2000年ごとに1-2 m程度，間欠的に隆起していると考えられてきた（Sugihara et al., 2003など）．しかし最近，定常的な隆起とわずかな地震性隆起をきっかけとした侵食作用が段丘形成の主要因であるとのシミュレーション結果も提示されている（Shikakura, 2014）．測地観測によると，GNSSの観測では年間2 mm程度で隆起しているが，水準測量の結果（1997年9月と2014年4月の比較）では年間約1 mmで沈降しているという，相反した結果が得られている（伊藤ほか，2015）．このように喜界島の地殻上下変動様式については様々な見解や観測結果がある．そこで我々は，天然の検潮儀であるサンゴマイクロアトールに着目し，その分布と年代から喜界島の長期的な地殻上下変動を復元することを試みた．

ハマサンゴの仲間が形成するマイクロアトールは，低潮位を基準に成長するため，海面変動を年単位で記録しており，地殻上下変動の復元において非常に優れた旧汀線指標である．我々は喜界島の北部，東部，南部の3地点で合計25個体の現成マイクロアトールと，1個体の離水マイクロアトールを発見した．現成マイクロアトールのうち5個体の詳細な断面測量を行うとともに，離水マイクロアトールについては切断してCTスキャン撮影を行い，年縞の観察を行った．さらに一部の試料について^{14}C年代測定を行い，海洋リザーバー効果についてはHirabayashi *et al.* (2017)による喜界島のデータに基づいて較正を行った．

北部小野津地区における現成マイクロアトールは，いずれも頂面の高度が-1.01−-1.07 m（TP）でほぼフラットであり，最大のものは半径が78.8 cmであった．また本地域で発見した離水マイクロアトールは半径が270 cmあり，頂面はほぼフラットであるものの，中心付近の高度が-0.80 m（TP），縁辺部が-0.87 m（TP）で，中心から縁辺部へ向かってごくゆるやかに高度を減じている．しかしながら現成マイクロアトールと比較して20 cm程度高く，生息可能深度を超えていることは明らかである．CTスキャン画像から，水平方向への成長が明確な260 cmの範囲で年縞を計数したところ，237年分が確認できた．すなわち平均約1.1 cmずつ成長していることがわかる．^{14}C年代は中心付近でAD1305-1425，縁辺部付近でAD1489-1650であり，年縞と調和的である．縁辺部のさらに外側の海中には，さらに40-50 cm程度拡大していたことを示す外縁部分が原型をとどめたまま崩れて沈んでおり，その縁辺部の^{14}C年代はAD1537-1690であった．離水マイクロアトールの解析から得られた成長速度に基づけば，本地域の現成マイクロアトールの成長開始年代はおよそ72年前まで遡ることができる．

東部嘉鈍地区で確認した現成マイクロアトールのうち最大のものは半径145.6 cmあり，成長開始年代を推定

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

すると，およそ132年前まで遡ることができる．中心に近い部分の^{14}C年代はAD1680-1880であり，やや古い値だが矛盾はない．頂面の形状は成長期間を通じておおよそ水平だが，高度は-1.06 m（TP）から-1.20 m（TP）の間で若干の凹凸もあり，外縁部がやや盛り上がっている．

南部上嘉鉄地区でも頂面がほぼ水平な現成マイクロアトールを確認し，最大のものは半径80 cmで，北部小野津地区とほぼ同じくおおよそ72年前まで遡ることができる．

以上の結果に基づけば，喜界島の相対的海水準変動は14世紀頃から17世紀頃まで300年近くかけて緩やかに7 +α cm低下し，17世紀頃もしくはその後19世紀までの間に20 -α cm 急速に低下したことがわかる．また少なくとも137年前以降，海面は最大で10 cm程度の変動をしながらトータルでは島全体としてほぼ安定している．これらの変動の成分について，地殻変動とユースタティックな海面変動との分離は難しいものの，仮にすべて地殻変動の影響と考えた場合，少なくとも過去約600年に渡って一定速度で隆起しているというわけではないということが言える．また17世紀頃もしくはその後19世紀頃までの間の急速な変動は地震性の間欠的な隆起であった可能性がある．

CTスキャン画像取得においては公益財団法人地球環境産業技術研究機構にお世話になった．本研究は文部科学省（JAMSTEC委託）の南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの一環として実施している．

キーワード：喜界島、地震、地殻変動、海水準変動、サンゴマイクロアトール
Keywords: Kikai Island, earthquake, crustal movement, sea level change, coral microatoll

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活断層の地震時変位量は地震サイクル毎にどう変化するか―糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層における例

Variation of coseismic fault displacements on multiple seismic cycles at a site: An example from the Kamishiro fault, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system, central Japan

*高橋 直也[1]、遠田 晋次[2]
*Naoya Takahashi[1], Shinji Toda[2]

1. 東北大学理学研究科地学専攻、2. 東北大学災害科学国際研究所
1. Graduate school of Science, Department of Earth Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

活断層における地震時の変位量を適切に予測することは，将来の地震規模推定に役立つだけではなく，近年注目されつつある断層変位ハザードの評価にも重要である．これに関して従来は，「活断層上のある地点での変位量は地震サイクル毎に概ね変わらない」という固有地震モデル（Schwartz & Coppersmith, 1984）を前提とする場合が多かった．一方で，近年の大量の古地震データやLiDAR等の定量的地形解析，年代測定手法の進歩から，活断層上の変位量は地震サイクル毎に有意に変化することが指摘され始めた（例えば，Zielke，2018；Schlagenhauf et al. 2010; DuRoss et al. 2011）．ただし，研究事例のほとんどが横ずれ断層であることや，非常に多くの変位基準を要するために調査可能な場所が限られることなどが課題として残っている．

本研究では，糸魚川-静岡構造線活断層帯神城断層を対象として古地震時の変位量を推定し，地震サイクル毎のばらつきについて検討した．神城断層を選定したのは，地表踏査やLiDAR差分解析から最新活動時（2014年長野県北部の地震，Mw6.2）の変位量が詳細に把握されていることに加え，過去数千年間に形成された段丘が複数存在しており，地震サイクル毎の変位量のばらつきを議論するのに適しているからである．また，複数のトレンチ調査や古文書記録から，2014年に先行する活動が西暦1714年の正徳小谷地震，2回前が約1200年前（西暦841年もしくは762年）の地震であることもほぼ特定されている．本研究ではまず，米軍撮影の空中写真をもとに長野県白馬村大出地区周辺に分布する低位段丘群を5面（上位から, T1～T5）に分類した．その後，各段丘面で30本ずつ作成した地形断面上でWolfe et al. (2018)の手法を用いて変位量を計算し，30本の平均と標準偏差を段丘の累積変位とした．この手法は，断層の浅部傾斜角，上・下盤の地形の平均傾斜角などの不確実性を考慮してネット変位量を推定するもので，より客観的に変位量を推定することができる．また，各段丘の離水年代を，新たに測定したT5面の^{14}C年代と既存研究から推定した．これらの結果から古地震時のネット変位量を見積もると，それぞれ1714年の地震で1.5±0.2m，1200年前の地震で2.7±0.4mとなった．次に，この結果をふまえて，大出地区における地震時変位量のCV（変動係数）を計算した．CVは不偏標準偏差を算術平均で除した無次元の値であり，0に近いほど地震ごとの変位量のばらつきが小さいことを意味し，1に近いほど変位量のばらつきが大きいことを意味する．既存の掘削調査結果からは，T1面（4960～2710 yBP）離水以降に2014年の地震を含めて４～6回の地震が発生していたと考えられる．このうち，上記のように具体的に明らかになっている直近3回より前の地震時変位量を推定するため，大出地区の段丘の累積変位量を再現でき，2014年の変位量（1.1±0.2m）よりも大きく1200年前の地震の変位量よりも小さいという拘束条件のもと，不明な1~3つの地震変位量の組み合わせをモンテカルロ法によって求めた．その後，これらの変位量の組を用いてCVを計算するとおよそ0.3～0.5になることがわかった．したがって，大出地点では，固有の変位が繰り返されているのではなく，極端ではないが無視できないほどの変動が生じている可能性がある．ただし，この結果はあくまで断層上の1点の結果であるため，この結果を断層全体の活動と関連づけるには，さらなる検討が必要である．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

【謝辞】
^{14}C年代は，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センターで測定していただきました．記して御礼申し上げます．

【文献】

DuRoss C. B. et al., (2011),*Bulletin of Seismological Society of America*, 101, 6, 2765-2781.
Schlagenhauf A. et al., (2010), *Geophysical Journal International*, 182, 36-72.
Schwartz D. P. and Coppersmith K. J., (1984),*Journal of Geophysical Research*, 89, B7,5681-5698.
Wolfe F. D. et al., (2018), *American Geophysical Union fall meeting*, S41D-0575
(https://github.com/wolfefranklin/mc_fault_slip_codes).
Zielke O., (2018), *Bulletin of Seismological Society of America*, 108, 3A, 1399-1413.

キーワード：活断層、古地震、地震時変位量、モンテカルロ法
Keywords: Active fault, Paleoseismology, Co-seismic slip, Monte Carlo simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川ー静岡構造線活断層系神城断層における高解像度極浅層S波反射法地震探査

High-resolution shear-wave seismic reflection surveys across the Kamishiro fault, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system, central Japan

*池口 直毅[1]、松多 信尚[2]、楮原 京子[3]、岡田 真介[4]、廣内 大助[5]、石山 達也[1]、野田 克也[6]、佐藤 比呂志[1]
*Naoki IKEGUCHI[1], Nobuhisa Matsuta[2], Kyoko Kagohara[3], Shinsuke Okada[4], Daisuke Hirouchi[5], Tatsuya Ishiyama[1], Katsuya Noda[6], Hiroshi Sato[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 岡山大学大学院教育学研究科、3. 山口大学教育学部、4. 東北大学大学院理学系研究科、5. 信州大学教育学部、6. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Resarch Institute University of Tokyo, 2. Graduate School of Education, Okayama University, 3. Faculty of Education, Yamaguchi University, 4. Graduate school of Science, Tohoku University, 5. Faculty of Education, Shinshu University, 6. GEOSYS Inc.

上盤プレート内の上部地殻における地震を評価するためには，震源断層の特性を明らかにすることが重要な課題である．それらの情報は、地表近傍の活断層から推定していくことになるが，その基礎として地表地震断層の実すべり量を把握しておくことは重要である．実すべり量を算出するためには極浅層の断層の形状を知る必要がある．そこで，筆者らは2014年11月22日に長野県北部白馬村を震源とした地震（Mw 6.2）に伴い神城断層沿いに出現した地表地震断層（廣内ほか, 201; 石村ほか, 2015; 勝部ほか, 2017; Okada et al., 2015など）の地下数10 mにおける断層の形状および地質構造を高解像度でイメージングすることを目的として，可搬型スィープ震源Elvis Seismic Vibrator（ELVIS）を用いた極浅層S波反射法地震探査を実施した．本探査は，2017年11月3日から同11月10日および2018年11月1日から同11月9日にかけて長野県白馬村内の地表地震断層を横切る6測線（塩島測線・大出北測線・大出南測線・ウイング21測線・飯森測線・堀之内測線）において実施した．震源にはGEOSYM社製の可搬型S波スィープ震源ELVISを用いた．スイープ周波数は20～120 Hz，スィープ長は10秒である．受振には96チャンネルのSHジオフォンを装備したランドストリーマー（固有周波数14 Hz）を使用した．発震点間隔は1 m（ウイング21測線のみ発震点間隔2 m），受振点間隔は50 cmとした．また，探鉱器にはGeoMetrix社製のGEODEを使用し，サンプリング間隔を1 msecとして観測を行った．

一般的な共通反射点重合法による解析の結果を表層地質や近傍のボーリングデータと対比した結果，地表近傍から最大で深度100 mまでの断層の規模・形状および地質構造を高解像度にイメージングすることができた．明らかになった断層の位置と形状は，現地踏査（東郷・長谷川, 2015; Lin et al., 2015; Okada et al., 2015など）や地中レーダ探査（木村・谷口, 2015; 中埜・宇根2015）などから推定されるものと概ね調和的であった．また，これまで確認されておらず，2014年の地震時にも活動していない伏在逆断層の存在も明らかにすることができた．この結果により，可搬型スィープ震源Elvis Seismic Vibrator（ELVIS）を用いた極浅層S波反射法地震探査の有用性が示された．

本発表では，イメージングの結果明らかになった断層・地質構造および既往研究との比較について紹介する．

キーワード：反射法地震探査、神城断層、活断層、地表地震断層、糸魚川ー静岡構造線、地下構造

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: seismic reflection survey, Kamishiro fault, active fault, coseismic surface rupture, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[SSS15-10] 糸魚川−静岡構造線断層帯・神城断層の未破壊区間における古地震調査

*近藤 久雄[1]、黒澤 英樹[2]、平倉 瑶子[2]、高田 圭太[3]、阿部 恒平[2]、伊藤 美和子[2]、五十嵐 厚夫[3]、池田 哲哉[3]、三輪 敦志[2] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2.応用地質（株）、3.復建調査設計（株）)

11:00 ~ 11:15

[SSS15-11] 糸魚川−静岡構造線活断層系中北部区間におけるP波反射法地震探査

*木村 治夫[1]、近藤 久雄[2]、秋永 康彦[3]、岡本 茂[3]、末廣 匡基[3] (1.一般財団法人　電力中央研究所、2.国立研究開発法人 産業技術研究所、3.株式会社 阪神コンサルタンツ)

11:15 ~ 11:30

[SSS15-12] 関東地震発生履歴解明のための房総半島離水低地の堆積構造調査

*小森 純希[1]、宍倉 正展[2]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[SSS15-13] ボーリングコア解析と物理的断層モデルに基づく富士川河口断層帯入山瀬断層の位置と活動性推定

*並木 亮[1]、安藤 亮輔[1]、宍倉 正展[2] (1.東京大学、2.産業技術総合研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS15-14] 珪藻化石群集と大型植物化石から推定される静岡県浮島ヶ原低地の沈水イベント

*澤井 祐紀[1]、百原 新[2]、松本 弾[1]、嶋田 侑眞[1,3] (1.産業技術総合研究所、2.千葉大学、3.筑波大学)

12:00 ~ 12:15

Discussion

糸魚川–静岡構造線断層帯・神城断層の未破壊区間における古地震調査
Paleoseismic investigations on the un-ruptured section during the 2014 earthquake along the Kamishiro fault, ISTL active fault zone, Central Japan

*近藤 久雄[1]、黒澤 英樹[2]、平倉 瑶子[2]、高田 圭太[3]、阿部 恒平[2]、伊藤 美和子[2]、五十嵐 厚夫[3]、池田 哲哉[3]、三輪 敦志[2]
*Hisao Kondo[1], Hideki Kurosawa[2], Yoko Hirakura[2], Keita Takada[3], Kohei Abe[2], Miwako Ito[2], Atsuo Igarashi[3], Tetsuya Ikeda[3], Atsushi Miwa[2]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門、2. 応用地質（株）、3. 復建調査設計（株）
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. OYO Cooperation, 3. Fukken Co., Ltd

糸魚川ー静岡構造線断層帯の北端部を構成する神城断層では，2014年長野県北部の地震（Mj6.7）に伴い地表地震断層を生じた．長野県北安曇郡白馬村堀之内周辺より南の神城断層では明瞭な地表地震断層を伴う活動は生じておらず，神城断層は小規模な断層不連続や走向変化を伴いながら，大町市平木崎湖の南方に至る約15km区間にわたり連続して分布する．この未破壊区間は約1200年前の歴史地震で活動したと解釈されているものの，具体的なデータは依然として乏しい．そこで，近い将来の地震発生可能性評価に資する最新活動時期，地震時変位量，平均変位速度を明らかにするため，未破壊区間で実施した古地震調査の結果を概略する．

１．中綱湖地区

（１）中綱湖岸ボーリング調査

中綱湖周辺の神城断層は，後期更新世の湖成/河成段丘面および沖積面に東側隆起の撓曲崖やテクトニック・バルジを形成し連続的に延びる．比高約15mの低断層崖を挟んで隆起側の段丘面と低下側の低地で実施したボーリング調査の結果，少なくとも1.0mm/yrの平均上下変位速度が推定された．隆起側のボーリングには表土直下から細粒な砂層とシルト層の互層が堆積し，下位には粘土・シルトの互層からなる湖成層が堆積する．湖成層は大峰帯とみられる弱溶結凝灰岩及び角礫岩を不整合に覆い，凝灰岩が深度-25mで傾斜25°の逆断層により切断される．

一方，低下側のボーリングでは，深度-3.5ｍまで細粒な砂層とシルト層の互層が堆積し，上述の湖成層に対比される層準が深度-3.5～-11mで観察される．湖成層の最上部付近から19640±70y.B.P.の放射性炭素同位体年代が得られた．湖成層の下位には深度-33ｍまで扇状地礫層が厚く堆積し，深度-29ｍ付近に傾斜20°の低角逆断層が認められる．低下側の湖成層と隆起側の段丘面構成層との対比から累積上下変位量は約19ｍと見積もられ，平均変位速度は1.0mm/yrと推定される．ただし，深度-29ｍでみられる逆断層の存在から判断して，ボーリング掘削位置よりも西側を逆断層フロントが延びる可能性がある．湖岸付近の湖底は比高７～８ｍ程度の急崖をなしており（Adhikari and Kumon, 2001），この低崖基部が神城断層の変形フロントである可能性が高い．今後，中綱湖内でも層序や断層構造を確認し，変形帯全体の平均変位速度を精度よく求める必要がある．

（２）中綱湖岸ジオスライサー調査

最新活動時期，地震時変位量を推定するため，中綱湖東岸で認められる比高２ｍ程度の低断層崖を横断して群列ジオスライサー・簡易ボーリング調査を実施した．深さ２～３ｍ程度までの地形地質断面を作成した結果，下位から，扇状地礫層と腐植質シルト層及び砂層の互層，人工改変土層，東側隆起の撓曲変形と東傾斜の逆断層が認められる．変形の程度の差異や低下側でアバットする細粒堆積層の地質構造等から判断して，扇状地礫層堆積以降に２回の古地震イベントが識別できる．暫定的な年代測定の結果では，最新活動は1290±30y.B.P.以降（西暦664年以降）に生じた可能性が高い．今後，さらに年代測定等を実施して各イベントの発生年

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

代を明らかにし，未破壊区間の最新活動時期や活動間隔，地震時変位量等について検討する．

２．木崎湖南方地区

神城断層の南端付近に位置する木崎湖南方地点において，ボーリング調査を実施した．ここでは，奥村ほか（2006）により群列ジオスライサー・ボーリング調査が実施され，沼池性細粒堆積層の撓曲変形から最近３回の古地震イベントが識別されている．その後，近藤（2018）の再検討により，低角逆断層の推定，さらに古いイベントを含めた５～６回の古地震イベントと地震時上下変位量の復元が試みられている．今回は，逆断層の存在を確定し，古地震イベント認定の信頼性を高めるため，深さ20～25ｍまでのボーリングを４孔掘削し，より詳細な断層変位・変形構造を明らかにした．ボーリングコアでは地表から深さ10～15ｍに，東傾斜20°程度の明瞭な低角逆断層が確認され，さらに深さ20ｍ前後に伏在する逆断層が新たに確認された．暫定的な年代測定の結果，約12ｍの累積上下変位を示す細粒堆積層が約1.2万年前であることから，平均上下変位速度は1.0mm/yrと推定される．今後，さらに年代測定を実施し，各イベントの発生年代や変位履歴を精緻化する．

なお，本研究の一部は，文部科学省委託事業「主要活断層帯から生じる連動型地震の発生予測へ向けた活断層調査研究」の一環として実施した．関係各位に御礼申し上げます．

キーワード：活断層、古地震、糸魚川ー静岡構造線活断層帯
Keywords: active fault, paleoseismology, ISTL active fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川–静岡構造線活断層系中北部区間におけるP波反射法地震探査
P-wave seismic reflection profiling across the northern central ISTL active fault system, central Japan

*木村 治夫[1]、近藤 久雄[2]、秋永 康彦[3]、岡本 茂[3]、末廣 匡基[3]
*Haruo Kimura[1], Hisao Kondo[2], Yasuhiko Akinaga[3], Shigeru Okamoto[3], Masaki Suehiro[3]

1. 一般財団法人　電力中央研究所、2. 国立研究開発法人 産業技術研究所、3. 株式会社 阪神コンサルタンツ
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Hanshin Consultants Co., Ltd.

本研究では糸魚川–静岡構造線活断層系の中北部区間について，震源断層モデルを構築する上で重要な活断層地下形状を明らかにする目的でP波反射法地震探査を実施した．結果断面に対して地質学的解釈を行い，最大で深度約2 kmまでの糸魚川–静岡構造線活断層系中北部区間の地下構造を得た．

糸魚川–静岡構造線活断層系は本州の中央部を南北に横断する全長約160 kmの活断層系であり，そのうち，安曇野市から茅野市に至る長さ約45 kmの中北部区間（明科–諏訪湖南方区間）は左横ずれが主体であると考えられている（例えば，地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015）．同断層系中北部区間は．松本盆地東縁断層（明科以南），牛伏寺断層，岡谷断層，諏訪湖南岸断層群などといった主に北北西－南南東走向の断層によって構成されている（例えば，地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015）．ただし，これらの主要な断層に斜交して，松本市の北部では北北東－南南西走向の全長約5 kmの断層が分布する．本研究では，上記の松本盆地東縁断層（明科以南）と断層長の短い北北東－南南西走向の断層を探査の対象とした．

本探査は2測線（田沢測線および岡田測線と名付けた）において実施した．田沢測線は長野県安曇野市徳次郎周辺から大口沢周辺に至る約4.3 kmの区間であり，岡田測線は長野県松本市浅間温泉西方から岡田神社周辺に至る約1.3 kmの区間である．それぞれの探査測線は対象とする活断層に対してほぼ直交するように設定した．データ取得は共通中間点重合法（例えば，物理探査学会, 1998）によって行った．発震は田沢測線では中型バイブレータ震源（米国IVI社製のEnviro Vibe），岡田測線では中型油圧インパクタ震源（株式会社地球科学総合研究所製のJMI-200）で行い，標準発震点間隔は10 m（田沢測線），5 m（岡田測線）である．受振器は固有周波数15 Hzのもの（米国Geospace社製のOMNI-2400）を用いて，標準受振点間隔が10 mとなるように受振点を配置し，同時収録チャネル数は130 チャネル（田沢測線），140チャネル（岡田測線）とした．データ記録は独立型レコーダー（米国Geospace社製のGSR/GSX）を用いて，サンプリング間隔0.5 msで行った．

一般的な共通反射点重合法によるデータ処理の結果，マイグレーション深度変換断面を得て，田沢測線では深度2 km程度まで，岡田測線では深度300 m程度までの地下構造をイメージングすることができた．田沢測線の断面の特徴を概説すると，都市圏活断層図松本図幅で示された松本盆地東縁断層の地表推定位置（松多ほか, 1999）の付近よりも西側の領域では，連続性が非常に良く浅部ではほぼ水平で深部では緩やかに東傾斜する反射面群が見られた．それに対して，松本盆地東縁断層の東側かつ山地盆地境界の西側では水平あるいはやや西傾斜であるが連続性の悪い短い反射面群が見られた．さらに山地盆地境界の東側山地内では断面内での半波長が1 km以下の規模の褶曲列が見られた．次に，岡田測線の断面の特徴を概説すると，断面の東部（段丘および沖積低地が分布）ではほぼ水平な連続性の良い反射面群で特徴付けられる．また，断面の中部（段丘が分布）でも反射面の連続性は良いが，緩やかに東傾斜しており一部は上に凸の形状を示している．対して，断面の西部（山地）では反射面の連続性が悪くなっている．

田沢測線の結果断面における水平および緩やかな東傾斜の反射面群の東端に注目すると，表層では松本盆地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東縁断層の推定地表位置（松多ほか, 1999）にほぼ相当する．したがって，この反射面群の途切れは松本盆地東縁断層を示すものと考えられる．表層から深度500 m程度まではこの断層を挟んで西側には上述した水平な反射面群が，東側には連続性は悪いものの水平あるいは西傾斜する特徴を持つ反射面群が見られる．さらにより深部を見ると反射面群の途切れの位置は深くなるほどやや東側によっており，田沢測線の断面から解釈される松本盆地東縁断層の地下形状は75度前後の東傾斜となる．また，岡田測線では，水平な連続性の良い反射面分布域（東部），東傾斜した連続性の良い反射面分布域（中部），反射面の連続性が悪い領域（西部），のそれぞれ表層付近での境界位置は都市圏活断層図松本図幅（松多ほか, 1999）に示された断層の地表位置に相当する．また，上述した東部領域－中部領域および中部領域－西部領域の地下での境界部では反射面の途切れ・食い違いが見られ，これらは断層によるものであると解釈した．くわえて，中部領域の内部でも特徴的な反射面の食い違いが見られ，これも断層と解釈した．岡田測線の断面で解釈した3条の断層はすべて30度～45度程度の西傾斜である．

キーワード：糸魚川–静岡構造線活断層系、松本盆地東縁断層、活断層、反射法地震探査、地下構造
Keywords: Itoigawa–Shizuoka tectonic line active fault system, East Matsumoto Basin fault, active fault, seismic reflection profiling, subsurface structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

関東地震発生履歴解明のための房総半島離水低地の堆積構造調査
History of interplate earthquakes along the Sagami Trough from uplifted coasts in the Boso Peninsula

*小森 純希[1]、宍倉 正展[2]、安藤 亮輔[1]
*Junki Komori[1], Masanobu Shishikura[2], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学、2. 産業技術総合研究所
1. The University of Tokyo, 2. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

相模トラフで発生する沈み込み地震の発生履歴を解明するために、千葉県房総半島南端部に位置する平砂浦海岸の離水低地で掘削調査を行った。関東地方南部に位置する相模トラフでは、1703年元禄関東地震(M8.2)に代表される沈み込み地震が繰り返し発生してきたことが知られている。房総半島に分布する離水海岸段丘（沼段丘）を対象としたこれまでの調査で、元禄関東地震と同規模の地震は2,000年を超える間隔で発生してきたと考えられてきた。しかし近年行われた段丘の形成年代調査によると、その発生間隔は最短で500年から800年程度である可能性が指摘され、より詳細な推定が必要となっていた。本研究が対象とした平砂浦海岸は、従来地表面に段丘のような地形がみられないことからあまり調査が行われてこなかった。しかし、周辺の段丘分布の調査から平砂浦海岸の平均隆起速度は同沿岸地域で最大規模であることが指摘され、地下の堆積構造には離水記録が残されている可能性があった。これを受けて、今回我々はジオスライサーを用いた詳細な堆積構造の調査を初めて行った。海岸線と垂直な測線上の８地点で深さ約2mの掘削調査を行い、その堆積構造を調べた。本調査の結果、調査地域の地表面下0.5–1.0m以深に、貝殻を含む海成の堆積砂層が認められた。また、周辺の段丘分布から予想される旧汀線アングルの標高を境として、堆積構造に変化がみられた。このことから、平砂浦海岸の堆積構造には、従来調査されていなかった地殻隆起の痕跡が記録されていることが考えられる。平砂浦での堆積構造調査は、相模トラフの沈み込み地震のメカニズム、および将来の発生予測を考えるうえでの重要な情報をもたらすことが期待される。

キーワード：相模トラフ、プレート間地震、海岸段丘
Keywords: Sagami Trough, interplate earthquakes, marine terrace

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ボーリングコア解析と物理的断層モデルに基づく富士川河口断層帯入山瀬断層の位置と活動性推定

Inferring location and activity of the Iriyamase fault, the Fujikawa-kako fault zone, based on boring core sample analyses and physical fault model

*並木 亮[1]、安藤 亮輔[1]、宍倉 正展[2]
*Namiki Ryo[1], Ryosuke Ando[1], Masanobu Shishikura[2]

1. 東京大学、2. 産業技術総合研究所
1. The University of Toyko, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

富士川河口断層帯は駿河トラフの北縁に位置し、南海トラフ巨大地震と連動して周辺地域に大きな被害をもたらす可能性が指摘されている。入山瀬断層は富士川河口断層帯の中で最も活動性の高い断層の一つと考えられている。しかし、富士川扇状地では明瞭な変動地形が見られないため、入山瀬断層の活動性を評価するには困難が多く、今でもその実態は明らかとはいえない。宍倉ほか (2018) による富士川河口付近で掘削された３つのボーリングコアの分析を行った。KNBコアは富士川河口の西側で産総研 (2016) の推定した入山瀬断層の上盤側、SKBコアは富士川河口の西側で入山瀬断層の下盤側、FGBコアは富士川河口の東側で入山瀬断層の下盤側に位置する。分析の結果より、入山瀬断層の平均変位速度は約1～3m／千年と従来よりも低く推定され、さらに隆起側であるKNBコアで陸成堆積物が地下に埋没していることから、長期的には入山瀬断層の両側とも沈降している可能性が指摘された。また、縄文海進最盛期の層準の深度に基づくと、この長期的沈降傾向は概ね約3m／千年程度と見積もられる。

本発表では、KNB・SKB・FGBコアの分析をさらに進め、新たに判明した放射性炭素年代及び珪藻分析結果を示す。また、これらの結果に基づいた物理モデルの構築を行った。

本研究で得られたSKBコアの珪藻分析結果では、深度約56m以浅では珪藻化石は認められず、深度55m付近から淡水性の珪藻化石が確認された。従って深度約56m以浅の層準は陸成と考えられるため、この結果は宍倉ほか (2018) で指摘された富士川河口地域の長期的沈降傾向を支持する。また、断層を挟んだ２つのコア (SKBとKNB) の珪藻分析結果を対比すると、入山瀬断層の平均変位速度は、約2m／千年程度と推定される。これらの結果に基づいて本研究では、富士火山モデル及び断層モデルを構築し富士川河口地域の沈降傾向の説明を試みた。富士火山モデルでは、富士火山形成に伴うアイソスタシー効果による富士川河口地域の沈降量を計算した。過去1.7万年間での富士火山体積の増加41.37km^3 (宮地, 2007) による富士川河口地域の沈降量は約0.7mであり、ボーリングコアから見積もられる沈降量は説明できない。断層モデルでは、 Okada(1992) に基づき半無限弾性体中に有限の大きさを持つ矩形断層により入山瀬断層の平均変位速度を見積もった。また断層モデルでは、KNBコア地点での沈降傾向とKNB・SKBコアの層序のずれの両方を説明するために、KNBコアとSKBコアの間を通る断層(Fault A)とKNBコアの西側を通る断層 (Fault B) の二枚を仮定した。その結果、Fault Aの上盤側において、Fault Aによる隆起を打ち消して沈降させるためにFault Bの平均変位速度はFault Aより十分に大きい必要があることがわかった。

なお、本研究は文部科学省 (JAMSTEC委託) による南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの一環として実施した。

キーワード：富士川河口断層帯、駿河トラフ、東海地震、活断層、ボーリング調査

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Fujikawa-kako fault zone, Suruga trough, Tōkai earthquake, Active fault, Boring survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

珪藻化石群集と大型植物化石から推定される静岡県浮島ヶ原低地の沈水イベント

Coastal submergence events identified by fossil diatoms and plant macrofossils at Ukishima-ga-hara adjacent to the Suruga Trough (eastern Nankai Trough), central Japan

*澤井 祐紀[1]、百原 新[2]、松本 弾[1]、嶋田 侑眞[1,3]
*Yuki Sawai[1], Arata Momohara[2], DAN MATSUMOTO[1], Yumi Shimada[1,3]

1. 産業技術総合研究所、2. 千葉大学、3. 筑波大学
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Chiba University, 3. University of Tsukuba

静岡県富士市の海岸に位置する浮島ヶ原低地においてボーリング調査を行い，得られた試料の珪藻化石および大型植物化石の分析を行った．その結果，過去5000年間に8回の沈水イベントを検出することができた．

本研究で確認された沈水イベントは，下位の層準では大型植物化石の変化として（抽水植物から沈水植物への変化），上位の層準では珪藻化石の変化として（陸生珪藻から水生珪藻への変化）記録されていた．例えば，深さ8.0 m付近では，それまで優占していた抽水植物であるハリイ属（*Eleocharis*）やフトイ（*Scirpus tabernaemontani*）が急激に減少し，入れ替わるように沈水植物であるイバラモ（*Najas maritima*）が優占するようになる．また，深さ2.3 mと3.1 m付近では，それまで優占していた陸生珪藻である*Diadesmis contenta*が急激に減少し， その代わりに浮遊生珪藻である *Aulacoseira*属や *Thalassiosira*属が優占するようになる．こうした変化は，当時の水位が上昇することによる植生の変化を表していると考えられたため，急激な沈水イベントが調査地で複数回発生したと推定された．

化石群集から復元した沈水イベントの年代を推定するため，群集が変化する層準から産出した大型植物化石の放射性炭素同位体年代を計測した．また，オクスフォード大学が提供するプログラムOxCalを用い，沈水イベントの発生年代を再計算した．その結果，最も新しい沈水イベントは1707年宝永地震か1498年明応地震，2番目に新しいイベントは1498年明応地震か1361年正平（康安）地震，3番目に新しい沈水イベントは1096年永長地震か887年仁和地震に対応する値を示した．仮にこれらの沈水イベントが南海トラフ沿いで発生した地震や富士川河口断層帯における地震活動と関係するのであれば，過去の地震に破壊領域や地震発生間隔の理解に貢献できる．

キーワード：沈水イベント、珪藻、大型植物化石、放射性炭素同位体年代、富士川河口断層帯
Keywords: submergence event, diatom, plant macrofossil, radiocarbon dating, Fujikawa-kako fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SSS15-15] 高分解能反射法地震探査から明らかになった石狩低地帯北部の伏在断層とその変動地形

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、佐藤 比呂志[1]、小池 太郎[2]、野田 克也[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ジオシス)

14:00 ~ 14:15

[SSS15-16] 熊本県西原村，出ノ口断層における古地震調査

*石村 大輔[1]、堤 浩之[2]、高橋 直也[3]、小田 龍平[1]、松風 潤[1]、金田 平太郎[4]、小林 幹也[4]、熊原 康博[5]、小林 淳[6]、市原 季彦[7] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室、2.同志社大学理工学部環境システム学科、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.千葉大学大学院理学研究院、5.広島大学大学院教育学研究科、6.首都大学東京火山災害研究センター、7.堆積環境リサーチ)

14:15 ~ 14:30

[SSS15-17] 熊本県日奈久断層帯の古地震調査：八代市トレンチ調査結果速報

*宮下 由香里[1]、吾妻 崇[1]、小峰 佑介[2]、亀高 正男[2]、岸山 碧[2] (1.国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.株式会社ダイヤコンサルタント)

14:30 ~ 14:45

[SSS15-18] 日奈久断層帯海域部におけるサイスミックトレンチング −横ずれ海底活断層の三次元構造と活動履歴の解明

*大上 隆史[1]、阿部 信太郎[2]、向山 建二郎[3]、須田 茂幸[4] (1.産業技術総合研究所、2.地震予知総合研究振興会、3.川崎地質株式会社、4.地球科学総合研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS15-19] 2016年熊本地震において断層すべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造

*山口 覚[1]、山中 裕斗[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、古川 大悟[1]、後藤 忠徳[3]、小路 久稔[3]、川口 草太[3]、相澤 広記[4]、高倉 伸一[5] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学理学部、3.京都大学大学院工学研究科、4.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、5.産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

15:00 ~ 15:15

[SSS15-20] ネパール中部ブトワル周辺におけるヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期

*奥村 晃史[1]、Soma Nath Sapkota[2]、Prakash Pokhrel[2]、近藤 久雄[4]、拓哉 古橋[3] (1.広島大学大学院文学研究科、2.Department of Mines and Geology、3.太平洋セメント株式会社、4.産業技術総合研究所)

高分解能反射法地震探査から明らかになった石狩低地帯北部の伏在断層とその変動地形

Shallow structures and tectonic geomorphology of active blind thrusts imaged by new hi-resolution seismic reflection profiling, Hokkaido, Northern Japan

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、佐藤 比呂志[1]、小池 太郎[2]、野田 克也[2]
*Tatsuya Ishiyama[1], Naoko Kato[1], Hiroshi Sato[1], Taro Koike[2], Katsuya Noda[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Geosys, Inc.

Active structures of central Hokkaido are characterized by north-striking active thrusts along the western flanks of the Hidaka Mountains and eastern flanks of the Kabato Mountains. Whereas structural styles and positions of active thrusts along the Umaoi and Kurisawa Hills are clearly related to frontal Hidaka fold-and-thrust belt, structural relations between east-facing folded fluvial terraces along the eastern flanks of the Kabato Mountains and pre-Neogene basement-cored folds remain poorly understood. In addition, geomorphic expression of active faults/folds along the northern Yubari Mountains is quite insufficiently recognized in contrast to both their northern southern extension. To define these unsolved questions, we collected new seismic reflection data from the eastern flank of the Kabato Mountains, through alluvial plain of the Ishikari River to the western flank of the northern Yubari Mountains, by use of both ca. 14.5 km long array of seismic recorders at 20 m intervals and a vibroseis truck as seismic sources at 10 m intervals. Our processed seismic profile based on standard CMP stacking and its preliminary interpretation suggest the eastern flank of the Kabato Mountains is underlain by a tight, east-vergent, asymmetric anticline that deforms Paleogene to Pliocene sediments. Synclinal and anticlinal axial surfaces newly identified on folded, middle to late Pleistocene fluvial terraces on the eastern flank of the Kabato Mountains are apparently consistent with those recognized in the seismic section. This may suggest recent growth of the fault-related anticline and activities of underling west-dipping blind thrusts imaged in this experiment. In contrast to the east-vergent asymmetric anticline beneath the eastern flank of the Kabato Mountains, structural styles beneath the western flank of the northern Yubari Mountains in the eastern half of the section include more gentle westerly dipping Pliocene-Pleistocene (?) sedimentary units with steeper dip panels, possibly suggesting an east-dipping blind thrust fault. Previously unrecognized, very subtle, west facing scarps on alluvial plain and late Pleistocene fluvial terraces are consistent with these underlying thrusts and may indicate their recent fault activities.

キーワード：活断層、石狩低地帯、反射法地震探査、伏在逆断層、北海道
Keywords: Active fault, Ishikari Lowland, Seismic reflection profile, Blind thrust, Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県西原村，出ノ口断層における古地震調査
Paleo-seismological survey on the Idenokuchi fault, Nishihara village, Kumamoto prefecture

*石村 大輔[1]、堤 浩之[2]、高橋 直也[3]、小田 龍平[1]、松風 潤[1]、金田 平太郎[4]、小林 幹也[4]、熊原 康博[5]、小林 淳[6]、市原 季彦[7]
*Daisuke Ishimura[1], Hiroyuki Tsutsumi[2], Naoya Takahashi[3], Ryuhei Oda[1], Jun Matsukaze[1], Heitaro Kaneda[4], Motoya Kobayashi[4], Yasuhiro Kumahara[5], Makoto Kobayashi[6], Toshihiko Ichihara[7]

1. 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室、2. 同志社大学理工学部環境システム学科、3. 東北大学理学研究科地学専攻、4. 千葉大学大学院理学研究院、5. 広島大学大学院教育学研究科、6. 首都大学東京火山災害研究センター、7. 堆積環境リサーチ
1. Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, 2. Department of Environmental Systems Science, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 3. Department of EarthScience, Tohoku University, 4. Graduate School of Science, Chiba University, 5. Graduate School of Education, Hiroshima University, 6. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University, 7. Sedimentary Environments Research

2016年熊本地震の際には，主断層である布田川断層沿い以外にも多くの地表変位が現れた（Fujiwara et al., 2016）。その中でも布田川断層の約2 km南を並走する出ノ口断層沿いには，長さ約10 km，最大2mにも及ぶ正断層変位が現れた（Toda et al., 2016）。Toda et al.（2016）では，これら布田川断層と出ノ口断層でスリップパーティショニングが生じたとし，両者には構造的に関連性があるとされている。また，2016年熊本地震を考慮すると，出ノ口断層が布田川断層の活動と毎回連動しているかという疑問が浮かぶ。布田川断層については，2016年以降の古地震調査（熊原ほか，2017；Lin et al., 2017；岩佐ほか，2018；白濱ほか，2018；遠田ほか，2018；堤ほか，2018；上田ほか，2018，など）から鬼界アカホヤ（7.3 ka；町田・新井，2003）テフラ以降に2016年を含めて3〜4回活動した可能性があること，変動地形学的調査から横ずれ・縦ずれ変位速度が共に1 mm/yrを超える可能性があること（石村，2018）が示されている。もし出ノ口断層が布田川断層と連動して活動するのであれば，出ノ口断層も高い活動度を示すと考えられる。そこで本研究では，出ノ口断層沿いでトレンチ調査を行い、布田川断層の活動との同時性について検討する。このような主断層と副断層の関連性を示すことは，活断層のリスク評価をする上でも重要である。

調査地点は，熊本県西原村小森牧野であり，この牧野内では出ノ口断層沿いに数10 cmから1 mの北落ち変位が確認されている。トレンチ掘削は，その北落ち変位の共役断層である南落ち（山側落ち）変位30〜60 cmを示す地表地震断層上で行なった。トレンチは長さ14 m，幅6 m，深さ3 mである。室内分析として，火山灰分析と放射性炭素年代測定を行なった。年代値については，発表までに測定結果が得られるため、それらを整理して個々の断層イベント年代を推定する。

トレンチ調査の結果、壁面には明瞭な正断層が多数認められた。地表地震断層の直下には、基盤となる火山岩類と風成堆積物が接する高角の正断層（以後、主断層）が認められた。主断層の上盤側には、共役をなす北傾斜の断層が複数認められた。一方、最も南側には逆断層運動を示す断層も認められ、複雑な断層分布を示す。上盤側の風成層中には層厚最大40 cmに及ぶ黄褐色テフラが認められ、その火山ガラスの形態と屈折率（1.510-1.512）からK-Ahに対比される。上盤側に認められる風成層は上位より、表土、褐色土、黒色土（埋没土壌1）、褐色土、K-Ah、黒色土（埋没土壌2）、黄褐色土である（ただし、これらの土層はさらに細分される）。

トレンチ壁面では、確実度の高い4回の断層イベント（2016年を含む）を認定した。新しいイベントから以下に述べる。イベント1（2016年）は、主断層沿いに認められ、不明瞭ではあるが表土を変位させる。また、上位の土壌の落ち込みも認められる。イベント2は、最も南に分布する逆断層から読み取れる。この断層は埋没土壌1を変位させているが、上の褐色土の上部は変位を受けていないため，2016年には活動していな

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

い。したがって、埋没土壌1と2016年の間にイベント2が推定される。イベント3は、イベント2同様に最も南に分布する逆断層から読み取れる。ここではイベント2の上下変位を差し引いても、K-Ahには上下変位が残るため、K-Ahと埋没土壌1の間にイベント3が推定される。イベント4は、北傾斜の共役断層から読み取れ、埋没土壌2の堆積中に認められる。埋没土壌中に挟在する褐色土は明瞭に変位しているが、その上位のK-Ahの基底には変位が認められない。したがって、埋没土壌中に挟在する褐色土とK-Ahの間にイベント4が推定される。また、上記に比べて確実度が劣るイベントも複数認められたが、これらについてはさらなる議論が必要である。

上記の確実度の高いイベントのみを考慮しても、2016年を含めてK-Ah以降少なくとも3回のイベントが読み取れる。この回数は、布田川断層沿いのトレンチ結果と同様であり、頻度だけみても布田川断層の活動と整合的である。したがって、出ノ口断層は、布田川断層の活動と連動している可能性が高いと言える。今後、放射性年代測定結果を踏まえて、イベント年代の同時性も検討する。

キーワード：2016年熊本地震、出ノ口断層、古地震調査、鬼界アカホヤ（K-Ah）テフラ、正断層
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake, Idenokuchi fault, Paleo-seismological survey, K-Ah tephra, Normal fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県日奈久断層帯の古地震調査：八代市トレンチ調査結果速報
Paleoseismic investigations of the Hinagu fault zone, Kumamoto, Japan: Preliminary result of trenching survey at Yatsushiro city

*宮下 由香里[1]、吾妻 崇[1]、小峰 佑介[2]、亀高 正男[2]、岸山 碧[2]
*Yukari Miyashita[1], Takashi Azuma[1], Yusuke Komine[2], Masao Kametaka[2], Midori Kishiyama[2]

1. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2. 株式会社ダイヤコンサルタント
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Dia Consultants Co. Ltd.

日奈久断層帯は，2016年熊本地震の発生を受け，地震活動が活発化するエリアに属することが指摘されている．しかし，日奈久断層帯の古地震履歴は不明な点が多い．産総研は，熊本地震以降，3年間にわたって日奈久断層帯の陸域及び海域において古地震調査を実施してきた．その結果，日奈久断層帯はこれまでに考えられてきたよりも，高頻度で地震を起こしてきたことが明らかとなりつつある．プロジェクト最終年度にあたる今年度は，八代市でトレンチ調査を行った．速報的な結果と過去2年間の調査結果，今後の課題を紹介する．

トレンチ調査は，八代市川田町西地点で行った．トレンチは昨年度同地点で掘削したトレンチ南側に隣接する場所で掘削した．トレンチ掘削に先立ち，7孔のボーリングを掘削して，堆積物の層相と分布を把握し，断層通過位置を推定した．トレンチは2段階に分けて掘削した．1個目のトレンチでは，西側導入路部分に断層が露出したため，断層がトレンチ壁面の中央にくるように2個目のトレンチを掘削した．

2個目のトレンチは，長さ17m，幅10m，深さ6m程度で，2段堀とした．トレンチ壁面の地層は，南北両壁面において，上位より，A：人工改変土，B：河川成のシルト，砂，C：チャネルを充填するシルト，砂，砂礫，D：河川成のシルト，砂，砂礫の各層に大別される．B層は古代の土師器を含む．D層は上部の縄文後期の土器を含むシルト・砂，中部の腐植質シルト，下部のK-Ah火山灰層を含むシルト／砂互層，最下部の砂礫層から構成される．

断層は，南北両壁面で観察され，北東一南西走向，高角西傾斜の見かけ正断層である．D層以下を変位・変形させる．北壁面では，断層はD層中で上方に向かって分岐する．C層に削り込まれるが，C層最下底は変形に伴う開口亀裂を充填しているようにも見える．以上より，D層／C層境界付近にイベント層準を認定した．D層を構成する地層中では，断層両側での変位量の差違，引きずり変形の程度の違い，断層低下側での層厚の変化などが認められ，D層中に1回の古地震イベントがある可能性がある．南壁面では，平行な2条の断層面が認められる．いずれもD層上部で不明瞭となるが，B層には確実に覆われる．予察的な年代測定の結果，C層から1130±30 yBP，D層から6240±30 yBPが得られている．以上より，1130±30 yBPと6240±30 yBP間に，2回以上の古地震イベントが推定される．

キーワード：日奈久断層帯、2016年熊本地震、古地震履歴、トレンチ
Keywords: Hinagu fault zone, 2016 Kumamoto Earthquake, paleoseismology, trenching survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日奈久断層帯海域部におけるサイスミックトレンチング –横ずれ海底活断層の三次元構造と活動履歴の解明

Seismic trenching on offshore part of the Hinagu Fault Zone, Kyushu, Japan –3D structure and paleo-seismicity of offshore dextral strike-slip fault

*大上 隆史[1]、阿部 信太郎[2]、向山 建二郎[3]、須田 茂幸[4]
*Takashi OGAMI[1], Shintaro Abe[2], Kenjiro Mukaiyama[3], Shigeyuki Suda[4]

1. 産業技術総合研究所、2. 地震予知総合研究振興会、3. 川崎地質株式会社、4. 地球科学総合研究所
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. ADEP, 3. Kawasaki Geological Engineering Co. Ltd., 4. JGI Inc.

文部科学省「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」の一環として，日奈久断層帯の海域部における活動履歴の解明を目的として，高分解能マルチチャンネル音波探査と海上ボーリング調査にもとづいた海底活断層調査を実施した（阿部ほか，2017；Ogami et al. 2018）．我々は，超高分解能三次元音波探査（UHR3D：猪野ほか，2018）にもとづく詳細な地質構造と堆積物コア試料にもとづく堆積情報を統合した活断層調査，いわばサイスミックトレンチングを実施することによって，過去20,000年間における堆積層の形成プロセスと過去の断層活動を検討してきた．本発表では，以上の検討結果にもとづく日奈久断層帯海域部の活動履歴について報告する．

調査対象海域には，熊本県葦北郡津奈木町の八代海を選定した．既存の音波探査記録によれば，調査対象海域には沖積層に相当する堆積物が10 m以上の厚さで形成されている．評価対象断層が含まれる1 km×2 kmの領域において，高分解能マルチチャンネル反射法音波探査を実施して三次元音波探査記録を取得した．海上ボーリング調査によって，評価対象断層を挟んで低下側（GS-TNK-2，孔口水深：–30.2 m）および隆起側（GS-TNK-1，孔口水深：–28.7 m）において，深度25 mおよび20 mまでの堆積物コアを採取した．

三次元音波探査記録にもとづいて，評価対象断層の詳細な形状を検討した．評価対象断層は，概ね北東–南西の走向で，断層の北西側が相対的に沈降する正断層である．さらに，評価対象断層は右ステップしてextensional duplexを形成しているため，右横ずれ成分を有していると判断される．Extensional duplexに伴う構造的な凹地の近傍では上下変位量が大きくなると推察される．よって，この領域で堆積物試料を採取して縦ずれ成分を解読すれば，活動履歴を精度良く解明できる可能性が高い．

海上ボーリング調査で取得した堆積物は，最終氷期以前の堆積物（堆積ユニットＢ）と，それ以降の堆積物（堆積ユニットＡ）からなる．堆積ユニットＡは，さらに4つのサブユニット（下位からA4–Ａ1）に分けられる．音波探査記録，堆積相，放射性炭素年代結果を参照すると，各ユニットは以下のよう整理できる（括弧内は各ユニットで得られた放射性炭素年代値）．ユニットA4：水平な堆積構造を持って累重する氾濫原堆積物（17.57–13.18 cal kBP）．ユニットA3：侵食面を介してユニットA4に累重する水平な堆積構造を持つ内湾泥質堆積物（10.24–8.56 cal kBP）．ユニットA2：ユニットＡ3を傾斜不整合で覆う内湾砂質堆積物（8.31–1.65 cal kBP）．ユニットA1：ユニットA2にダウンラップする砂層を挟在する内湾泥質堆積物（1.59–0.29 cal kBP）．なお，ユニットA/B境界は，最終氷期において最も海水準が低下した約18 kaに形成された侵食面と解釈できる．

音波探査記録によって，評価対象断層がユニットＡを累積的に変位させていることを認めることができる．連続的に追跡可能な反射面にもとづいて，ユニットAに対比される堆積体を7つの音響層序ユニット（下位からU7–U1）に区分した．U7は堆積ユニットA4およびA3に，U6–U3は堆積ユニットA3に，U2は堆積ユ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ニットA2に，U1は堆積ユニットA1に概ね対応する．断層を挟んだ音響層序ユニットの層厚変化に着目すると，U7，U5，U3，U2，U1において層厚の変化が認められ，少なくとも5回の断層活動（下位からE5–E1）が確認できる．E5–E3の時期は，GS-TNK-2コア掘削地点の堆積曲線から求めた音響層序ユニットの形成年代によって，E5：18 ka–12.01 cal kBP，E4：9.96–9.50 cal kBP，E3：8.86–8.62 cal kBPと算出できる．また，E2の時期については，U2が堆積ユニットA2に対比されることから，8.31–1.65 cal kBPと解釈できる．また，さらに，最新の断層活動E1に伴う変位は，U2層上面の反射面において明瞭だが，U1層内部および海底面付近においては変位が確認できない．このことから，U1層はU1/U2境界が受けた上下変位を埋めて形成されたと推察される．断層の沈降側において，U1層に対比される堆積ユニットA1の基底付近からは1.59 cal kBPの年代値が得られている．よって，E1の時期は約1.59 cal kBPまたはそれ以前である可能性がある．以上のように，本研究では最近1万年間において4回，それ以前に1回の断層活動が確認された．

本研究で示したように，横ずれ活断層を対象とした海底活断層調査において，三次元音波探査および複数地点における海上ボーリング調査をセットで実施することによって，詳細な断層形状・横ずれ成分を含む断層の変位様式・完新世における断層の活動履歴についてのパラメータを精度良く取得することが可能である．海上ボーリングを掘削して横ずれ海底活断層の活動履歴を解明する上で，三次元的な音波探査にもとづくサイトサーベイを実施して，断層の詳細形状および地質構造を把握することがきわめて重要である．

引用文献：阿部ほか（2017）JpGU2017，大上ほか（2018）JpGU2018，猪野ほか（2018）物理探査．

キーワード：海底活断層調査、完新世、活動履歴、海上ボーリング、三次元音波探査
Keywords: offshore active fault survey, Holocene, paleo-seismicity, offshore drilling survey, 3D-seismic survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震において断層すべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造

Conductivity Structure models of large and small slip regions at the 2016 Kumamoto earthquake sequence

*山口 覚[1]、山中 裕斗[2]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、古川 大悟[1]、後藤 忠徳[3]、小路 久稔[3]、川口 草太[3]、相澤 広記[4]、高倉 伸一[5]
*Satoru Yamaguchi[1], Yuto Yamanaka[2], Akira Mimura[1], Kazuki Fkue[1], Daigo Furukawa[1], Tada-nori Goto[3], Hisatoshi Koji[3], Sota Kawaguchi[3], Koki Aizawa[4], Shinichi Takakura[5]

1. 大阪市立大学大学院理学研究科、2. 大阪市立大学理学部、3. 京都大学大学院工学研究科、4. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、5. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
1. Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2. Faculty of Science, Osaka City University, 3. Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 4. Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University, 5. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

平成28年（2016年）4月14日21時26分に，熊本県熊本地方M_{JMA}6.5の地震が発生し，熊本県益城町で震度7を観測した．その約28時間後の4月16日01 時25分，同じ熊本地方でM_{JMA}7.3 の地震が発生し，熊本県西原村と益城町で再び震度7を観測した．

Asano and Iwata (2016), Kobayashi *et al.* (2017) およびKubo *et al.* (2016）は地震時の断層破壊モデルを決定し，2016年熊本地震において, 布田川断層および日奈久断層に沿って断層すべり量が大きく, 破壊が地表付近まで達した領域（ここでは大すべり領域と記す）と断層すべり量が小さく, 破壊が地表付近までには達していない領域（同じく小すべり領域と記す）があることを報告している. 本研究では,このすべり量が異なる２つの地域の浅部比抵抗構造を明らかにし，両者に違いがあるか否かを，もし，ある場合には，断層すべりの大きさや地表断層変位の分布とどのように関連しているかを明らかにすることを目的として，両地域の2次元比抵抗構造を求めた．

観測条件を勘案して，大すべり領域として熊本県上益城郡益城町を，小すべり領域として熊本県阿蘇郡西原村を選定した．探査には浅部の空間分解能が良いAMT（Audio- frequency Magnetotelluric）法を用いた．両地域において，布田川断層の地表トレースとほぼ直交するようにそれぞれ長さ約2kmの観測測線（前者をMSK測線，後者をNSH測線と記す）を設定し，MSK測線に沿っては11点で, NSH測線に沿っては14点で測定を行った．測定から得られた電場水平2成分，磁場水平2成分のデータから算出したMT応答関数から，ABIC最小化による平滑化拘束付き2次元比抵抗インバージョンコード（Ogawa and Uchida, 1996）を用いて2次元比抵抗モデル（それぞれMAKモデルとNSHモデルと記す）を決定した．

両モデルに共通して，地表断層トレースの直下付近にほぼ鉛直な低比抵抗領域が存在するが，その位置はNSHモデルではMSKモデルよりも断層地表トレースに対して南側に位置する．また，この低比抵抗領域域を含む．中深度の幅広い低比抵抗領域はMSKモデルの方がNSHモデルよりも浅くまで広がっていることが見いだされた．これらの特徴は断層破壊モデルと整合的である．また，本モデルは断層破壊モデルよりも，特に浅部構造を詳細に描き出していると言える．

キーワード：2016年熊本地震、布田川断層、地磁気地電流法、比抵抗、活断層
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake sequence, Futagawa fault, magnetotellurics, resistivity, active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ネパール中部ブトワル周辺におけるヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期
The Timing and Extent of the Last Surface Rupture Event on the Himalayan Frontal Thrust in Central Nepal around Butwal

*奥村 晃史[1]、Soma Nath Sapkota[2]、Prakash Pokhrel[2]、近藤 久雄[4]、拓哉 古橋[3]
*Koji Okumura[1], Soma Nath Sapkota[2], Prakash Pokhrel[2], Hisao Kondo[4], Takuya Furuhashi[3]

1. 広島大学大学院文学研究科、2. Department of Mines and Geology、3. 太平洋セメント株式会社、4. 産業技術総合研究所
1. Graduate School of Letters, Hiroshima University, 2. Department of Mines and Geology, 3. Taiheiyo Cement Corporation, 4. Geological Survey of Japan, AIST

2015年ゴルカ地震 (Mw 7.8) ではヒマラヤ前縁衝上断層の深さ約５～10 kmの領域が活動し，最も浅い部分，断層幅にして約 40 km の領域に動きはなかった．2015年に活動しなかった領域では，近い将来の大地震発生の可能性も考えられ，ネパール中部地震ヒマラヤ前縁衝上断層の地震ポテンシャルの解明が緊急の課題となっている．最新活動時期については，Mishra et al. (2016)，Bollinger et al. (2016)，Wesnousky et al. (2017) は最新活動時期として，それぞれ 1100 CE，1344 CE または 1408 CE，1221 CE から 1262 CE (特に1255 CE)を報告し，一致した見解は得られていない．また，この地域より西のネパール西部・インド北部のヒマラヤ前縁衝上断層では，1505 CE に広い範囲で破壊が起きたことが報告されているが（Malik et al., 2016）その東方延長とネパール中部の地震との関係も不明である．筆者らは 2015年の未破壊領域の南西端近くのブトワル周辺の２地点でヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期を確定するための古地震調査を実施した．ブトワル西方 12 km のソラウリ (27.70˚N 83.36˚E) で行ったトレンチ発掘調査では，断層を露出させることはできなかったが，断層上盤で断層に向けて傾斜する細砂～シルト層が地震後のアバットする地層によって覆われる状況を確認できた．傾斜する細砂～シルト層上面をイベント層準とした場合，ベーズ理論に基づく放射性炭素同位体年代モデルからは，1328--1435 CE のイベント年代値が得られた．この年代は最新イベントが1344 CE または 1408 CEに起きた可能性を指示する．１回前のイベントを認めることはできなかったが，676 CE 以降の地層には最新イベント１回の変位だけが認められた．ブトワル東方約 60 kmのソスト (27.48˚N 83.86˚E) では，扇状地性段丘面を変位させる低断層崖を開析する小河川の作る扇状地にトレンチを掘削した．ここでも断層を露出させることはできなかったが，断層推定値を横切って下盤に向け急傾斜する細砂～シルト層が地震後のアバットする地層によって覆われる状況を確認できた．イベント層準をソラウリと同様に認定して年代測定を実施した．

キーワード：ヒマラヤ前縁衝上断層、古地震学、トレンチ発掘調査
Keywords: Himalayan frontal thrust, paleoseismology, trenching study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

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

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

15:30 ~ 16:00

[SSS15-21] SARで見るお付き合い地震断層 ー 熊本地震、大阪府北部の地震及び北海道胆振東部地震

★招待講演

*藤原 智[1]、宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、森下 遊[1] (1.国土地理院)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-22] 小型UAVを用いたレーザ測量による森林下の微地形取得―2008年岩手宮城内陸地震時の地震断層を例に―

*今野 明咲香[1]、鈴木 太郎[2]、遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.早稲田大学)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-23] 不確定な活動時期をもつ繰り返し地震に対する更新過程のベイズ推論と予測

*野村 俊一[1]、尾形 良彦[1] (1.統計数理研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-24] **Slip rate of the Chaman fault: estimates based on ^{10}Be exposure dating for offset geomorphic surfaces in Afghanistan**

*Zakeria Shnizai[1]、Yuki Matsushi[2]、Hiroyuki Tsutsumi[1] (1.Doshisha University、2.Kyoto University)

16:45 ~ 17:00

Discussion

SARで見るお付き合い地震断層 ー 熊本地震、大阪府北部の地震及び北海道胆振東部地震

Linear surface ruptures detected by SAR -- *the Kumamoto earthquake, the Northern Osaka earthquake and the Hokkaido Eastern Iburi earthquake*

*藤原 智[1]、宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、森下 遊[1]
*Satoshi Fujiwara[1], Hiroshi Une[1], Takayuki Nakano[1], Hiroshi Yarai[1], Tomokazu Kobayashi[1], Yu Morishita[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

１．はじめに

2016年熊本地震（M7.3）について「だいち2号」（ALOS-2）のSARデータを用いてその変位を面的に検出している。これらの地表変位の大部分は震源断層の断層運動で説明できるものの、震源断層から離れた場所で断層運動を示唆する線状の変位（リニアメント）が数多く見つかっている（Fujiwara *et al.*, 2016）。

こうした特徴的な変位は、2018年6月の大阪府北部の地震（M6.1）や2018年北海道胆振東部地震（M6.7）でも捉えられており、それぞれの地震で現れた変位の数や変位量等は異なるものの、周辺状況から大地震に付随して発生した「お付き合い地震断層」と呼ぶべきものとなっている。

本講演では、これらのお付き合い地震断層の特徴について報告する。

２．お付き合い地震断層に共通する特徴

お付き合い地震断層は、寒川他（1985）が駿河湾西岸南部地域の活断層について示したもので、単独に活動して大きな地震を引き起こしたものではなく、他の大きな地震の結果として断層が動いたもの、という考え方である。

これらのお付き合い地震断層に共通な特徴には下記が挙げられる。

(1) 標準的な長さは数kmで、直線もしくはゆるやかな曲線状の変位が連続しており、断層を挟む変位量は数cmから数10cm程度である。
(2) 震源断層から離れており、震源断層そのものや直接の分岐断層である可能性は低い。
(3) 大きな地震動を出したとする証拠は確認されていない。
(4) 自ら動かずに、受動的に動かされたと考えられ、大きな地震の原因ではなく結果としての断層変位が生じたと考えられる。
(5) 地形と変位分布に相関があり、その地形的特徴から「活断層」と認識されていたものもあるため、過去から類似の運動が蓄積している可能性がある。
(6) 走向や変位の向きは周辺の応力場と整合的である。

３．地震毎の特徴

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

３－１）2016年熊本地震

(1) 全体で約230本のお付き合い地震断層が確認されており、検出された数が桁違いに多い。

(2) 変位の形態は正断層が大部分を占める。

(3) 場所ごとに、複数の断層の走向・間隔・深度・変位の向き・変位量等がほぼ一定で揃った「群」を形成している。

(4) 九州中部の別府湾から雲仙にかけて、類似した形状の正断層群がいくつか存在しており、九州中部では、類似したお付き合い地震断層が発生してきている可能性がある。

(5) 熊本地震の震源断層となった布田川断層帯・日奈久断層帯の断層モデルによるΔCFFでは、お付き合い地震断層の変位の成因を説明できない。

３－２）2018年6月18日大阪府北部の地震

(1) 有馬-高槻断層帯の真上断層と一致する場所でお付き合い地震断層が認められた。真上断層は1596年慶長伏見地震（M7.5）での変位が確認されている。

(2) 右ずれ成分が卓越しているが、地表まですれが到達しているのではなく、すれ成分の変位は数百mほどの幅をもって広がっている。

(3) お付き合い地震断層直上では、南落ちの縦ずれ成分が見られる。

(4) 地震前の長期の観測によれば、お付き合い地震断層を含むやや広い範囲が継続的に沈降している。

(5) 大阪府北部の地震の本震による地殻変動はお付き合い地震断層以外でも小さく、最大でも数cm程度である。

３－３）2018年北海道胆振東部地震

(1) お付き合い地震断層を挟んで東西短縮の変位を示し、上下成分はほとんどない。このことから、低角逆断層を形成していることが推定される。

(2) 地表面でのトレースが直線ではなく、地形に沿うようなやや複雑な曲線となっており、上記の低角逆断層の性質と整合的である。

(3) 現時点で、お付き合い地震断層付近は活断層とは認定されていない。

(4) 地震波探査（横倉他，2014）でお付き合い地震断層直下にずれが認められており、伏在断層として存在している可能性がある。

キーワード：熊本地震、大阪府北部の地震、北海道胆振東部地震、地殻変動、活断層、ALOS-2
Keywords: Kumamoto earthquake, Northern Osaka earthquake, Hokkaido Eastern Iburi earthquake, Crustal deformation, Active fault, ALOS-2

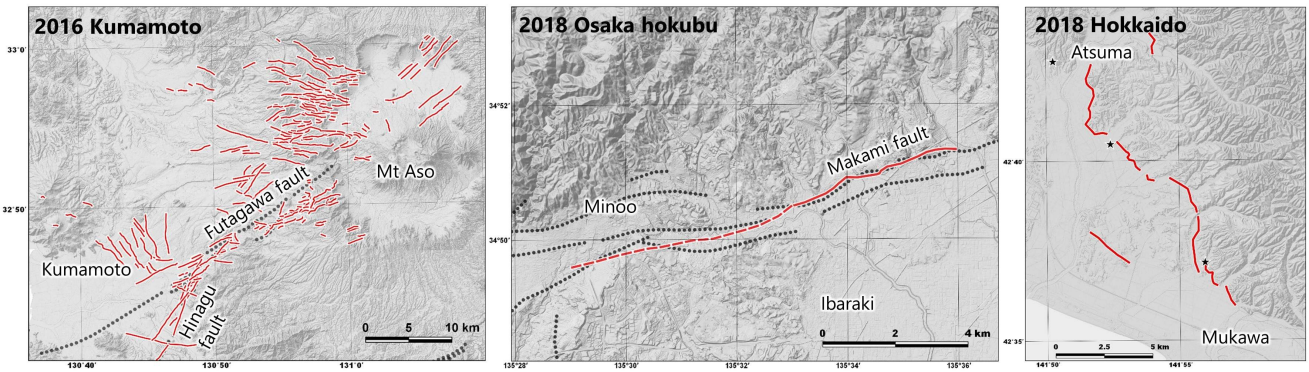


Figure Comparison of linear surface ruptures for three earthquakes.
The red lines demote linear surface ruptures. The black dotted lines demote known active faults by HERP.
The stars denote estimated fault positions by seismic reflection survey (Yokokura et al., 2014)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小型UAVを用いたレーザ測量による森林下の微地形取得ー2008年岩手宮城内陸地震時の地震断層を例にー
Acquisition of micro-landforms in the forest using small UAV-LiDAR: An example from surface rupture of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, earthquake

*今野 明咲香[1]、鈴木 太郎[2]、遠田 晋次[1]
*Asaka Konno[1], Taro Suzuki[2], Shinji Toda[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. 早稲田大学
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Waseda University

近年盛んに行われているUAV (Unmanned Aerial Vehicle)を用いた地形計測として，主として多視点写真画像によるSfM(Structure from Motion)が用いられている。しかし，この方法は，撮影範囲に基準点（GCP: Ground Control Point）を設置する必要があるため，UAVの運用性を十分に生かしきれない。さらに，上空から写真撮影ができない森林下などには適用できない。LiDARを用いたUAVレーザ計測は，上記SfMの欠点を克服できる有効な手段となることが期待されている。ただし，UAVでのレーザ測量にも，レーザースキャニングのための高精度姿勢計測センサの搭載重量の問題，GNSS（Global Navigation Satellite System）の単独測位精度（3ｍ以下）による位置情報精度の問題などがあった。しかし最近，センサの小型化が進み，高精度な位置姿勢情報の推定技術が確立し（例えばSuzuki et al.，2016），UAVレーザ測量による詳細な地形情報の取得が現実的なものとなってきた。

そこで本研究では2008年岩手宮城内陸地震において森林下に出現した地震断層を対象に，UAVレーザ計測を試み，既存の地上レーザ計測結果（Maruyama et al.,2008；Yoshimi et al., 2010）と比較することで，断層調査への適用性と手法の有効性を検証した。調査対象は，2008年岩手宮城内陸地震によって出現した荒砥沢ダム北東に位置する長さ約0.7ｋｍ，比高数十cm～2ｍの地震断層である。計測は2018年11月15日に実施した。計測時の飛行高度は50～70ｍ程度である。対象範囲はスギ植林と広葉樹により覆われ，空中写真からは地震断層を確認することはできない。UAV航空レーザ測量には，早稲田大学所有のDJI社Matrice 600 Proを使用した。機体にはu-blox社の一周波GNSS 受信機6台搭載し，これらの位置関係から姿勢（0.1°）と位置（1㎝）を高精度に求めることができる。この位置情報に基づき，Velodyne社のVLP-32Cを用いてレーザ測量を行い，森林下の詳細な地形データを取得した。得られた点群データはISP社のLandFormsを使用してフィルタリングを行い，地表点のみ抽出した。

地震断層が出現した合計約0.16㎢の範囲を測量し，約15分間の飛行で約6900万点の点群データが得られた。ここから樹木等のデータを除くと地上の点群データは約20万点となった。地上レーザ計測で得られた地表点群データ（約800万点）と比較すると，UAV航空レーザ計測の方がデータ数が少ないものの，点密度に偏りが無くデータの欠損部分が少なかった。地上レーザ計測は，設置した機械点から水平方向にレーザを照射するため点密度に粗密が生じ，機械点から影となる場所ではデータが取得できないという欠点がある。得られた点群から作成した3Dモデルを比較すると，UAVレーザ測量，地上レーザ測量ともにセンチメートルオーダーで地震断層崖の地形を取得できた。

以上のことから，UAVレーザ測量は地上レーザ測量とほぼ同等の地形情報取得能力と精度があり，地上レーザ測量よりも作業時間は圧倒的に短く，データの均一性が高いことが分かった。したがって，森林域などの地震断層調査において非常に有効な手段となり得る。また，センチメートルオーダーでの地形情報が取得可能であり，断層崖の高精度の三次元形状やその後の経時変化などの調査にも有効であることが明らかと

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なった。

※本研究は革新的研究開発プログラム（ImPACT，代表：東北大 田所諭教授）の成果である。

引用文献

Taro Suzuki, (2010) Precise UAV Position and Attitude Estimation by Multiple GNSS Receivers for 3D Mapping, in The 29th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2016), pp. 1455 –1464.

Maruyama, T., Toda, S., Yoshimi, M., Omata, M., Kohriya, Y., & Nihei, T. (2008). Ground-based LiDAR Mapping of Surface Rupture Associated with the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, Earthquake (Mw 6.9). In Eos Trans. AGU, Vol. 89, p. Meet. Suppl., Abstract T53D-1998.

Yoshimi, M., Maruyama, T., & Toda, S. (2010). Surface deformation extracted from trees ’ tilt around surface ruptures of the 2008 Iwate-Miyagi inland earthquake, Japan, using ground-based LiDAR point clouds. In Eos Trans. AGU, Vol. 91, p. West. Pac. Geophys. Meet. Suppl., Abstract T33A-07.

キーワード：UAVレーザ測量、地上レーザ測量、微地形、地震断層、2008年岩手宮城内陸地震
Keywords: UAV LiDAR, Terrestrial LiDAR, Micro-landforms, Surface rupturing, 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

不確定な活動時期をもつ繰り返し地震に対する更新過程のベイズ推論と予測

Bayesian Inference and Forecast on Renewal Processes for Recurrent Earthquakes with Uncertain Occurrence Times

*野村 俊一[1]、尾形 良彦[1]
*Shunichi Nomura[1], Yosihiko Ogata[1]

1. 統計数理研究所
1. The Institute of Statistical Mathematics

不確定な発生時期をもつ繰り返し地震の更新過程におけるパラメータ推論と予測について議論する。点過程理論における厳密な尤度および将来発生確率の評価は、不確定な発生年代に関する多重積分を含むため、数値的に計算することさえしばしば困難となる。代わりに、不確定な発生履歴のモンテカルロシミュレーションは、それぞれのシミュレートされた履歴について尤度や将来確率を計算し、それらの単純平均をとることによって評価に利用することができる。本稿ではBrownian Passage Time (BPT)分布更新過程をベースとしたベイズモデルを提案し、地震本部が公開する日本の内陸主要活断層カタログのうち、少なくとも2つ以上の最新のイベントが特定されたセグメントへと適用する。モンテカルロシミュレーションは数値積分とほぼ同じ結果をもたらすことが示される。パラメータ推論では、地震本部と同様に全国の内陸主要活断層で共通した再来間隔の変動係数を仮定する。日本の73の内陸主要活断層のカタログから、共通の変動係数として0.50というベイズ推定値が得られる。これは、地震本部による長期評価で現在適用されている0.24という変動係数の推定値よりも相当に大きい。変動係数の推定値の違いは、いくつかのセグメントにおける長期確率予測に重大な影響を及ぼす。また、仮想活断層のパラメータ推論と予測の数値実験を示し、ベイズ推定およびベイズ予測を最尤推定に基づくプラグイン法と比較する。

キーワード：ベイズ予測、変動係数、更新過程
Keywords: Bayesian forecast, Coefficient of variation, Renewal process

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Slip rate of the Chaman fault: estimates based on ^{10}Be exposure dating for offset geomorphic surfaces in Afghanistan

*Zakeria Shnizai[1], Yuki Matsushi[2], Hiroyuki Tsutsumi[1]

1. Doshisha University, 2. Kyoto University

Afghanistan is located in a tectonically active part of the world near the collision boundary between the Eurasian and Indian plates. The Chaman fault traverses the eastern part of the country and is a major left-lateral strike-slip fault that accommodates much of the differential movement between the Indian and Eurasian plates. The fault starts from Makaran coast and extends to northeast through the Chaman City, Pakistan. Then it extends to north-northeast into Afghanistan and runs in west of Kabul and finally merges with the Pamir faults system. It is ~1000 km long and strikes from N10°E to N35°E. High slip-rates of the fault are known by previous works in the Pakistan side. In Afghanistan no research has been done, therefore we prepared a detailed fault map based on visual images interpretation and previous literatures. The fault offset older and younger alluvial fans and stream deposits of late Pleistocene and Holocene age. Along the fault, relative ages of geomorphic surfaces are known but their absolute ages are unknown. In the absence of absolute ages for faulted deposits, it is not possible to determine the fault slip-rate. Therefore we have conducted cosmogenic dating as was done in Pakistan side to provide age controls for fluvial deposits in the study area. Terrestrial Cosmogenic Nuclide (TCN) uses the interactions between cosmic rays and nuclides in transported boulders, and therefore is an excellent method to directly date alluvial deposits. TCN is particularly useful in Afghanistan due to lack of terrestrial organic materials for radiocarbon dating. Our study focuses on three different areas located at Wardak Province. One of the sites is Ghat Bandakul south of Kabul where the distal part of alluvial fan deposited at the mouth of a stream channel is offset left-laterally. The fan slopes 3-5° westward for ~1 km from the foot of the Syah-Tapa Mountain. The deposits are composed of clay, sandstone and granitic clasts originating from bedrocks. Analysis of ALOS images and field work indicate that younger and older terrace risers are displaced left-laterally along the fault for 165 m and 235 m respectively. We collected 6 samples from the top 1-3 cm of each desired sandstone boulders that were >1m in diameter and well-embedded in surface to ensure their long-term stability. The sandstone has large amounts of quartz mineral, which yields ^{10}Be TCN nuclide ideal for dating deposits over Quaternary timescale. Samples were processed at the laboratories of DPRI, Kyoto University and MALT, University of Tokyo.
Based on ~165 m displaced alluvial fan with a ^{10}Be exposure age of ~46 kyr, we obtained the first geomorphologically determined slip-rate of 3.5 mm/yr along the Chaman fault. This slip-rate is considerably smaller than the geologically and geomorphologically defined slip-rates of 19–24 mm/yr and 33 mm/yr along the fault in the border region of Afghanistan and Pakistan. Along the southern section at Ghazni and Zabul Provinces, we mapped east-dipping thrust faults as well as the multiple fault splays indicating a complex interplay between left-lateral faulting and northwest compression, which may cause slower slip-rate at the northern end of the fault. We plan to date two other alluvial surfaces in the southern part of the study area to determine exact slip-rate of the fault in Afghanistan.

Keywords: Chaman fault, 10Be exposure dating, offset geomorphic surface , Afghansitan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-SS17] 地震学的アプローチによる火山深部のマグマ供給系の解明

コンビーナ:麻生 尚文(東京工業大学)、行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)、座長:麻生 尚文、行竹 洋平

火山深部のマグマ供給系は、長期スケールの地球のダイナミクスおよび地球の進化を考える上で重要であり、様々な地震学的アプローチを駆使することにより、更なる理解が期待される。特に活火山直下のモホ面付近に発生する深部長周期地震は、マグマ供給系と密接に関連していると考えられているが、詳細な活動様式や発生機構については未解明な部分が多い現象である。マグマ供給系における深部長周期地震の役割を明らかにすることは、深部マグマ溜りなど下部地殻付近のマグマ供給過程を理解するために鍵となる。そのために、例えばマッチドフルター法や精密震源決定などの最新技術を駆使し詳細な活動時系列や震源分布を得たり、波形インバージョンなどにより同現象の発震機構解に関する情報を推定したりすることが重要である。加えて、雑微動解析の利用など最新のトモグラフィー技術により、稠密な観測網を活用して高解像度で火山深部の物性分布をイメージングすることも、マグマ供給系の詳細な描像を明らかにする上で重要である。本セッションは、上述のアプローチに限らず、様々な地震学的アプローチから火山深部のマグマ供給系を明らかにしようとする研究を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SSS17-01] 富士山で発生する深部低周波地震のスペクトルの特徴

★招待講演

*鵜川 元雄[1] (1.日本大学)

14:00 ~ 14:15

[SSS17-02] 霧島山における2011年と2018年噴火に対応した深部低周波地震活動

*栗原 亮[1]、小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS17-03] 東北日本の深部低周波地震における長い継続時間の起源と浅部低周波地震活動

*小菅 正裕[1]、春山 太一[1]、松野 有希[2]、成田 伊織[2]、前田 拓人[1] (1.弘前大学理工学研究科、2.弘前大学理工学部)

14:30 ~ 14:45

[SSS17-04] 活火山域の深部構造・低周波地震とマグマ供給系

★招待講演

*趙 大鵬[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

14:45 ~ 15:00

[SSS17-05] 地震波でみる火山の深部構造

*中島 淳一[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:00 ~ 15:15

[SSS17-06] 深部低周波地震の発生と火山深部のマグマ供給との関係について

*中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)

富士山で発生する深部低周波地震のスペクトルの特徴
Spectral characteristics of deep low frequency earthquakes at Mount Fuji

*鵜川 元雄[1]
*Motoo Ukawa[1]

1. 日本大学
1. Nihon University

火山下の地殻中部からマントル最上部で発生する深部低周波地震は、火山深部の状態を知るための貴重な信号である。しかし深部低周波地震の規模は大きくてもM3程度であるために地震波から得られる情報が限られ、まだ震源の物理的な状態の理解は進んでいない。地震の発生メカニズムの解明には、地震波の振幅とともにそのスペクトルも重要な情報源である。例えば相似則が成り立つ断層のずれが震源であれば、地震の規模と卓越周波数の間には相関が現れる。また特徴的な長さを有する振動現象であれば、規模に関係ないスペクトル・ピークが現れることが期待される。本研究では、富士山で発生する深部低周波地震の中でも特に続発性が強く、比較的大きい活動を対象にスペクトル解析を行い、震源に関する情報を引き出すことを目的としている。

スペクトル解析の対象とした地震活動は、2012年～2015年に発生した低周波地震活動の中から振動継続時間が5～20分程度の11回の活動を選択した。それぞれの活動は複数の低周波地震の続発的発生で形成されている。気象庁の震源をもとにすると1回の活動中に発生した最大地震の規模はM0.9～M1.8の範囲、震源の深さは11～20kmの範囲である。

観測データはV-net観測点（防災科学技術研究所）のボアホール観測点（固有周期1Hz）のデータを使用した。スペクトル解析には、Morlet ウェーブレットをアナライジング・ウェーブレットとしたウェーブレット解析を用いた。深部低周波地震の波形には、周波数が数Hz以下の振動と10Hz程度の振動が含まれ、時間的に変動しているので、スペクトルの時間変化を調べるにはウェーブレット解析が適している。ここではウェーブレット解析結果に対して、1秒ごとに幅が4秒のウィンドを設定してスペクトルが最大になる周波数を求め、卓越周波数の時間変化を描いた。

ウェーブレット解析の結果、下記のスペクトルの特徴が分かった。
① 今回調査した11個の低周波地震活動の主たる卓越周波数は、最大地震の規模に関係なく、いずれも1Hz～2Hzの比較的狭い周波数範囲で安定している。
② 振幅が大きい振動には、数Hz～10Hz程度の比較的高周波の振動が重畳する傾向が見られる。
③ 約5分間の活動中に卓越周波数が1.5Hzから1Hzに時間とともに漸次的に変化したものが、11個のなかの1個のみであるが、見られた。

今回対象とした低周波地震のスペクトルの特徴は、富士山の深部低周波地震では震源で安定して1～2Hzの振動を大きく励起し、振幅が大きいときは比較的高周波振動も励起できるものでなければならないという制約を震源モデルに与える。

キーワード：深部低周波地震、スペクトル、富士山
Keywords: Deep low frequency earthquakes, Spectra, Mount Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島山における2011年と2018年噴火に対応した深部低周波地震活動
Deep low-frequency earthquakes corresponding to the 2011 and 2018 eruptions in Kirishima volcano

*栗原 亮[1]、小原 一成[1]、竹尾 明子[1]、田中 優作[1]
*Ryo Kurihara[1], Kazushige Obara[1], Akiko Takeo[1], Yusaku Tanaka[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

深部低周波地震は同規模の通常の地震と比べて低い周波数に卓越する地震である．気象庁のカタログによると日本列島の内陸に発生する深部低周波地震の多くは卓越周波数が1-10 Hzで深さ30 km付近に分布するが，霧島山では深さ10-15 km付近と深さ20-25 km付近に分かれて分布している．深部低周波地震と火山噴火の関係としては，1991年のピナツボ山の噴火の前に深部低周波地震が発生したこと(White, 1996)や，カムチャッカのKlyuchevskoy火山では，噴火を伴う火口付近での長周期(低周波)地震と深部低周波地震の対応が良いことがわかっている(Shapiro et al., 2017)．しかしながら，日本の火山ではこれまで，火山活動と深部低周波地震の活動の関係は明らかではなかった(高橋・宮村, 2009)．霧島山においても，気象庁のカタログによると観測開始以降ほぼ一定レートで深部低周波地震が観測されており，2011年や2018年の噴火と対応した深部低周波地震活動の変化は確認されていない．本研究では，噴火などの火山活動の推移と深部低周波地震活動の推移を比較するため，波形の相関を用いてイベント間の相対震源位置を決定するネットワーク相関係数法(Ohta and Ide, 2011)を用いて，2004年4月から2015年12月に発生した気象庁カタログ中の深部低周波地震の震源再決定を行うことでより正確な空間分布を求め，マッチドフィルタ法(Gibbons and Ringdal, 2006; Shelly et al., 2007)を用いて2004年4月から2018年3月までの期間で深部低周波地震の網羅的な検出を行い，その活動の時系列変化を調べた．

まず，震源再決定の結果，深さ13 km付近と22 km付近の狭い範囲に集中した震源分布を得た．特に深さ22 km付近に多くの深部低周波地震の震源が集中していた．次にマッチドフィルタ法での検出結果から，2011年の新燃岳の準プリニー式噴火の前後に当たる2010年から2011年にかけて深部低周波地震の検出数が多いことがわかった．この深部低周波地震の増加の期間は新燃岳の北東にあるえびの高原付近の地下約8kmにあるマグマ溜りの膨張(Nakao et al., 2013)による地殻変動が発生している期間と対応していた．震源再決定の結果とマッチドフィルタ法の結果を組み合わせると，2011年の噴火前後の2年間に増加した深部低周波地震は深さ23-25 kmに分布している．一方で，2004年から2018年にかけて定常的に発生した深部低周波地震は深さ13 km付近と22 km付近に分布していることから，2011年の噴火前後の2年間に発生した深部低周波地震の震源はやや深いことがわかった．さらに2011年の噴火前後の2年間に発生した深部低周波地震の波形を観察すると，定常的に発生する深部低周波地震と比べて，より低周波に卓越し，P波が不明瞭であるという特徴があった．この2年間においても活動の活発な深部低周波地震の位置は狭い範囲内で変化しており，噴火の推移とともに活発な深部低周波地震の震源がより深くなる傾向が見られた．また，2010年3月から7月の水蒸気噴火や2011年6月から9月のマグマ水蒸気噴火の時期のみに集中して発生する深部低周波地震が存在することも明らかとなった．2017年から2018年にかけての新燃岳・硫黄山の噴火と対応する深部低周波地震の増加も見られたが，その深部低周波地震には2011年の噴火前後に発生した深部低周波地震のような特徴は見られず，震源位置や波形の特徴は定常的に発生している深さ20-23 km付近の深部低周波地震と同様であった．

これら噴火との時間的対応は，深部低周波地震が深部での流体の移動など火山活動と対応していることを示す．一方で，2回の噴火で発生する低周波地震の位置や特徴が異なることは，噴火による流体の流路の違いなどを示す可能性がある．また，深さ13 km付近の深部低周波地震ではいずれの噴火の際にもその活動度の変化は確認できず，この深部低周波地震はこの時に噴火をしていない御鉢火山と関連している可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：深部低周波地震、霧島火山
Keywords: Deep low-frequency earthquake, Kirishima volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本の深部低周波地震における長い継続時間の起源と浅部低周波地震活動

Origin of long-duration of deep low-frequency earthquakes and activity of shallow low-frequency earthquakes beneath northeastern Japan

*小菅 正裕[1]、春山 太一[1]、松野 有希[2]、成田 伊織[2]、前田 拓人[1]
*Masahiro Kosuga[1], Taichi Haruyama[1], Yuki Matsuno[2], Iori Narita[2], Takuto Maeda[1]

1. 弘前大学理工学研究科、2. 弘前大学理工学部
1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 2. Faculty of Science and Technology, Hirosaki University

We investigated the origin of long duration of deep low-frequency (DLF) earthquakes and the activity of shallow low-frequency (SLF) earthquakes beneath northeastern Japan. Source mechanism of DLF events has attracted attention because the events are anomalous with very low predominant frequencies and with a very deep hypocentral location, suggesting a possible link to a magma transport system. Previous studies have shown that the source mechanisms are variable, double couple, CLVD, and single force, among the events. However, the other aspect of the characteristics of DLF events, long duration of the seismic signal, has not been well studied. We firstly searched for typical DLF events with low frequency and long duration. ThenWe we evaluatedthe frequency content by employing frequency index (FI) defined by the logarithm of the amplitude ratio of spectra between high- low-frequency ranges. We specify specified the range as 2–4 Hz and 10–20 Hz for low- and high-frequency ranges, respectively. These ranges correspond to the predominant frequencies of DLF and shallow ordinary earthquakes. We specified determined the location of typical DLF eventsbased on the FI and durationmeasurements. For the case of Hijiori in Yamagata prefecture, long-lasting (> 10 s) monochromatic vibration is was in phase among the stations, which suggests that the source effect is the origin of extended coda is a source origin rather than some path effects. Spectrogram of this event shows no hint of overtones expected from a resonance mechanism. We next numericallysimulated seismograms from several source models by the OpenSWPC code for seismic wave propagation in 2D/3D media. Simulation indicates that the resonance of seismic waves in a low-velocity body could produce monochromatic vibration, but under an exceptional condition of the size and physical properties of the resonant body, and restricted location of the initial source that trigger the resonance. We are conducting the following simulation for a moving source through multiple channels of the fluid transport system.

Event detection using FI is effective for SLF earthquakes that have no low-frequency flag in the JMA earthquake catalog. We searched for the SLF events in the Hakkoda area in Aomori prefecture and the Hakodate area in southern Hokkaido. SLF events in Hakkoda exhibit a cylindrical distribution beneath the Odake volcano in a depth range from the surface to about 5 km, clearly separated from the distribution of VT earthquakes around the volcano. Since the activity of SLF events are restricted in time when the expansion of volcanic body was suggested by GNSS observation, the SLF activity probably related to a magmatic activity of the volcano. In Hakodate area, the SLF earthquakes are located apart from the active volcano, Esan, and with focal depths shallower than 10 km. We confirmed the depth of several SLF earthquakes by adding travel time data from our two temporary seismic stations just above the SLF sources. Thus, the SLF events in this area are collocated with ordinary high-frequency events.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of the generation mechanism of SLF earthquakes in the brittle regime is also important to comparably understand the mechanism of DLF earthquakes in the ductile regime.

キーワード：低周波地震、周波数インデックス、継続時間
Keywords: low-frequency earthquakes, Frequency Index, duration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活火山域の深部構造・低周波地震とマグマ供給系
Deep low-frequency earthquakes, tomography and magmatic system beneath active volcanoes

*趙 大鵬[1]
*Dapeng Zhao[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Department of Geophysics, Tohoku University

We made a systematic study of deep low-frequency earthquakes, high-resolution tomography and magmatic system beneath active volcanoes on the Japan Islands. Low-frequency earthquakes (LFEs) in the lower crust and uppermost mantle are widely observed, and they occur not only along the subducting Philippine Sea (PHS) slab interface but also beneath active arc volcanoes. The volcanic LFEs are still not well understood because of their limited quantities and less reliable hypocenter locations. We used seismic tomography to determine detailed three-dimensional (3-D) P and S-wave velocity (Vp and Vs) models of the crust and upper mantle beneath the Japan Islands, and used the obtained 3-D Vp and Vs models to relocate the volcanic LFEs precisely (Niu et al., 2008; Yu et al., 2018). Our results show that the volcanic LFEs can be classified into two types: pipe-like and swarm-like LFEs, and both of them are located in or around zones of low-velocity (low-V) and high-Poisson’s ratio (high-σ) in the crust and uppermost mantle beneath the active volcanoes. The pipe-like LFEs may be related to fluid migration from the lower crust or the uppermost mantle, whereas the swarm-like LFEs may be related to local magmatic activities or small magma chambers. The number of LFEs sometimes increases sharply before or after a nearby large crustal earthquake that may cause cracks and fluid migration. The spatiotemporal distribution of the LFEs may indicate the track of migrating fluids. As compared with the tectonic LFEs along the PHS slab interface, the volcanic LFEs are more sensitive to fluid migration and local magmatic activities. High pore pressures play an important role in triggering both types of LFEs.

We also investigated the 3-D seismic structure of source areas of the 6 October 2000 Western Tottori earthquake (M 7.3) and the 21 October 2016 Central Tottori earthquake (M 6.6) that occurred near the Daisen volcano in SW Japan (Zhao et al., 2018a). The two large events took place in a high-velocity (high-V) zone in the upper crust, whereas low-V and high-σ anomalies are revealed in the lower crust and upper mantle. LFEs (M 0.0–2.1) occurred in or around the low-V and high-σ zones, which reflect upward migration of magmatic fluids from the upper mantle to the crust under the Daisen volcano. The nucleation of the Tottori earthquakes may be affected by the ascending fluids. The flat subducting PHS slab has a younger lithosphere age and so a higher temperature beneath the Daisen and Tottori area, facilitating the PHS slab melting. It is also possible that a PHS slab window has formed along the extinct Shikoku Basin spreading ridge beneath SW Japan, and mantle materials below the PHS slab may ascend to the shallow area through the slab window. These results suggest that the Daisen adakite magma was affected by the PHS slab melting and upwelling flow in the upper mantle above the subducting Pacific slab.

Detailed 3-D Vp, Vs and σ images of the crust and upper mantle beneath Kyushu are determined, with a focus on the source area of the 2016 Kumamoto earthquake (M 7.3) that occurred in the Beppu-Shimabara graben (BSG) where four active volcanoes and many active faults exist (Zhao et al., 2018b). The 2016 Kumamoto earthquake took place in a high-V and low-σ zone in the upper crust, which is surrounded and underlain by low-V and high-σ anomalies in the upper mantle. This result

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

suggests that, in and around the source zone of the 2016 Kumamoto earthquake, strong structural heterogeneities relating to active volcanoes and magmatic fluids exist, which may affect the seismogenesis. Along the BSG, low-V and high-σ anomalies do not exist everywhere in the upper mantle but mainly beneath the active volcanoes, suggesting that hot mantle upwelling is not the only cause of the graben. The BSG was most likely formed by joint effects of northward extension of the Okinawa Trough, westward extension of the Median Tectonic Line, and hot upwelling flow in the mantle wedge beneath the active volcanoes.

References

Niu, X., D. Zhao, J. Li (2018). Precise relocation of low-frequency earthquakes in Northeast Japan: New insight into arc magma and fluids. *Geophys. J. Int.* 212, 1183-1200.

Yu, Z., D. Zhao, X. Niu, J. Li (2018). Spatiotemporal distribution of low-frequency earthquakes in Southwest Japan: Evidence for fluid migration and magmatic activity. *J. Asian Earth Sci.* 151, 148-172.

Zhao, D., X. Liu, Y. Hua (2018a). Tottori earthquakes and Daisen volcano: Effects of fluids, slab melting and hot mantle upwelling. *Earth Planet. Sci. Lett.* 485, 121-129.

Zhao, D., K. Yamashita, G. Toyokuni (2018b). Tomography of the 2016 Kumamoto earthquake area and the Beppu-Shimabara graben. *Scientific Reports* 8, 15488.

キーワード：深部低周波地震、地震波トモグラフィー、活火山
Keywords: deep low-frequency earthquakes, seismic tomography, active volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波でみる火山の深部構造
Seismic imaging of deep structure beneath active volcanoes

*中島 淳一[1]
*Junichi Nakajima[1]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Seismological observations clearly show that flux melting in the mantle wedge is a deep source of magmatism in subduction zones and generated melts are transported to the continental crust through a mantle upwelling flow. However, physical processes of magmatism beneath deep crust are poorly understood. Here I review seismological structures (seismic velocity and attenuation, S-wave reflectors, and low-frequency earthquakes) beneath active volcanoes in Japan, focusing on deep magma chambers and possible pathways of magmatic fluids to the upper crustal levels.

キーワード：S波反射面、地震波トモグラフィ、低周波地震
Keywords: S-wave reflector, seismic tomography, low-frequency earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深部低周波地震の発生と火山深部のマグマ供給との関係について
Deep low-frequency volcanic earthquakes and their implication for deep crustal processes in the magmatic arc

*中道 治久[1]
*Haruhisa Nakamichi[1]

1. 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター
1. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Under temperatures and pressures of the lower crust and the upper mantle, rocks typically deform in a ductile manner, and it is unlikely that a sufficient deviatoric stress accumulates to generate brittle failure. However, earthquakes do occur in the upper mantle and in the lower crust beneath active volcanoes, and they are known as volcanic deep low-frequency earthquakes (VDLFs). They release energy mostly in the low-frequency range (<5 Hz), and are characterized by emergent arrivals and long-duration codas. VDLF activity observed at depths of 10-50 km in Japan, the Philippines, Alaska, and the Western US (Power et al., 2004; Ukawa, 2005; Nichols et al. 20011) has generally been attributed to magma transport in the mid-to-lower crustal and uppermost mantle regions. However, because VDLF seismicity is infrequent, with relatively weak and emergent signals, the relationship between deep magma transport and seismic radiation remains poorly understood. Dense seismic observation systems in boreholes, such as the high-sensitivity seismograph network “Hi-net” in Japan (Obara et al. 2005), are effective at detecting not only non-VDLFs (Obara, 2002) but also VDLFs. Since 1997, the Japan Meteorological Agency has routinely detected and located DLFs using the Hi-net dataset, and have identified DLFs in and around most quaternary volcanoes in Japan (Takahashi and Miyamura, 2009). Several studies have attempted to estimate source mechanisms of VDLFs in Japan. The first attempt, carried out by Ukawa and Ohtake (1987), provided a single force as the source mechanism of a VDLF beneath Izu-Ohshima by using the particle motion directions of *S*-waves. More recently, strike-slip type and non-double-couple source mechanisms were obtained using waveform inversions for VDLFs in Northeast Japan (Nishidomi and Takeo 1996; Okada and Hasegawa, 2000). Nakamichi et al. (2003; 2004) estimated the source mechanisms of Mts. Iwate and Fuji through the moment tensor inversion of spectral ratios of body waves, using data from a dense seismic network. The authors explained the source mechanisms as the motion of a tensile crack coupled either with a shear crack or with a chamber. No significant common features have been found in these estimated source mechanisms of VDLFs in Japan. The depths of VDLFs correspond to the depth interval where CO_2-rich fluids are expected to be liberated from ascending basaltic magmas, suggesting that such fluids play an important role in facilitating earthquake instabilities in the presence of tectonic stresses. The striking temporal correlation between VDLF activity and CO_2 gas emissions has been pointed out by Mammoth Mountain (Hill, 1996) and Izu-Ohshima (Watanabe, 2013). However, a temporal correlation between the VDLF activity and surficial geological and shallow geophysical activity is currently debated. The intrusion of basaltic magma before the eruption of Mt. Pinatubo in 1991 was correlated with VDLFs (White, 1996), and temporal correlations are clear for the 1998-1999 unrest of Mt. Iwate, where VDLF seismicity started 5 days before the initiation of the volcano tectonic (VT) seismicity (Nakamichi et al., 2003). We are currently investigating this correlation for the volcanic activity of Sakurajima, which is located in the southern part of the Aira caldera. There is a correlation between VT and VDLF seismicity in the Aira caldera since 2000. For example, both VT and VDLF increased in number between 2017 and 2018. On the other hand, no clear correlation between the VDLF seismicity and the eruption activity of Sakurajima volcano has been identified thus far.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火山性深部低周波地震、ノンダブルカップル、火山活動
Keywords: Deep low-frequency volcanic earthquake, Non-double-couple source mechanism, Volcanic activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:中村 佳博(産総研)、針金 由美子(産総研)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

9:00 ~ 9:15

[SMP32-01] フェンジャイトの変形によるアルゴン離散機構

*板谷 徹丸[1] (1.蒜山地質年代学研究所・地質技術センター)

9:15 ~ 9:30

[SMP32-02] Detrital zircons from a traverse along the Asemi River (Sanbagawa Metamorphic Belt, Shikoku, Japan): U-Pb geochronology and Hf isotopic composition

*Ulrich Knittel[1]、Shigeyuki Suzuki[2]、Monika Walia[3]、Juan-Hsi Lee[4]、Hao-Yang Lee[5] (1.RWTH Aachen University、2.Okayama University、3.Nat. Taiwan University 、4.Chung Cheng University、5.Academia Sinica)

9:30 ~ 9:45

[SMP32-03] ジルコンのU–Pb年代および希土類元素組成にもとづいた三波川変成帯エクロジャイトユニットの形成モデル

*青木 翔吾[1]、青木 一勝[2]、辻森 樹[3]、土屋 裕太[1]、加藤 大地[2] (1.岡山理科大学生物地球学部、2.岡山理科大学理学部、3.東北大学東北アジア研究センター)

9:45 ~ 10:00

[SMP32-04] Petrological implications of a new occurrence of retrogressed eclogite from the Sanbagawa belt of southwest Japan

*田口 知樹[1]、遠藤 俊祐[2]、伊神 洋平[1,3]、三宅 亮[1] (1.京都大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻、2.島根大学 総合理工学部 地球科学科、3.名古屋大学 未来材料・システム研究所)

10:00 ~ 10:15

[SMP32-05] 鹿塩マイロナイトの温度圧力条件: 三波川変成帯と領家変成帯の接合に関する制約

*中村 佳博[1]、高橋 浩[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.京都フィッション Co. Ltd.、3.東京大学地殻化学実験施設)

10:15 ~ 10:30

[SMP32-06] **Static phenomena retained by garnet during exhumation of metamorphic rocks**

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学　大学院環境学研究科)

フェンジャイトの変形によるアルゴン離散機構
Argon release mechanism of deformed phengite

*板谷 徹丸[1]
*Tetsumaru Itaya[1]

1. 蒜山地質年代学研究所・地質技術センター
1. Engineering Geology Center, Hiruzen Institute for Geology and Chronology

The author has proposed the argon release from phengites in HP-UHP metamorphic rocks by their ductile deformation in the exhumation and cooling of the metamorphic sequences to explain the relationships between K-Ar phengite ages and the metamorphic grade since Itaya and Takasugi (1988). This argon release hypothesis has not been accepted for 20 years until Nuong et al. (2008) described the age (K-Ar phengite)-temperature-structure relations in the Ishigaki high-pressure schist belt, southern Ryukyu Arc, Japan. Its main reason would be that the argon release mechanism is vague. Recently, the author made its mechanism clear in the literature that is in submission to journal. This paper will focus on the argon release mechanism of deformed phengites.

Cosca et al. (2011) described the effect of deformation on radiogenic argon retentivity from high pressure experiments (10kb and 600 ˚C over a period of 29 hours, giving ca. 10% shortening) performed on rock samples of peraluminous granite containing euhedral muscovite and biotite. Intragrain in-situ $^{40}Ar/^{39}Ar$ analyses for deformed muscovite provided 309 to 264 Ma, consistent with 0-16 % argon loss relative to the undeformed muscovite (311 Ma). They interpreted that the reduction in the effective diffusion length scale in naturally deformed rocks occurs most probably through productions of mesoscopic and submicroscopic defects such as stacking faults. The extreme size reduction of phengite observed at domains close to the rigid garnet in pelitic schists of the Sanbagawa belt are identical to the reduction in the effective diffusion length scale described by Cosca et al. (2011), likely enhancing the argon release. The Sanbagawa pelitic schists suffered extremely long deformation (longer than 31 million years) during the exhumation and had the extremely slow exhumation rate (slower than 0.7 mm/y). In this case, the phengite could grow up with “Ostwald ripening phenomenon” consuming the extremely fine-grained phengite close to the rigid garnet. The size reduction and “Ostwald ripening” growth would continue to become final stage of static phengite crystal size (0.02-0.06 mm in width and 0.4-1.0 mm in length) observed in matrix. During these processes phengite could experience chemical change depending on local bulk chemistry under the P/T conditions changing from moment to moment during the exhumation, making heterogeneous chemistry. On the other hand, Lago di Cignana UHP unit in western Alps suffered relatively quick deformation (shorter than 5 million years) during the exhumation and had the extremely fast exhumation rate (15 - 26 mm/y). In this case, the phengite crystals could record heterogeneously deformed domains in a crystal as well as among the grains, resulting in heterogeneous argon release. In fact, the laser step heating $^{40}Ar/^{39}Ar$ analyses of single phengite crystal in the UHP schists of Lago di Cignana provided significantly irregular age spectrum in comparison with the phengite from the Sanbagawa schists of which the age spectra show the perfect plateau for both the phengite separates and a phengite crystal.

A muscovite in metagranitoid from Grand Paradiso Massif in western Alps yielded heterogeneous age values, giving 54 to 218 Ma (Beltrando et al., 2013). The dated points by the crystal edge are significantly younger than the ages in the part far from the edge. These features suggest that the submicrosopic defects occurring preferentially near the crystal edges are affected by the rubbing with other phases, enhancing preferentially the argon release.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：白雲母の変形、変形時間、白雲母アルゴン点年代、上昇速度、アルゴン離散機構、実行拡散距離
Keywords: deformation of phengite, duration of deformation, in-situ Ar-Ar ages, exhumation rate, argon release mechanism, effective diffusion length scale

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detrital zircons from a traverse along the Asemi River (Sanbagawa Metamorphic Belt, Shikoku, Japan): U-Pb geochronology and Hf isotopic composition

*Ulrich Knittel[1], Shigeyuki Suzuki[2], Monika Walia[3], Juan-Hsi Lee[4], Hao-Yang Lee[5]

1. RWTH Aachen University, 2. Okayama University, 3. Nat. Taiwan University , 4. Chung Cheng University, 5. Academia Sinica

Sanbagawa Belt is a classic high-P/low-T metamorphic belt that is exposed over a distance of about 1000 km on Kyushu, Shikoku and Honshu Islands in Japan. The age of this belt has been the focus of many studies in recent years since the discovery of young detrital zircon grains (80 - 95 Ma), younger than the presumed age of peak metamorphism.

Samples for this study come from a traverse along the Asemi River in central Shikoku. Dating of single zircon grains using the LA–ICP–MS U–Pb dating method shows that zircons from all sites investigated are younger than 90 Ma and thus the protoliths are younger than the previously accepted age of metamorphism for this part of the Sanbagawa Belt at ca. 116 Ma. Our sampling sites include the site sampled by Minamishin et al. (1979) which is the reference for metamorphism at ca. 116 Ma in this part of the belt. We therefore conclude that the linear arrays found by Minamishin et al. are mixing lines rather than isochrones. Another sample was taken within the area recently delineated as having experienced eclogite facies metamorphism prior to overprinting in the epidote-amphibolite facies(Taguchi et al., 2018). This implies that the eclogite facies metamorphim took place after 90 Ma, the maximum deposition age of the protolith.

Within the detrital zircon populations contained in the Sanbagawa meta-sediments several age groups are recognized that are also known from SE China. However, compared to those from mainland China, zircons from the Sanbagawa meta-sediments are usually characterized by higher eHf(T) values suggesting higher input of material derived from the depleted mantle. For example, eHf(T) values of zircons of the age group 82-116 Ma range from -2.4 to +9.6 and those of the 127–146 Ma group have altogether positive eHf(T) values of +11.5 to +19.0 indicating depleted mantle sources. We envisage these zircons to have been derived from the ocean side of a magmatic arc. All grains in the range 215-250 Ma are characterized by negative eHf(T) ranging from -2.3 to -15.2, suggesting re-melting of already existing crust.

Keywords: Sanbagawa Belt, detrital zircon, U-Pb dating, Hf-isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ジルコンのU–Pb年代および希土類元素組成にもとづいた三波川変成帯エクロジャイトユニットの形成モデル

Tectonic process of the Sanbagawa eclogite: zircon U–Pb and REE composition analyses

*青木 翔吾[1]、青木 一勝[2]、辻森 樹[3]、土屋 裕太[1]、加藤 大地[2]
*Shogo Aoki[1], Kazumasa Aoki[2], Tatsuki Tsujimori[3], Yuta Tsuchiya[1], Daichi Kato[2]

1. 岡山理科大学生物地球学部、2. 岡山理科大学理学部、3. 東北大学東北アジア研究センター
1. Department of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 2. Department of Applied Science, Okayama University of Science, 3. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

太平洋型造山運動によって形成された低温高圧型変成帯の岩石は過去に沈み込んだ表層物質であり、その地球年代学的な研究は、表層における原岩の形成から、深部への沈み込み、そして再び表層へと上昇していく過程のタイムスケールの理解につながる。

西南日本外帯に存在する三波川変成帯は、主に白亜紀中期から後期に海洋地殻物質や表層削剥物質が沈み込みにともなう低温高圧型変成作用により生成した変成岩類で構成されている。特に四国中央部別子地域には、三波川変成帯の中で最も深いエクロジャイト相相当の深度まで沈み込んだ“別子エクロジャイトユニット”として認識されている地質ユニットが存在する。しかし、その原岩形成やエクロジャイト相変成作用が起きた年代については未解決である(e.g. Okamoto et al., 2004; Wallis et al., 2009)。

この問題を解決するため本研究では、別子エクロジャイトユニットからジルコンを抽出し、そのU-Pb年代と希土類元素組成から原岩の堆積年代およびエクロジャイト相変成年代の制約を試みた。抽出されたジルコンは火成作用で形成されたと考えられるコアと変成作用で形成されたと考えられるリムを持つ。それぞれの領域の年代分析から、別子エクロジャイトユニット中にはca. 120Maとca. 100-90Maに堆積・沈み込みを開始した２つの岩石が存在することが改めて確認された。コンドライト値で規格化したジルコンリム部の希土類元素パターンは、コア部とは異なり、Euの負異常を示さず、重希土類元素に枯渇していることを示した。このことは、リム部は斜長石の分解とザクロ石安定下で形成、つまりエクロジャイト相相当の変成条件で形成されたことを強く示唆する。また、これまで別子地域や汗見川地域から報告されている三波川ジルコン年代(e.g. Endo et al., 2018; Aoki et al., 2019)を考慮すると、ca. 100-90Maに堆積・沈み込みを開始した岩石は別子エクロジャイトユニット以外の領域にも広範囲に分布することから、別子エクロジャイトユニットを独立した１つのユニットとして認識するには問題があるといえる。本研究データと地質構造を組み合わせると、別子エクロジャイトユニットとされた領域には、原岩と変成年代がともに異なる2つの変成岩ユニットが接して存在すると考えられる。おそらく現在見られる地質構造は、① ca.120Maに沈み込んだユニットがエクロジャイト相の深度まで沈み込み、ca. 90Maまで滞留する、② ca.100-90Maに沈み込んだユニットの最高変成度部がca. 90Maにエクロジャイト相に達し、そこで、①のエクロジャイトと接合し、その後ともに上昇、というプロセスで形成されたと考えられる。

キーワード：三波川変成帯、ジルコンU–Pb年代、希土類元素
Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, zircon U–Pb dating, rare earth element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Petrological implications of a new occurrence of retrogressed eclogite from the Sanbagawa belt of southwest Japan

*田口 知樹[1]、遠藤 俊祐[2]、伊神 洋平[1,3]、三宅 亮[1]
*Tomoki Taguchi[1], Shunsuke Endo[2], Yohei Igami[1,3], Akira Miyake[1]

1. 京都大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻、2. 島根大学 総合理工学部 地球科学科、3. 名古屋大学 未来材料・システム研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 3. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University

The Sanbagawa belt is one of the most famous subduction-related high-pressure (HP) metamorphic belts in the world, and the metamorphic facies series of the belt reaches the eclogite facies. Sanbagawa eclogites are found within coarse-grained mafic-ultramafic masses (Iratsu type) and their surrounding fine-grained mafic, pelitic, and siliceous schists (Seba type) in central and eastern Shikoku, southwest, Japan (Aoya & Endo, 2017 JGSJ). However, the regional extent of the eclogite facies region (eclogite unit) has not yet been established because most were overprinted by lower-pressure assemblages during the exhumation stage. In order to document the eclogite facies metamorphic features of the belt, we recently conducted comprehensive petrological studies of the pelitic schists in the Asemi-gawa region of central Shikoku (Taguchi & Enami, 2014a, 2014b JMPS; Taguchi et al., 2019 JMG). Our previous studies have revealed that a new eclogite unit exists in a limited high-grade area of this region and is composed primarily of pelitic schists. A number of petrological studies have been conducted on the mafic lithology of this region (e.g. Otsuki & Banno, 1990 JMG; Aoki et al. 2009 Lithos; Uno et al., 2015 CMP). However, none of these works recognize the presence of a definitive eclogitic indicator (omphacite, jadeite) within the mafic lithologies, which contrasts with the other eclogite units of Shikoku. This hinders the reliable reconstruction of the extent of the eclogite facies metamorphism in the Sanbagawa belt. Based on an integrated petrological and mineralogical approach, this study reports that mafic schist with garnet + omphacite + quartz paragenesis was first discovered in the Asemi-gawa region. The mafic schist occurs as thin layers within pelitic schist of the albite–biotite zone. This rock includes abundant garnet porphyroblasts up to 5 mm in diameter and shows prograde-type compositional zoning with no textural or compositional break. Omphacite in the mafic schist only occurs as inclusions in garnet, and albite is the major Na phase in the matrix, suggesting that the mafic schist represents highly retrogressed eclogite. The omphacite in the sample displays a strong Raman peak at 678 cm^{-1}, and concomitant Raman peaks are all consistent with those of the reference omphacite Raman spectrum. Transmission electron microscopy (TEM) observations showed that the selected area electron diffraction pattern of the omphacite is compatible with the common *P*2/*n* omphacite structure. The combination of Raman geothermobarometries and conventional thermodynamic calculations gives peak (pressure–temperature) *P*–*T* conditions of 1.7–2.0 GPa and 440–540 ˚C for the mafic schist. The peak *P*–*T* values are comparable to those of the schistose eclogitic rocks (Seba type) in other Sanbagawa eclogite units of Shikoku. These findings suggest that most of the schistose eclogites and associated metasedimentary rocks along the Sanbagawa subduction zone probably share similar simple *P*–*T* histories.

キーワード：エクロジャイト、FIB–TEM、オンファス輝石、ラマン分光分析、三波川帯
Keywords: eclogite, FIB–TEM, omphacite, Raman spectroscopy, Sanbagawa belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鹿塩マイロナイトの温度圧力条件: 三波川変成帯と領家変成帯の接合に関する制約

P-T estimations of Kashio mylonite in Oshika, Nagano, Japan: Constraints on the amalgamation of Ryoke and Sambagawa belts

*中村 佳博[1]、高橋 浩[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3]
*Yoshihiro Nakamura[1], Yutaka Takahasi[1], Tohru Danhara[2], Hideki Iwano[2], Takehumi Hirata[3]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2. 京都フィッション Co. Ltd.、3. 東京大学地殻化学実験施設
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Kyoto Fission-Track Co., Ltd., 3. Geochemical Research Center, The University of Tokyo

三波川変成帯と領家変成帯は，古典的に対の変成帯と呼ばれ，沈み込み帯における火成活動と低温高圧変成作用に密接に関連している (e.g., Brown, 2010)．西南日本で領家変成帯は三波川変成帯に直接接していないが，中部地方の長野県大鹿村地域は両変成帯の接合関係が観察できる数少ない地域である．そのため，MTLの活動に関連した変成・変形作用を議論するのに最適な場所である．本研究では三波川変成岩・領家変成岩の詳細な変形・変成作用の解析を行い，低温高圧変成帯の上昇に関するテクトニクスや延性ー塑性領域での構造発達史の制約を目指す．

本地域では，これまでMTLにそって中温型マイロナイト(いわゆる鹿塩マイロナイト)が広く分布することはよく知られている(Takagi, 1986). 我々は新たにZ集中を示す再結晶石英で特徴付けられる低温型マイロナイトを発見した．その低温型マイロナイトは領家変成岩・三波川変成岩由来であり，MTLから500m以内の上盤・下盤側双方に分布する．左横ずれセンスを示し，NNE-SSWの緩いプランジを持つ鉱物伸長線構造がマイロナイト面によく発達している．低温型マイロナイト帯では，ざくろ石ポーフィロクラストはコアからリムにかけて明瞭なグロッシュラー成分の組成累帯構造を示す．またマイロナイト面構造は白雲母 (Si in apfu = 3.38-3.49)と緑泥石 (X_{Mg} = 0.39-0.41)からなる．これらの再結晶鉱物を用いた地質温度圧力計を利用すると，領家変成岩起源の低温型マイロナイトの形成条件は420-450 ℃/0.5-0.6 GPaの温度圧力条件を示す．一部の変成岩起源マイロナイトは540 ℃/0.9 GPaの温度圧力条件を示すものもあった．これらの変成条件は三波川変成帯の温度圧力条件 (Enami et al. 1994)に一致しており，マイロナイト化のステージで領家変成岩と三波川変成岩がすでに接合していたことを示唆している．

さらに領家変成岩起源の鹿塩マイロナイト中のzircon U-Pb年代をLA-ICPMSによって分析した．分析試料の主要な年代スペクトルは 69.0 +/- 0.6 Ma (*n*=10) を示し，源岩の領家花崗岩またはトーナル岩の固結年代であると推定される．この源岩固結年代は，これまで報告されたいずれのマイロナイト化年代 (鹿塩時階: >83Ma, Kubota and Takeshita, 2008; 95~85 Ma, Takagi, 1997)よりもずっと若いことが明らかになった. また非持トーナル岩の平均冷却速度(28℃ /Ma; Shibata and Takagi, 1988) を利用すると，中温型マイロナイトは 62 Ma前後に形成し，~58 Maに二回目の低温型マイロナイトを経験したことになる．これらの年代データ・変成・変形作用をまとめると，58 Ma前後の低温型マイロナイト形成時にはすでに三波川変成岩と領家変成岩が接合していたことになる．その後55Ma前後のプレート運動方向の変化によって両変成帯が上昇したと示唆される (Seton et al. 2015).

参考文献:M. Brown, Gondwana Research, 18 (2010) 46-59. H. Takagi, J. Struct. Gel. 8 (1986) 3-14. M. Enami, S.R. Wallis, Y. Banno, 116 (1994), 182-198. Y. Kubota, T. Takeshita, Island Arc, 17, (2008)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

129-151. H. Takagi, Chikyu, 19 (1997) 111-116. K. Shibata, H. Takagi, J. Geol. Soc. Jpn., 94 (1988) 35-50. M. Seton, N. Flament, J. Whittaker, R.D. Muller, M. Gurnis, D.J. Bower, Geol. Rea. Let. 42 (2015) 1732-1740.

キーワード：Mylonite、EBSD、Ryoke metamorphic belt、Sambagawa metamorphic belt
Keywords: Mylonite, EBSD, Ryoke metamorphic belt, Sambagawa metamorphic belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Static phenomena retained by garnet during exhumation of metamorphic rocks

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2]
*Masaki Enami[1], Yui Kouketsu[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 名古屋大学　大学院環境学研究科
1. Institute for Space–Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Nagoya University

Electron back scatter diffraction (EBSD) method was employed for the analysis of crystallographic orientations of garnet grains to discuss tectonic behavior of various types of metamorphic rocks during exhumation. Selected metamorphic rocks were coesite-eclogite from the Sulu belt, China, granulite in the Mogok belt, Myanmar, and epidote-amphibolite and quartz schist of eclogite and non-eclogite units, respectively, in the Sanbagawa belt, Japan. The garnet grains are grouped into segmentation and honeycomb types. The segments forming an aggregate, which formed by hydration reaction during the exhumation stage, share similar crystallographic orientations, with misorientations of less than 3—4˚. This suggests that the segmentation textures were not formed by deformational crush and the grains recorded a static environment during exhumation. The Sulu and Mogok garnet grains segmented under granulite-upper amphibolite facies conditions have been continually exhumed to the earth's surface without incurring specific deformation and/or rotation. The garnet grains in the epidote-amphibolite from the Sanbagawa eclogite unit were once fragmented by hydration reactions during exhumation and have subsequently become unified by hydration reactions during prograde epidote-amphibolite facies metamorphism. This fact indicates that the Sanbagawa garnet grains in the eclogite unit have recorded static conditions during the hydration and dehydration stages. Honeycomb garnet in a quartz schist from the Sanbagawa non-eclogite unit, which formed during prograde stage under the lower epidote-amphibolite facies, also shows no evidence suggesting deformation processes. This sample might not have undergone significant deformation during exhumation from depths of 25—30 km (0.8—0.9 GPa) to the earth's surface. Such undeformed phenomena recorded in these metamorphic garnet grains during exhumation might have been promoted by episodic exhumation, buoyancy-driven and static exhumation of the metamorphic belt, or local concentration of tectonic stress and heterogeneities of deformation impacts caused by the contrast of lithologic competency and tectonic discontinuity development.

キーワード：EBSD、exhumation、ざくろ石、変成岩
Keywords: EBSD, exhumation, garnet, metamorphic rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:田口 知樹(京都大学　大学院理学研究科)、吉田 健太(海洋研究開発機構)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

10:45 ~ 11:00

[SMP32-07] Garnet zoning suggesting the correlation between the Higo and Abukuma metamorphic rocks

*西山 忠男[1]、脇田 佑都[1] (1.熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座)

11:00 ~ 11:15

[SMP32-08] $FeAlO_3$ phase at ultrahigh-temperature metamorphic conditions: Evidences from the sillimanite—Fe_2O_3 and sillimanite—Fe_3O_4 systems at 9 kbar and 1050 °C

*川嵜 智佑[1]、足立 達郎[2]、大藤 弘明[1]、小山内 康人[2] (1.愛媛大学、2.九州大学)

11:15 ~ 11:30

[SMP32-09] グラニュライト相－超高温変成作用下で包有されたナノ花崗岩類中のハロゲンについて

*東野 文子[1]、河上 哲生[2] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.京都大学大学院理学研究科)

11:30 ~ 11:45

[SMP32-10] 隠岐片麻岩の高Ti黒雲母の普遍性と部分溶融条件

吉田 宏[1]、*遠藤 俊祐[1]、藤原 まい[1]、亀井 淳志[1] (1.島根大学総合理工学部地球科学科)

11:45 ~ 12:00

[SMP32-11] Eclogite-to-granulite transition in the Ufipa Complex (Tanzania): the time-lag between collision and the granulitization

*森田 敢[1]、辻森 樹[1]、Nelson Boniface[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.ダルエスサラーム大学、3.岡山理科大学)

12:00 ~ 12:15

[SMP32-12] **Switching of metamorphic growth kinetics due to volume fraction of metamorphic fluid**

*宮崎 一博[1] (1.産業技術総合研究所　地質情報研究部門　地殻岩石研究グループ)

Garnet zoning suggesting the correlation between the Higo and Abukuma metamorphic rocks

*西山 忠男[1]、脇田 佑都[1]
*Tadao Nishiyama[1], Yuto Wakida[1]

1. 熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座
1. Department of Earth and Environmental Sciences, School of Science, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

The Higo and Abukuma metamorphic rocks are both Cretaceous low P/T metamorphic rocks, located in central Kyushu (the former) and in northeast Japan (the latter), respectively. The correlation between the two metamorphic rocks has been discussed in terms of SHRIMP U-Pb ages of plutonism, metamorphism and sedimentation (Sakashima et al., 2003), although they are separated by more than 1,000 km. This paper presents new evidence for this hypothesis by reporting garnet zoning in the Higo metamorphic rock (HMR) which is very similar to that in the Abukuma metamorphic rock (AMR).

Pelitic and psammitic gneisses in the garnet-cordierite zone in the HMR contains commonly garnet crystals, which are subhedral to euhedral grains of several millimeters in size. We examined chemical zoning of these garnets from 41 samples of pelitic gneiss in the Kousadake area, Kousa and Tomochi Towns, Kumamoto Prefecture. Typical mineral assemblage of the pelitic gneiss is garnet + biotite + K-spar + plagioclase + quartz $\pm$ cordierite $\pm$ sillimanite. Ilmenite, titanite, and rutile (less common) occur as inclusions in garnet. Garnet zoning can be classified into three types: flat, simple and complex types. The flat type shows no concentration gradient of any component from the core to the rim. The composition ranges from Prp9Alm68Sps3Grs20 to Prp20Alm73Sps3Grs4, depending on the bulk composition of the sample. The simple type shows a gradual change in composition from the core richer in Sps and Grs components (Prp15Alm51Sps26Grs8) to the rim richer in Alm component (Prp15Alm61Sps19Grs3). The complex type has several variations in the zoning, however, all the variations show discontinuous or rapid changes in composition. The complex A type consists of the plateau-like core richer in Sps and Grs components (Prp2Alm36Sps33Grs29) and the rim richer in Alm and Prp components (Prp23Alm67Sps7Grs3). The complex B type shows a core-mantle-rim structure. The core is nearly constant composition with Prp6Alm61Sps14Grs19, followed by a rapid increment of Grs component up to 28 mol % associated with counterpart decrement of Alm and Sps components in the mantle (Prp6Alm58Sps8Grs28). In the rim, Grs and Sps components gradually decrease with counterpart increment of Prp and Alm components to Prp12Alm73Sps5Grs10. The Grs contents in the core of the complex A type and also in the mantle of the complex B type are much higher than those of the simple and flat types, indicating higher pressure condition for the formation. Garnets with these three types of zoning occur randomly in the garnet-cordierite zone of the studied area, suggesting the different nucleation timing of these garnets rather than diffusive homogenization of zoning in higher grade rocks (Yoshimura,1995).

The complex A and B types of zoning are quite similar to those of sector-zoned garnets from the AMR reported by Hiroi et al. (1998), who suggested the followings. These zonings may indicate three stages of garnet growth at different pressures: the earliest stage characterized by relatively low T (~650 C) and medium P (~0.6 GPa), the second stage with much higher pressure up to 1.2 GPa, and the third stage with higher T (~800 C) and lower P (~0.5 GPa). Thus, the HMR may have experienced the P-T path similar to that of the AMR. This similarity of the P-T path together with the consistency of the age of plutonism,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

metamorphism and sedimentation (Sakashima et a., 2003) strongly suggests that the HMR and AMR may have formed the same geological terrane. The tectonics leading to the large-sale displacement between the HMR and AMR can be either a nappe tectonics or strike-slip tectonics, although this study cannot provide any information on the tectonics.

References: Hiroi, Y. et al., (1998) JMG, 16, 67-81; Sakashima, T. et al., (2003) Jour. Asian Earth Sci., 21, 1019-1039. Yoshimura,Y.(1995) Mem. Fac. Sci. Kumamoto Univ., 14, 1, 1-18.

キーワード：ザクロ石、累帯構造、肥後変成岩、阿武隈変成岩
Keywords: garnet, zoning, Higo metamorphic rock, Abukuma metamorphic rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$FeAlO_3$ phase at ultrahigh-temperature metamorphic conditions: Evidences from the sillimanite—Fe_2O_3 and sillimanite—Fe_3O_4 systems at 9 kbar and 1050 ℃

*川嵜 智佑[1]、足立 達郎[2]、大藤 弘明[1]、小山内 康人[2]
*Toshisuke Kawasaki[1], Tatsuro Adachi[2], Hiroaki Ohfuji[1], Yasuhito Osanai[2]

1. 愛媛大学、2. 九州大学
1. Ehime University, 2. Kyushu University

Two high pressure experiments at 9 kbar and 1050 ℃ under moisture condition reveal $FeAlO_3$ phase is stable under ultrahigh-temperature metamorphic conditions. $FeAlO_3$ and corundum newly crystallised accompanying SiO_2-rich melt and vapour among sillimanite crystals from the mixture of Rundvågshetta sillimanite and reagent-grade Fe_2O_3 (weight ratio of 95:5) within Pt capsule. We found no hematite in the charge. In contrast, we found $FeAlO_3$ phase, SiO_2-rich melt and vapour among sillimanite from the mixture of Rundvågshetta sillimanite and reagent-grade Fe_3O_4 at (weight ratio of 86:14) within AuPd capsule. We found a domain composed by $FeAlO_3$, corundum, magnetite—hercynite spinel and ulvöspinel at the bottom part of the charge. The domain was contact with melt among sillimanite. The present results suggest the possibility that $FeAlO_3$ phase would be an index mineral of ultrahigh-temperature metamorphism for the partially melted Fe—Al-rich granulites under hydrous and oxidised environments.

キーワード：FeAlO3 相、ケイ線石、コランダム、スピネル、超高温グラニュライト
Keywords: FeAlO3 phase, sillimanite, corundum, spinel, ultrahigh-temperature granulies

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

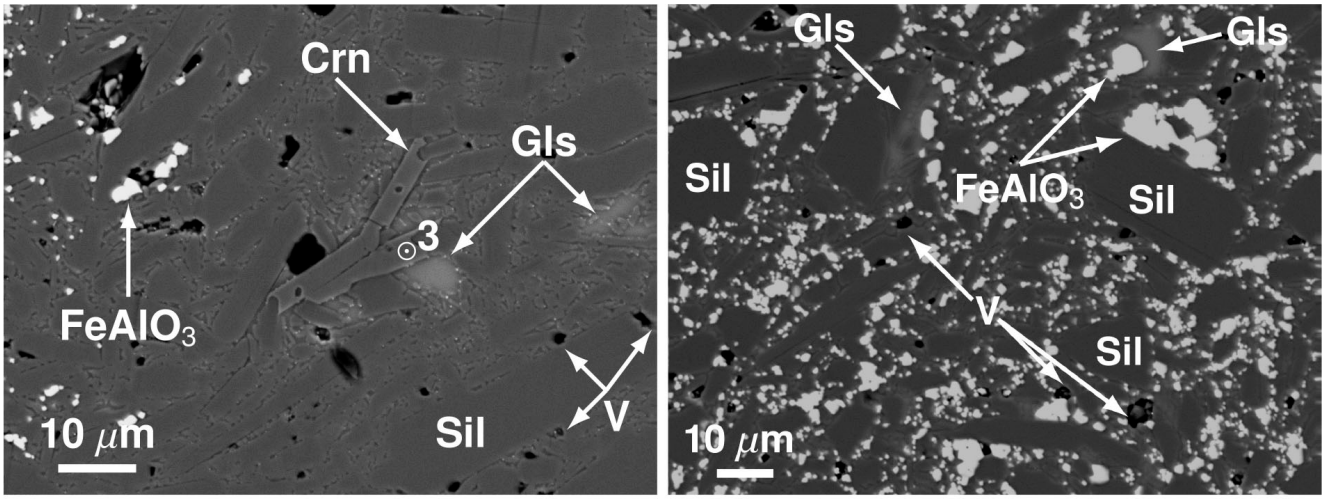


Fig. 1. Backscattered electron image (BSEI) of run products recrystallised from the mixture of Rundvågshetta sillimanite and Fe_2O_3 in the Pt capsule (left: run no. 171018A) and the mixture of Rundvågshetta sillimanite and Fe_3O_4 in the AuPd capsule (right: run no. 171018D) at 9 kbar 1050 ℃ under moisture condition. Left: euhedral corundum with fine vapour hole, $FeAlO_3$ phase, glass and vapour (dark holes) fill among sillimanite crystals. Number 3 is the analysed point by Raman spectroscopy. Right: euhedral 5–10 μm size $FeAlO_3$ phase and fine (<1 μm) $FeAlO_3$ phase are scattered among sillimanite crystals accompanying melt and vapour (dark hole). Crn, corundum. $FeAlO_3$, $FeAlO_3$ phase. Gls, glass. Sil, sillimanite. V, vapour.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グラニュライト相ー超高温変成作用下で包有されたナノ花崗岩類中のハロゲンについて

Halogens in nanogranitoids entrapped during granulite facies to ultrahigh-temperature metamorphism in the lower crust

*東野 文子[1]、河上 哲生[2]
*Fumiko Higashino[1], Tetsuo Kawakami[2]

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Granulite facies to ultrahigh-temperature (UHT) metamorphic terranes in the deep crust are considered as a potential source region of granitoid melts that eventually form plutons (e.g., Sawyer et al., 2011; Brown et al., 2011). Melt inclusions such as “nanogranitoids” and “felsite inclusions” recently found from such granulite facies and UHT metamorphic terranes are the explicit evidence of partial melting (Cesare et al., 2009; 2015; Hiroi et al., 2014). Such inclusions enable us to estimate the melt composition formed by partial melting (Cesare et al., 2015) and to estimate the timing of partial melting when combined with pressure-temperature-time (*P-T-t*) paths (Kawakami et al., 2013; 2016).
In determining the melt compositions using nanogranitoids, re-melting and re-homogenization of nanogranitoid inclusions using piston cylinder is often performed, and nanogranitoids with decrepitation texture are avoided from such experiments (Cesare et al., 2015). However, nanogranitoids that has decrepitation texture are common in high-*T* pelitic gneisses (e.g., Hiroi et al., 2014; Cesare et al., 2015; Kawakami et al., 2016) and if development of such texture is related to the *P-T* path of the host rock as in the case of fluid inclusions (Vityk and Bodnar, 1995), neglecting the decrepitated nanogranitoids might mean neglecting of specific metamorphic history. Therefore, efforts in determining chemical compositions of melt inclusions of decrepitated nanogranitoid inclusions is also valuable. Among various chemical aspects, information on major halogens (F and Cl) in lower crustal nanogranitoids is extremely poor (e.g., Cesare et al., 2015; Acosta-Vigil et al., 2016; Ferrero et al., 2018). This study aims to provide some new data on the halogen contents in nanogranitoids to better understand the partial melting in the granulite facies active lower crust using fully crystallized nanogranitoids.
Nanogranitoid inclusions are found as inclusions in garnet from granulite facies mafic and pelitic gneisses from Balchenfjella (Sør Rondane Mountains, East Antarctica). Mineral assemblages of the large-sized (>100 μm) nanogranitoid inclusions are Bt + Pl + Qtz in mafic gneiss, and Bt + Pl + Qtz + And + Sil in pelitic gneiss. Mesoperthite in the nanogranitoid inclusion and in the matrix of the pelitic gneiss gave temperature of >900 ºC based on ternary feldspar thermometry. These observation evidences that Balchenfjella experienced UHT metamorphism and the nanogranitoid inclusions represent the UHT melt. The re-integrated composition of nanogranitoids range from granodioritic in the mafic gneiss to granitic in the pelitic gneiss, and mostly peraluminous. The peraluminous melt compositions might be a result of post-entrapment interaction between the melt and host garnet. F/Cl ratio of biotite in the nanogranitoids can be an indicator of F/Cl of the nanogranitoid melts, and low F/Cl ratio observed in this study contrasts with high values observed in peraluminous silicic melts from intrusive and extrusive igneous rocks. This suggests that F/Cl ratio in shallower level silicic igneous rocks is mainly controlled by the magmatic processes in the shallow crust, and chemical characteristics of source rocks or F/Cl ratio of the original melts in the source region is of secondary importance.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ナノ花崗岩類、部分溶融、塩素、フッ素
Keywords: nanogranitoids, partial melting, chlorine, fluorine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

隠岐片麻岩の高Ti黒雲母の普遍性と部分溶融条件
Significance of high-Ti biotite and anatectic conditions of paragneiss in the Oki-Dogo Island, Japan

吉田 宏[1]、*遠藤 俊祐[1]、藤原 まい[1]、亀井 淳志[1]
Hiroshi Yoshida[1], *Shunsuke Endo[1], Mai Fujiwara[1], Atsushi Kamei[1]

1. 島根大学総合理工学部地球科学科
1. Department of Earth Science, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

隠岐島後東部に環状に露出する隠岐片麻岩は，古原生代（約1800 Ma前後）の砂～泥質岩や花崗岩類を原岩として，約240 Maに低P/T型変成作用を受けた準片麻岩および正片麻岩からなり（Tsutsumi et al., 2006; Cho et al., 2012），朝鮮半島の先カンブリア基盤（嶺南地塊や京畿地塊）との関係や，ペルム～三畳紀以降の東アジアのテクトニクスを考えるうえで重要な位置づけを持つ．本研究では隠岐片麻岩の分布全域（北部：飯美，中村川，南部：銚子，東郷，大久）の野外調査とミグマタイト質片麻岩の岩石学的解析の結果をもとに，高度変成作用の広がりと部分溶融の条件を検討した． 新生代火山活動に伴う構造改変は大きいが，隠岐片麻岩の主要な面構造（片麻状構造）の方位は大局的には東西走向で南または北傾斜である．ミグマタイト化に伴うプチグマティック褶曲を除くと，延性変形の重複関係を認識できる露頭は少なく，主要面構造は単一の変形段階と考えられる．ミグマタイト質片麻岩には片麻状構造と調和的な優白質部のほかに，優白質花崗岩の非調和岩脈が普遍的にみられる．アルミナ質泥岩起源の片麻岩のピーク時の鉱物共生は，ざくろ石＋黒雲母＋珪線石±菫青石＋斜長石＋石英＋チタン鉄鉱＋ルチル＋石墨であり，南部ではこれに鉄亜鉛スピネルが加わる．優白質部に珪線石を包有する自形の紅柱石を含むことがあり，降温期にメルトから晶出した可能性がある．ざくろ石の結晶は拡散により組成が均質化しており，基質の黒雲母と接する縁部のみMnが急増する逆累帯構造を示し，CaOは1 wt%前後でほぼ一定である．しかし，北部では稀に同一薄片内にコアのCaOが4.5 wt%に達し，成長累帯構造を残すざくろ石斑状変晶が混在する．ピーク温度推定のため，ルチル＋石英と共存する黒雲母のTi量とジルコン＋石英と共存するルチルのZr量を用いた温度計を適用した．高Ti黒雲母（最高5.6 wt% TiO_2）は基質の単結晶石英または斜長石中の微小包有物として存在し，760℃に達する高温を示唆する．高Ti黒雲母はざくろ石中の包有物として産することもあるが，基質中のものに比べMg#が高く，降温期もホストのざくろ石とのFe–Mg交換反応が継続したことを示す．基質の片麻状構造に沿って配列する粗粒板状の黒雲母は低Tiで，低Zrルチルを伴い，~650–550℃までの降温期に延性変形が起こったことを示す．ルチルはクラックを伴わないざくろ石中の包有物に限り，高Zr（1200–1700 ppm）を保持し，~750–780℃の高温条件が推定される．単結晶石英または斜長石中の高Ti黒雲母と均質なざくろ石コア組成がピーク温度時に平衡であったと仮定して，ざくろ石-黒雲母温度計およびざくろ石-黒雲母-斜長石-石英圧力計を適用すると各地域の試料から~0.42–0.60 GPa, 760–780℃の条件が推定され，南部の試料がより低圧を示す．このような低P/T条件で部分溶融が起こったとすると，南部にみられる菫青石，ざくろ石，スピネルの共存を説明できる．高Ti黒雲母の普遍性から，上部角閃岩ーグラニュライト遷移相の高度変成作用は全域に及んでいることが明確になったが，北部にみられる高Caざくろ石の持つ意味（中圧型変成ステージの存否）はさらなる検討が必要である．本研究および既存の年代学的研究を統合すると，隠岐片麻岩は，古原生代の大陸基盤が，約240 Maの熱イベントにより中部地殻深度（約15–20 km）における部分溶融，延性変形および低P/T型変成作用を受けたものと考えられる．

キーワード：隠岐片麻岩、黒雲母、変成作用
Keywords: Oki Gneiss, biotite, metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Eclogite-to-granulite transition in the Ufipa Complex (Tanzania): the time-lag between collision and the granulitization

*森田 敢[1]、辻森 樹[1]、Nelson Boniface[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3]
*Morita Isamu[1], Tatsuki Tsujimori[1], Nelson Boniface[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[3]

1. 東北大学、2. ダルエスサラーム大学、3. 岡山理科大学
1. Tohoku University, 2. University of Dar es Salaam, 3. Okayama University of Science

Eclogite-to-granulite transition found in the collisional tectonic regime can provide not only regional tectonic history but also basic principles underlying crustal thickening attributed to the continent-continent collision at convergent plate boundary. In order to understand the dynamics and timescale of collision-induced crustal thickening, we conducted petrological and geochronological research for partially granulitized eclogite and associated metamorphic rocks of the Ufipa Complex (Tanzania).

The Ufipa Complex is a newly confirmed Neoproterozoic metamorphic complex that is equivalent to the Mozambique Belt formed during 'Pan-African orogeny'. Granulitized eclogite is a coarse-grained kyanite-bearing retrograde eclogite with the major mineral assemblage of garnet + omphacite + kyanite + rutile; kyanite contains both omphacite and clinozoisite. Kyanite-free eclogite is medium-grained less-retrograded, bimineralic eclogite. Garnet–omphacite–kyanite–quartz geothermobarometry yielded a P = ~1.9–2.1 GPa and T = ~920–960°C for eclogite stage and P = ~1.3–1.6 GPa and T = ~900–940℃ for high-pressure granulite stage.

LA-ICPQMS zircon U–Pb geochronology for the eclogites revealed that time-lag Δt between collision at ~588 Ma and granulite-facies recrystallization at ~559 Ma was ~30 m.y. Zircon growth during eclogite-facies was confirmed by both mineral inclusions and trace-element abundances. In-situ zircon dating using petrographic thin-sections also confirmed the timing of granulitization. The inferred Δt of ~30 m.y. is consistent with other continental collision zones even in Cenozoic orogens in the literatures.

キーワード：エクロジャイト、グラニュライト化、ジルコンU-Pb年代、局所年代分析、新原生代、東アフリカ
Keywords: Eclogite, Granulitization, Zircon U-Pb age, In-situ dating, Neoproterozoic, East Africa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Switching of metamorphic growth kinetics due to volume fraction of metamorphic fluid

*宮崎 一博[1]
*Kazuhiro Miyazaki[1]

1. 産業技術総合研究所　地質情報研究部門　地殻岩石研究グループ
1. Orogenic Processes Research Group, Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan/National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

In general, it is predicted that the growth kinetics should switch from interface-controlled to diffusion-controlled kinetics with increasing grain size. Rate constant and diffusion coefficient are required for estimate the critical grain size for the switching. It is assumed that the effective diffusivity is a product among diffusivity of solute in water, volume fraction of metamorphic fluid and tortuosity. Using rate constant of silicate in aqueous fluid and diffusion coefficient of solutes in aqueous fluids, the switching will occur around 1 mm in diameter at 500 degree C and 1 G Pa with 0.02 volume % of metamorphic fluid. The switching will occur around 1 cm with 0.2 volume % of metamorphic fluid, and will occur around 10 cm with 2 % volume of metamorphic fluid, respectively. Accompanying the switching with diffusional instability, growth kinetics can be predicted by degree of supersaturation. Recently, degree of supersaturation or reaction affinity, which is a function of degree of supersaturation, were reported from different metamorphic belts (e.g. Miyazaki, 2015; Spear and Pattison, 2017). Typical value for reaction affinity of the nucleation of a porphyroblast, such as garnet, is 300 J/mol oxygen (Spear and Pattison, 2017). Using this value, diffusional instability will occur above 1 μm. Therefore, garnet should grow unstable and result in highly irregular morphology after the switching. However, such garnet is rare in general regional metamorphic belt. In other word, existence of euhedral to subhedral garnet larger than cm-scale implies interface-controlled growth under sufficient metamorphic fluid condition at deep crustal depths. Unlike in the case of garnet porphyroblast, matrix mineral, such as phengite, probably grew by interface-controlled dissolution-precipitation with non-hydrostatic condition, because supersaturation of the dissolution-precipitation is perhaps much lower than that of net-transfer reaction and size of phengite is usually less than 1 mm.

キーワード：変成作用、変成反応、ガーネット
Keywords: Metamorphism, Metamorphic reaction, Garnet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

コンビーナ:針金 由美子(産業技術総合研究所)、中村 佳博(国立研究開発法人産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、座長:遠藤 俊祐(島根大学 総合理工学部 地球科学科)、大柳 良介(国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

15:30 ~ 15:45

[SMP32-13] 日本列島造山帯の初期沈み込み記録: 木頭名結晶片岩の年代学再訪

*松永 翔太[1]、辻森 樹[1]、宮下 敦[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3] (1.東北大学、2.成蹊大学、3.岡山理科大学)

15:45 ~ 16:00

[SMP32-14] Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

*辻森 樹[1]、原 智美[1]、進士 優朱輝[1]、石坂 知裕[1]、宮島 宏[2]、木村 純一[3]、青木 翔吾[4]、青木 一勝[4] (1.東北大学、2.フォッサマグナミュージアム、3.海洋研究開発機構、4.岡山理科大学)

16:00 ~ 16:15

[SMP32-15] スパースモデリングにより捉えた沈み込みスラブの発展的組成変化

*吉田 健太[1]、桑谷 立[1,2]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、赤穂 昭太郎[3] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、2.科学技術振興機構 さきがけ、3.産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SMP32-16] Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology: Applications

*古川 旦[1]、辻森 樹[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[4] (1.東北大学地球惑星物質科学科、2.東北大学、3.岡山理科大学生物地球学部、4.岡山理科大学　理学部　基礎理学科)

16:30 ~ 16:45

[SMP32-17] X線CTを用いた断層岩の3次元構造解析ー野島断層を例としてー

*西脇 隆文[1]、林 愛明[1]、劉 炳成[1] (1.京都大学)

16:45 ~ 17:00

[SMP32-18] High- and low-stress subduction zones recognized in the rock record

*石井 和彦[1]、ウォリス サイモン[2] (1.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

日本列島造山帯の初期沈み込み記録: 木頭名結晶片岩の年代学再訪
Early Paleozoic subduction-zone metamorphism in Japan: A geochronological reappraisal of Kitomyo Schists

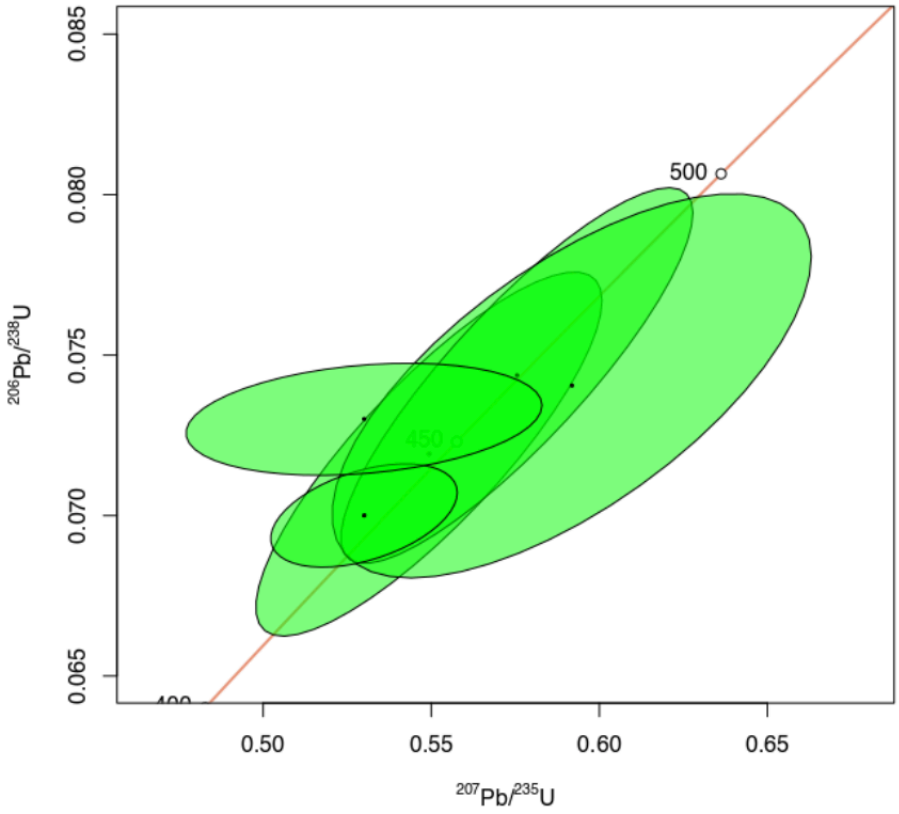
*松永 翔太[1]、辻森 樹[1]、宮下 敦[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[3]
*Shota Matsunaga [1], Tatsuki Tsujimori[1], Atsushi MIYASHITA[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[3]

1. 東北大学、2. 成蹊大学、3. 岡山理科大学
1. Tohoku University, 2. Seikei University, 3. Okayama University of Science

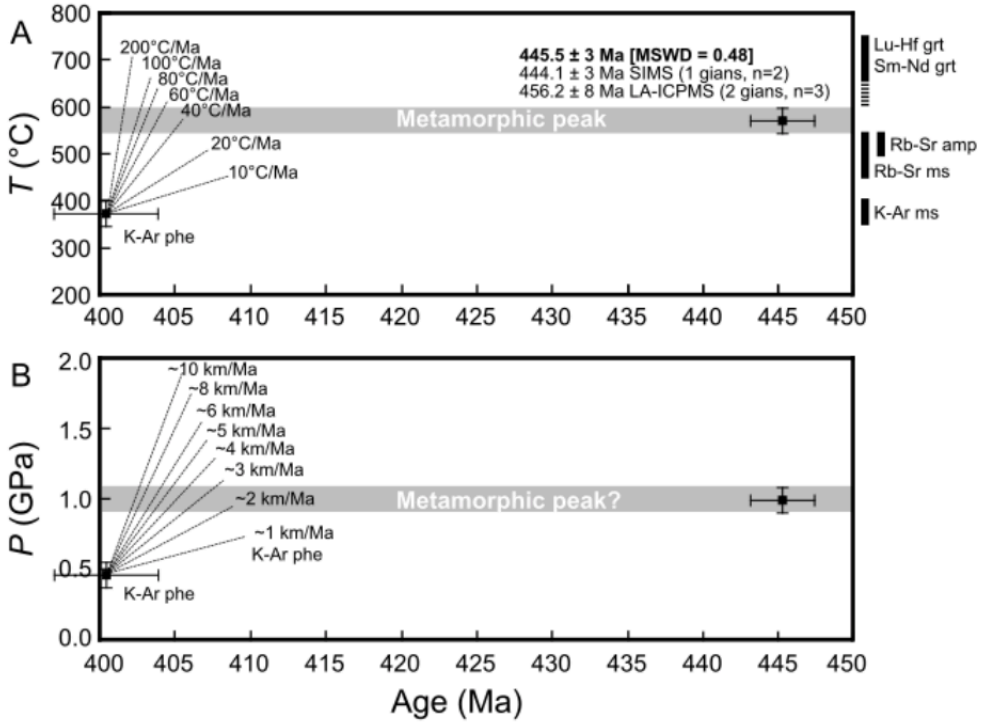
Early Paleozoic subduction-related high-pressure metamorphic rocks have been reported from the Kitomyo Schists of the Kurosegawa Belt (Maruyama and Ueda 1975 [doi: 10.2465/ganko1941.70.47]) and the Fuko Pass Metacumulates (FPMC) of the Oeyama Belt (Tsujimori and Liou 2004 [doi: 10.1111/j.1525-1314.2004.00515.x]). In order better to understand the earliest subduction zone record of the ‘proto-Japan’, we revisited the Kitomyo Schists petrologically and gecohronologically. The metasedimentary sample is a well-deformed, quartzo-feldspathic mica schist, with the mineral assemblage of garnet + clinozoisite + phengite (Si p.f.u. = 3.3–3.5) + quartz + albite. Euhedral grains show distinct prograde chemical zoning in spessartine decrease toward the rims. The lack of biotite, oligoclase and paragonite indicate that the schist underwent a HP intermediate type metamorphism. The metabasaltic rock is a well-deformed, amphibolite. Although the amphibolite was overprinted severely at a greenschist-facies condition, relict barroisitic amphibole [B]Na (Na in the B-site) = ~0.69 and rutile, indicating HP metamorphism. LA-ICPQMS and HR-SIMS zircon geochronology yielded 445.5 ±3 Ma for the timing of HP intermediate type metamorphism of the Kitomyo Schists. Metamorphic zircon in metasedimentary sample is characterized by lower U (117–132 μg/g) and lower Th (34–143 μg/g) than detrital magmatic zircons. Our reapproval suggests that the Kitomyo Schists formed in an Early Paleozoic subduction zone with geothermal gradient in the order of ~15°C/km. Such a relatively high geothermal gradient in the subduction zone has produced the HP intermediate type metamorphism. The earliest subduction record in the ‘proto-Japan’ was not ‘cool’ enough to produce blueschist.

キーワード：変成ジルコン、ジルコン年代学
Keywords: metamorphic zircon, zircon geochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



LA-ICPQMS and HR-SIMS U-Pb analysis of metamorphic zircons. Data are plotted on Concordia diagram



P-T condition of metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

Dating a 'princess': U–Pb age determination of 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)

*辻森 樹[1]、原 智美[1]、進士 優朱輝[1]、石坂 知裕[1]、宮島 宏[2]、木村 純一[3]、青木 翔吾[4]、青木 一勝[4]
*Tatsuki Tsujimori[1], Tomomi Hara[1], Yuzuki Shinji[1], Tomohiro Ishizaka[1], Hiroshi Miyajima[2], Jun-Ichi Kimura[3], Shogo Aoki[4], Kazumasa Aoki[4]

1. 東北大学、2. フォッサマグナミュージアム、3. 海洋研究開発機構、4. 岡山理科大学
1. Tohoku University, 2. Fossa Magna Museum, 3. JAMSTEC, 4. Okayama University of Science

'Nunakawaite' (strontiojoaquinite) is an orthorhombic variety of strontiojoaquinite [$Sr_2Ba_2(Na,Fe)_2Ti_2[Si_4O_{12}]_2O_2(O,OH)_2{\cdot}H_2O$]; it is a rare joaquinite group mineral that is only found in a riebeckite-bearing albitite in the serpentinite-matrix mélange of the Itoigawa–Omi area. The mineral was originally named after 'Princess Nunakawa' (*nunakawa hime*) in the Japanese Shinto mythology '*Kojiki*'.

'Nunakawaite' is characterized by remarkably high Ba, Zr, Nb, Zn, LREEs, MREEs, and enriched in U (35.8–721 $\mu g{\cdot}g^{-1}$), Pb (2.2–31 $\mu g{\cdot}g^{-1}$), and Th (7.42–2365 $\mu g{\cdot}g^{-1}$). LA-ICPMS analyses show highly variable U/Pb ($^{238}U/^{206}Pb$ = 9.245–68.98) and Pb ($^{207}Pb/^{206}Pb$ = 0.0758–0.756) isotope ratios, and the scattered trend define an isochron line with a lower intercept at 89.19 ±1.07 Ma. The 'nunakawaite' U–Pb age confirms that the 'nunakawaite'-hosted riebeckite-bearing albitite formed at late Cretaceous. This implies that the serpentinite-matrix mélange unit with early Paleozoic jadeitites and late Paleozoic blueschist, eclogite and amphibolite was reactivated by a significantly younger tectonic event.

In-situ Sr-Pb isotope analyses show two different isotope trends between Sr-rich accessory minerals in riebeckite-bearing albitite ('nunakawaite' and ohmilite) and those in jadeitite (itoigawaite, stronalsite, vesvianite, Sr-rich epidote). The Sr-Pb isotopes also support the idea that the riebeckite-bearing albitite formed by a fluid-induced metasomatic event different from the jadeitite-forming metasomatism at early Paleozoic. The formation of riebeckite-bearing albitite at ~90 Ma is coeval with late Cretaceous granitic intrusion of the Omi area (youngest zircon U–Pb: 90.8 ±1.1 Ma: Nagamori et al. 2018). The granitic intrusion might have acted an important role in the formation of 'nunakawaite'. In other words, reactivation of metasomatic mineralization in the Paleozoic serpentinite mélange is recorded in the Cretaceous riebeckite-bearing albitite.

キーワード：'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite)、U–Pb dating、metasomatism、serpentinite mélange、Itoigawa–Omi area
Keywords: 'nunakawaite' (strontio-orthojoaquinite), U–Pb dating, metasomatism, serpentinite mélange, Itoigawa–Omi area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

スパースモデリングにより捉えた沈み込みスラブの発展的組成変化
Modeling of the progressive evolution of subducting slab composition by sparse modeling

*吉田 健太[1]、桑谷 立[1,2]、上木 賢太[1]、大柳 良介[1]、赤穂 昭太郎[3]
*Kenta Yoshida[1], Tatsu Kuwatani[1,2], Kenta Ueki[1], Ryosuke Oyanagi[1], Shotaro Akaho[3]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）、2. 科学技術振興機構 さきがけ、3. 産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. PRESTO, Japan Science and Technology Agency, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

The progressive evolution of subducting rocks under intermediate high-*P/T* type metamorphism is modelled by using thermodynamic calculation combined with mass-transfer calculation. On the basis of non-negative matrix factorization analysis, Yoshida et al. (2018 J. Metamorph. Geol.) pointed out the evolutional change of the composition of metapelites collected from the Sanbagawa metamorphic belt. The evolutional change can be approximated as the increase of stoichiometric garnet, which may have resulted from the fixation of garnet and the effusion of other components by high-temperature aqueous fluids. To model this progressive compositional evolution more quantitatively, we performed mass-transfer calculation to determine a specific reference frame of the evolutionally-changing whole-rock compositions. Generally, mass-transfer calculation defines one or multiple immobile elements on the basis of petrographic observation, common knowledge of mobility of elements, deviation of the concentration among the dataset used, and so on (e.g., Baumgartner and Olsen, 1995; Ague 2011). The Data-driven Isocon analysis, newly proposed method applying a sparse modeling approach, is designed to determine reference frame of mass-transfer being mostly free from the arbitrariness to choose immobile element(s), and also applicable for the case where no elements can be assumed as a completely immobile element (Kuwatani et al., 2019 in this meeting M-GI33). This new method defines a reference frame of a series of dataset on the basis of the data structure, finding a least-mobile (not necessary to be “immobile”) element. To figure out the mass gain/loss behavior of the subducting metapelites, applying the Data-driven Isocon analysis is suitable because (1) the dataset show weak but mostly monotonous compositional trend (Yoshida et al., 2018); (2) it is difficult to assume a specific immobile element on the basis of the petrographic observation provided previously. We performed the Data-driven Isocon analysis to the major component dataset of the metapelites collected from the Sanbagawa metamorphic belt of the central Shikoku (Goto et al., 1996). The Isocon analysis indicated a total of 6% of mass loss during the progressive metamorphism, which is characterized by the decrease of Na and Si and the increase of divalent cations assuming Al as the least-mobile element. This result indicated that the evolutional change of the Sanbagawa metapelites is characterized not only by mass loss possibly because of the high-temperature fluid, but also some addition of mafic components. Among the high metamorphic grade zone (> garnet zone) of the relevant area, common existence of the ultramafic blocks are observed, suggesting the previous contact with the wedge mantle (Aoya et al., 2013). The addition of the mafic components may have originated from the material transfer from the ultramafic bodies. On the basis of actual mass loss obtained from the Isocon analysis and the thermodynamic modelling, the water production rate can be calculated (e.g., Dragovic et al., 2018). From the chlorite zone (approximately 350 degC, 0.5 GPa) to the oligoclase-biotite zone (approximately 610 degC, 1.0 GPa), water production rate of 64 kg/m3/Myr, being consistent with the previously indicated values (6-90 kg/m3/Myr: Peacock, 1989; 5-20 kg/m3/Myr: Lyubetskaya and Ague, 2009), was obtained.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：三波川変成帯、沈み込み帯、スパースモデリング、深部流体
Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, subduction zone, sparse modeling, deep fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bayesian statistical evaluation method for detrital zircon geochronology: Applications

*古川 旦[1]、辻森 樹[2]、青木 翔吾[3]、青木 一勝[4]
*Tan Furukawa[1], Tatsuki Tsujimori[2], Shogo Aoki[3], Kazumasa Aoki[4]

1. 東北大学地球惑星物質科学科、2. 東北大学、3. 岡山理科大学生物地球学部、4. 岡山理科大学　理学部　基礎理学科
1. Tohoku University, Department of Earth Science, 2. Tohoku University, 3. Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 4. Department of Applied Science Okayama University of Science

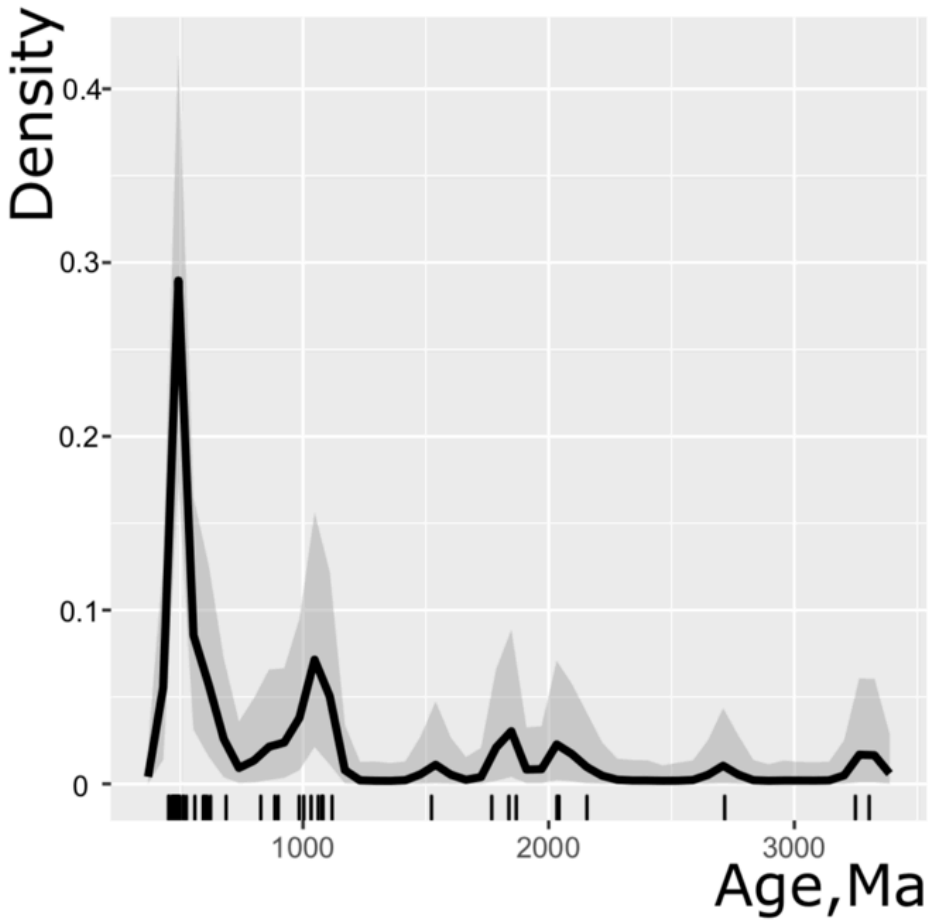
Detrital zircon geochoronology is an essential method for determining the provenance and maximum depositional age of sedimentary and metamorphic strata. The age distribution is conventionally evaluated by using histograms. However the lack of the statistical verification of the histograms can cause misunderstanding of data. In order to overcome the raised statistical issues, we established new statistical evaluation method to evaluate distribution for detrital zircon ages, based on Bayesian Statistics (Furukawa and Tsujimori, 2019 JpGU, session M-GI33). As the application of our new statistical evaluation method, LA-ICPMS U-Pb dating for detrital zircon separates from the Carboniferous lawsonite-bearing metagreywacke of the Osayama serpentinite mélange (OSM) and the Cretaceous arkose sandstone of the Akaiwa Formation (AFS), Tetori Group was conducted.

The OSM of the Renge Belt tectonically overlies the pre-Triassic geotectonic units of the Chugoku Mountains (e.g., Tsujimori 1997 Min. Mag.; Tsujimori and Itaya 1999 IAR). The geological and lithological features are similar to those of late Paleozoic blueschist-bearing serpentinite mélange units of the Kurosegawa Belt in Shikoku, Kyushu and Kii Peninsula. Our new data shows that the OSM zircons show at least bimodal age distributions at ~500 Ma and ~1,100 Ma with 95% certainty; the group of the oldest concordant ages reaches 3,300 Ma and the youngest concordant age was 412 Ma.Comparison with existing data in the literatures (e.g. metasediments in the Kii Peninsula: Yoshimoto et al. 2013 JMPS), our Bayesian-based statistical evaluation shows a strong similarity.

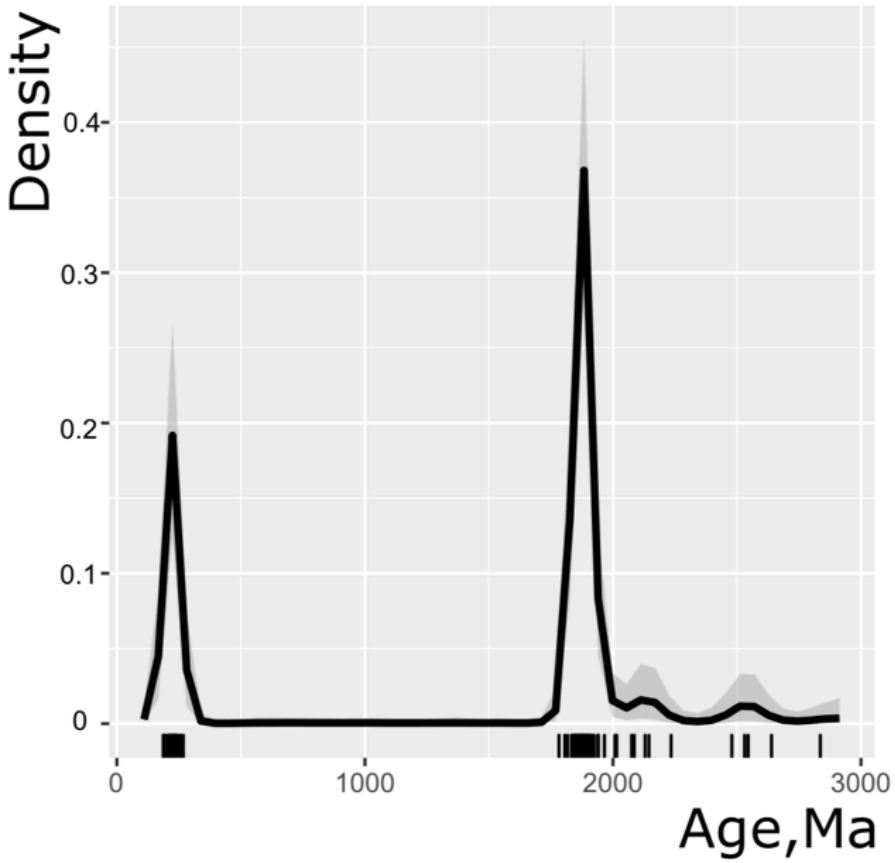
We also applied our new evaluation method to the Tetori Group sandstones. The youngest grain yields 187 Ma, and the oldest concordant age was 2,940 Ma. Our evaluation found statistical 'discrepancy' with more than 90% certainty between our AFS data and the existing data of the Itsuki Formation (Kawagoe et al., 2012 Mem. FPDM), which stratigraphically occupy higher portion of the AFS and unconformably overlies the AFS. Throughout the two applications, we introduce how our new statistical evaluation works and its advantages in geological sciences.

キーワード：ベイズ統計学、砕屑性ジルコン年代学
Keywords: Bayesian statistics, detrital zircon geochoronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



The distribution of OSM detrital zircons and its 95% credible interval



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X線CTを用いた断層岩の3次元構造解析ー野島断層を例としてー
3D structural analysis using X-ray Computed Tomography technique: a case study for fault rocks from the Nojima Fault, southwest Japan

*西脇 隆文[1]、林 愛明[1]、劉 炳成[1]
*Takafumi Nishiwaki[1], Aiming Lin[1], Bingcheng Liu[1]

1. 京都大学
1. Kyoto University

活断層せん断帯における断層岩の構造には、断層運動のメカニズム解明のために重要な情報が残されている場合がある（例えばLin et al, 2013; Lin and Nishiwaki, 2019）。これは、断層岩の巨視的ー微視的な変形組織構造が、断層発達過程における一連の変形過程によって、ある空間的広がりを持って形成されるためである（Lin, 2008）。従って断層せん断帯の巨視的ー微視的組織構造の空間変化を理解するためには、断層岩構造の3次元（3D）解析が重要であるといえる。　本研究で我々は、1995年神戸地震において活動した野島断層帯において実施された科学掘削プロジェクト“Drilling into Fault Damage Zone (DFDZ)”で得られた断層ガウジを含む断層岩試料に対して、X線CT法（XCT）による3次元構造解析を実施した。XCTは、試料の3次元イメージを密度と化学組成で決まるCT値によって非破壊で得ることができる。掘削調査および3次元構造解析によって、野島断層に沿って発達する断層破砕帯は幅約60 mであり、厚さ約15~30 cmの断層ガウジ帯を含むことが明らかとなった(Nishiwaki et al., 2018; Lin and Nishiwaki, 2019)。断層ガウジ帯は、厚さ1-2 mmから約10 cmの色調の異なる複数のガウジ層からなり、各ガウジ層中には層と平行もしくはやや斜交して面構造が発達する。XCTによる3次元構造解析では以下のことが明らかとなった：1) 主断層面とした断層面は二つの断層ガウジ層の間に明瞭に認められ、周囲の断層ガウジ層および角礫をせん断する。2) 各断層ガウジ中にはX-Z面において、複合面構造が発達しており、その面構造は右横ずれのせん断センスを示す。このせん断センスは地形地質学的痕跡から推定されるせん断センスと調和的である。3) 細粒破砕物質が周囲の断層岩中に注入し、複雑な空間分布を示すネットワーク構造を形成する。以上の結果は、XCTは従来の解析手法と組み合わせることによって、断層岩の3次元組織構造解析のために有用なツールになることを示している。

引用文献
1) Aiming Lin, 2008. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes. Springer, Berlin, 348p (ISBN 978-3-540-74235-7).
2) Lin, A., Yamashita, K., Tanaka, M., 2013. J. Struct. Geol., 48, 3-13. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2013.01.005.
3) Lin, A., Nishiwaki, T., 2019. Geophys. Res. Lett., doi: 10.1029/2019GL081927. https://doi.org/10.1029/ 2019GL081927.
4) Nishiwaki, T., Lin, A., Lin, W., 2018. Geophys. Res. Lett., 45, 12814-12820, https://doi.org/10.1029/2018GL079317.

キーワード：野島断層、断層岩、構造解析、CTスキャン
Keywords: Nojima fault, fault rock, structural analysis, CT scan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High- and low-stress subduction zones recognized in the rock record

*石井 和彦[1]、ウォリス サイモン[2]
*Kazuhiko Ishii[1], Simon Richard Wallis[2]

1. 大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Physical Science, Graduate School of Sciences, Osaka Prefecture University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, The University of Tokyo

Knowledge of the frictional strength along subduction plate boundaries is an essential part of understanding the conditions necessary for plate tectonics, the processes leading to great earthquakes occur along subduction megathrusts and the thermal structure of subduction zones. The frictional strength of faults increases with depth until ductile deformation becomes dominant and is usually expressed as the ratio of shear to normal stress known as the coefficient of friction, mu or the apparent coefficient, mu', when the effects of fluid pressure are taken into account. Lamb (2006) uses force balance for forearc domains to infer mu' = 0.03-0.09 along subduction boundaries. Gao and Wang (2014) infer mu' = 0.02-0.13 based on the comparison between heat flow data and numerical modeling, while England (2018) estimates relatively uniform values mu' = 0.05-0.07 from analytical modeling of heat flow data. In addition, a global 3D thermo-mechanical model presented by Osei Tutu et al. (2018) suggests the average mu' along plate boundaries is required to be <= 0.05 to match the observed present-day plate motion and net rotation.

The published estimates of mu' for subduction boundaries are significantly lower than Byerlee's Law (mu' ~ 0.4, assuming hydrostatic fluid pressure) and closer to values published for seismic slip rates with mu' ~ 0.1 (Di Toro et al., 2011). However, estimates for different subduction zones or obtained by different methods show variations over an order of magnitude. It is desirable to obtain direct estimates of shear stresses from ancient subduction zones both as an independent test of the suggested values and because if high- and low-stress subduction zones can be identified in the ancient record then observations of the associated geology can help identify those characteristics that are responsible for differences in shear strength along subduction zone boundaries.

Thermal modelling shows that high- and low-stress subduction zones can potentially be recognized in the ancient record based on the shape of the prograde P-T path in the forearc region. For all but very young and very slowly subducting slabs, high-stress subduction can be distinguished by curved P–T paths with higher P/T gradients at greater depths. Low-stress subduction over the same domain results in straight paths.

The Cretaceous Sanbagawa belt of SW Japan records metamorphism developed as a result of rapid (20-24 cm/yr) subduction of the Izanagi plate with a slab age of around 60 Ma. The prograde P-T paths show the characteristics predicted for high-stress subduction. Comparisons with thermal modelling suggest an apparent coefficient of friction, mu', of > 0.11, and the corresponding peak shear stresses are ~60 MPa.

Prograde P–T paths and geochronological information from high grade blocks of the Franciscan Complex, USA, indicate rapid cooling during the initial 10-20 Myr subduction with low mu' <= 0.02.

P–T paths in subduction-type metamorphic belts have the potential to be used as paleo stress indicators.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examining differences between high- and low-stress subduction-type metamorphic belts can help determine what controls the strength of different subduction boundaries and assess the potential for great earthquakes in modern settings.

キーワード：高圧型変成岩、沈み込み境界の応力、三波川帯、フランシスカン　コンプレックス
Keywords: High pressure metamorphic rocks, Stress along subduction boundaries, Sanbagawa belt, Franciscan complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[SMP33-01] CO_2を含むメラノフロジャイトの高温その場ラマン分光研究

*神崎 正美[1] (1.岡山大学惑星物質研究所)

9:15 ~ 9:30

[SMP33-02] カルサイト構造をもつ炭酸バリウムの合成と炭酸イオンの無秩序化

*鍵 裕之[1]、斉藤 綾花[1]、小松 一生[1]、川野 潤[2] (1.東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設、2.北海道大学大学院理学研究院)

9:30 ~ 9:45

[SMP33-03] In-situ Raman spectroscopy of ε-FeOOH under high pressures

*池田 理[1]、坂巻 竜也[1]、鈴木 昭夫[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

9:45 ~ 10:00

[SMP33-04] **Strong hydrogen-bond generation in dense hydrous magnesium silicate phase E observed by single-crystal neutron diffraction**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Christina Hoffmann[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Neutron Scattering Division, Neutron Sciences Directorate, Oak Ridge National Laboratory)

10:00 ~ 10:15

[SMP33-05] **Water partitioning between upper mantle minerals and melts**

*Dmitry Bondar[1]、Hongzhan Fei[1]、Tony Withers[1]、Tomoo Katsura[1] (1.Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany)

10:15 ~ 10:30

[SMP33-06] $MgSiO_3$ メージャライトの落下溶解エンタルピー測定

*糀谷 浩[1]、野田 昌道[2]、井上 徹[2,3]、赤荻 正樹[1] (1.学習院大学理学部化学科、2.愛媛大学　GRC、3.広島大学大学院地球惑星システム学科)

CO_2を含むメラノフロジャイトの高温その場ラマン分光研究
High-temperature Raman spectroscopic study of CO_2-containing melanophlogite

*神崎 正美[1]
*Masami Kanzaki[1]

1. 岡山大学惑星物質研究所
1. Institute for Planetary Matereials, Okayama University

緒言：メラノフロジャイトはシリカ鉱物の一種で、クラスレート構造を持つ。その構造は２種のカゴからなり、12個の５員環からなるM^{12}カゴと、それにさらに2個の6員環が加わったM^{14}カゴがある。過去の結晶構造解析からは、CO_2はより大きなM^{14}カゴに主に入っていると考えられている。数年前に我々はCO_2を含むメラノフロジャイトに強くてブロードな低周波数ラマンピークがあることを発見した。このピークの原因を探るために、熱処理実験と1100 °Cまでの高温その場ラマン分光観察を行った。

実験方法：顕微ラマンスペクトルはシングルモノクロメーター、CCD検出器と低周波数が測定できるOndax SureBlockフィルターからなる自家製のラマンシステムで取得した。熱処理にはマッフル炉を使い、その場観察にはワイヤーヒーターを使った。イタリアのFortunillo産の球状メラノフロジャイト単結晶を砕き、破片を実験に使用した。

結果と議論(低周波数ピークの起源)**：**熱処理実験において、950 °C6 h保持条件では、CO_2の振動ラマンピーク（Fermi diad）強度から判断して、ほとんどCO_2が脱ガスしたメラノフロジャイトが得られた。同時に低周波数ピークもほぼ消えた。より低温や短時間の条件ではまだ残っているCO_2の振動ピークが観察された。また、そのようにして得られた試料のCO_2振動ピークが分裂していることを新たに見出した。

その場高温観察においては、CO_2の総積分振動ピーク強度が450 °Cくらいから低下することが観察され、同時に低周波数ピークの強度も低下した。それらのピークは1100 °Cで完全に消えたが、メラノフロジャイト自体はまだ安定であった。これらの観察から、低周波数ピークはメラノフロジャイト自体ではなくて、CO_2に由来するものと結論づけた。そして、CO_2分子のカゴ内でのlibrationalとtranslationalモードが低周波数ピークの起源だと推定した。したがって、メラノフロジャイトの脱ガス過程は、CO_2の振動ピークだけではなくて、低周波数ピークを使っても調べることができることになる。

(CO_2振動ピークの分裂)**：**その場観察から、450 °CくらいからCO_2振動ピークが分裂する（正確には新しいピークが高周波数側に出現して温度とともにその強度を増加させる）ことに気づいた。この分裂はある程度は急冷可能で、それは前述の熱処理実験の結果でも見られた。メラノフロジャイト中におけるCH_4とH_2Sの振動ピークについては、分裂があることが既に知られており、分子がM^{12}とM^{14}カゴ両方に入っているためと解釈されている。我々の観察したCO_2振動ピーク分裂も同様に解釈できるであろう。CO_2のピーク分裂については、極低温における１例を除いて、報告がこれまでなかった。我々の実験から、450 °C以上で最初M^{14}カゴに入っていたCO_2が、高温になることで隣接するM^{12}やM^{14}カゴに移動できるようになり、M^{12}カゴのCO_2振動ピークが出現したと解釈できる。M^{14}カゴは隣のM^{14}カゴと6員環を共有して１次元の鎖を作るので、M^{14}からM^{14}への移動は長距離の拡散となり、これが脱ガスに寄与する。一方で、M^{14}からM^{12}への移動はピーク分裂に寄与する。したがって、高温その場ラマン分光測定は、メラノフロジャイトにおけるCO_2（および他のガス分子）の拡散を詳細に調べるために有用であると言える。

キーワード：二酸化炭素含有メラノフロジャイト、高温その場ラマン分光、低周波数ラマン分光、包摂化合物、脱ガス過程
Keywords: CO2-containing melanophlogite, In-situ high-temperature Raman spectroscopy, Low-frequency Raman spectroscopy, clathrasil, degassing process

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

カルサイト構造をもつ炭酸バリウムの合成と炭酸イオンの無秩序化
Synthesis of barium carbonate with calcite structure and rotational disorder of carbonate ions

*鍵 裕之[1]、斉藤 綾花[1]、小松 一生[1]、川野 潤[2]
*Hiroyuki Kagi[1], Ayaka Saito[1], Kazuki Komatsu[1], Jun Kawano[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設、2. 北海道大学大学院理学研究院
1. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. Fuculty of Science, Hokkaido University

Structures of divalent metal carbonate is constrained by the ionic radii of cations. Cations larger than Ca^{2+} take the aragonite structure and cations smaller than Ca^{2+} take the aragonite structure. Barium carbonate (witherite) takes the aragonite structure and Ba2+ is incompatible to calcite. We have reported that large incompatible cations can be introduced to calcite through amorphous calcium carbonate (ACC). In this study, we synthesized $Ba_{0.7}Ca0.3CO_3$ with the calcite structure by heating treatment on ACC containing Ba^{2+}. The obtained crystal can be interpreted as Ca-containing barium carbonate with the calcite structure, which cannot be found in nature or synthesized from a direct precipitation from the supersaturated solutions.

X-ray diffraction (XRD) patterns of Ba-doped calcite measured at 300 K shows the extinction of 113 reflection with increasing Ba concentration (see Figure 1). The extinction of the 113 reflection was reported on pure calcite at temperatures higher than 1240 K (Ishizawa et al., 2013). The change was attributed to the rotational disorder of CO_3^{2-} ions. In contrast, we have observed the extinction of 113 reflection on the Ba-doped calcite at 300 K.

To investigate the behavior of CO_3^{2-} ions at an atomistic level, molecular dynamics (MD) simulation of Ba-doped calcite was conductedusing the MD program, MXDTRICL (Kawamura 1997). Intensity ratio of reflections 113 to 104 (I_{113}/I_{104}) was measured from XRD patterns obtained from experimental study and MD simulation. $I_{113}/I_{104}$from experiment dropped to 0 at Ba/(Ba + Ca) = 26.8 ±1.6 mol% while that of MD-simulated Ba-doped calcite gradually weakened and did not fall to zero. MD simulations of 25.5% and 50.9% Ba-doped calcite at high temperature were also conducted. In 25.5% Ba-doped calcite, I_{113}/I_{104} remarkably dropped at around 1050 K with the structure of rotationally disordered CO_3^{2-} ions. The transition temperature to the rotational disorder was at around 850 K for 50.9% Ba-doped calcite. These simulated temperatures are much lower than the transition temperature (1250 K) obtained from MD simulation on pure calcite (Kawano et al., 2009). The simulated results showed that the transition temperature to the rotational disordered phase dramatically decreased with increasing Ba/(Ba + Ca) in calcite.

キーワード：炭酸バリウム、分子動力学シミュレーション、回転無秩序化、炭酸カルシウム（カルサイト）
Keywords: barium carbonate, molecular dynamics simulation, rotational disorder, calcium carbonate (calcite)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

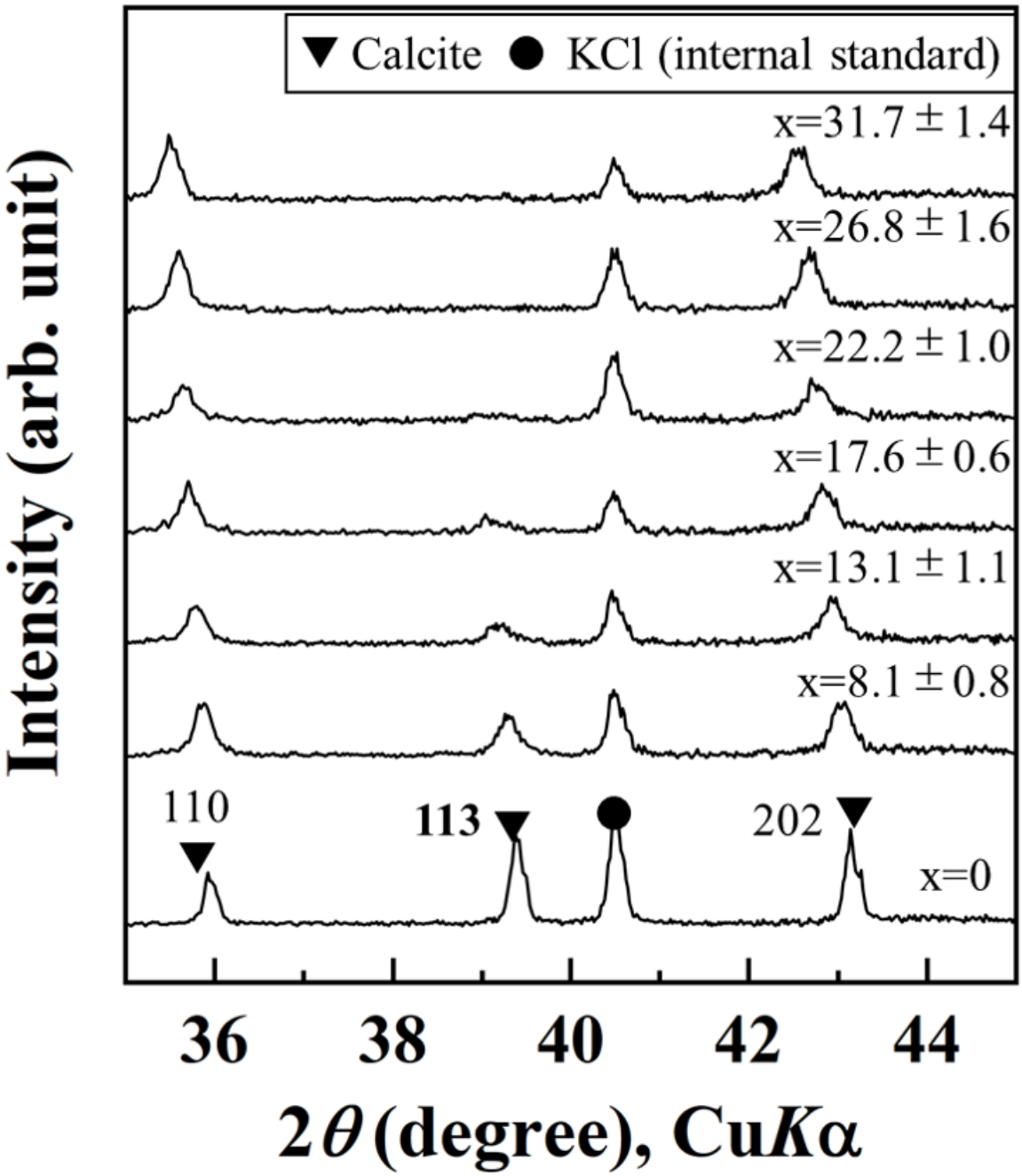


Figure 1. Broadening and disappearance of reflection 113 observed from powder X-ray patterns of Ba-doped calcite samples. x stands for Ba/(Ba+Ca) mol% in Ba-doped calcite.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In-situ Raman spectroscopy of ε-FeOOH under high pressures

*池田 理[1]、坂巻 竜也[1]、鈴木 昭夫[1]
*Osamu Ikeda[1], Tatsuya Sakamaki[1], Akio Suzuki[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University

ε-FeOOH is one of crucial high-pressure hydrous phases in the Earth's mantle, and is isostructural to δ-AlOOH. A first principles calculation (Gleason et al., 2013) has indicated pressure-induced hydrogen bond symmetrization at 43 GPa, and spin transition of iron at 65 GPa. These transitions cause changes in physical properties, and knowledge of the transition changes can help us to understand the behaviors of hydrous phases under high pressure.

We present a first study of Raman spectroscopy of ε-FeOOH at high pressure and room temperature. The measured sample was polycrystalline ε-FeOOH, which was synthesized in advance from a powder of reagent grade 99 % α-FeOOH at the pressure-temperature condition of 8 GPa and 480 ℃ for 2 hour. Micro-Raman spectrometer NRS-4100TOR (JASCO Corporation), which has a laser with the wavelength 532 nm and power 50 mW installed in Tohoku University, was used to obtain Raman spectra. Symmetric diamond anvil cell with 300 μm culet size was used to generate high pressure. The sample was loaded in the sample chamber of tungsten gasket with NaCl pressure medium. The pressure in the chamber was calculated by means of the ruby luminescence pressure scale (Dewaele et al., 2004).

Along compression, the frequencies of most of peak tops have positive pressure dependences but some peaks (298, 386, 698, and 1099 cm^{-1} at 15 GPa) changed the dependences to negative around 14 GPa. Above 15 GPa some peaks (197, 298, and 443 cm^{-1} at 15 GPa) disappeared and the others (364, 386, 549, 646, 698, and 1099 cm^{-1} at 15 GPa) jumped by frequency 10–30 cm^{-1}. This change around 15 GPa may correspond to the replacement of vibrational modes in Raman spectra of δ-AlOOH at the pressure of 5.6 GPa (Mashino et al., 2016), which indicates a hydrogen-bond related space-group transition from $P2_1nm$ to *Pnnm* (Tsuchiya et al., 2008).

Reference:
Dewaele, A., Loubeyre, P., and Mezouar, M. (2004). Equations of state of six metals above 94 GPa. Phys. Rev. B *70*, 094112.
Gleason, A.E., Quiroga, C.E., Suzuki, A., Pentcheva, R., and Mao, W.L. (2013). Symmetrization driven spin transition in ε-FeOOH at high pressure. Earth Planet. Sci. Lett. *379*, 49–55.
Mashino, I., Murakami, M., and Ohtani, E. (2016). Sound velocities of δ-AlOOH up to core-mantle boundary pressures with implications for the seismic anomalies in the deep mantle. J. Geophys. Res. Solid Earth *121*, 595–609.
Tsuchiya, J., Tsuchiya, T., and Wentzcovitch, R.M. (2008). Vibrational properties of δ-AlOOH under pressure. Am. Mineral. *93*, 477–482.

キーワード：ε-FeOOH、high pressure、Raman spectroscopy、H-bond symmetrization
Keywords: ε-FeOOH, high pressure, Raman spectroscopy, H-bond symmetrization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Strong hydrogen-bond generation in dense hydrous magnesium silicate phase E observed by single-crystal neutron diffraction

*Narangoo Purevjav[1], Takuo Okuchi[1], Christina Hoffmann[2]

1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Neutron Scattering Division, Neutron Sciences Directorate, Oak Ridge National Laboratory

Dense hydrous magnesium silicates (DHMS) are considered as the most major water transporters in cold subducting slabs, which are descending into the deep mantle. Phase E [$Mg_2SiH_4O_6$ –ideal] is one of the most important DHMS phases which is stable at conditions between 13 –17 GPa and 800 –1200 ˚C [1]. Besides its stability at such high temperatures, it stores up to 18 wt.% of water within its crystal structure, which is one of the largest among DHMS phases. Thus phase E is one of the most important carriers and transporter of water in the subducting slabs. The crystal structure of phase E was first investigated by single crystal x-ray diffraction except for its hydrogen position [2]. Its structure has brucite-like layers of MgO6 octahedra which are crosslinked by SiO4 tetrahedra [2]. The hydrogen atoms were expected to be located between these MgO6 octahedra layers like those in brucite, $Mg(OH)_2$. The previous expectation on the structure of phase E was recently confirmed by our powder neutron diffraction study [3]. In contrast, present single-crystal neutron diffraction is conducted to investigate hydrogen bonding geometry in phase E structure, including the Debye-Waller factor of the hydrogen, for which we utilize much higher spatial resolution of the single crystal method. The method has been well confirmed to be very sensitive for investigating such properties of the hydrogen atoms within a series of hydrous minerals [4, 5].
We expect that such information is helpful to understand the reason of stability of phase E at the high-temperature condition. A deuterated phase E single crystal was measured by neutron time-of-flight single-crystal Laue diffraction at Spallation Neutron Source, Oak Ridge National Laboratory. From preliminary structure refinement results, we found that the covalent bond O-D was inclined and displaced from the three-fold axis. Such O-D inclination should occur due to interlayer strong hydrogen-bond generation in the phase E structure. The details of the results will be given in the presentation.

References: [1] Kanzaki, M. *Trans Am Geophys Union* (1991) **70**:508. [2] Kudoh, Y., Finger, L. W., Hazen, R. M., Prewitt, C. T., Kanzaki, M. and Veblen, D. R., *Phys. Chem. Minerals* (1993) **19**:357. [3] Tomioka, N., Okuchi, T., Purevjav, N., Abe, J. and Harjo, S., *Phys. Chem. Mineral.* (2016) **43**:267. [4] Purevjav, N., Okuchi, T., Tomioka, N., Wang, X. and Hoffmann, C. *Sci. Rep.* (2016) **6**:34988. [5] Purevjav, N., Okuchi, T., Wang, X., Hoffmann, C. and Tomioka, N. *Acta Cryst.* (2018) B**74**:115.

Keywords: hydrogen-bond, dense hydrous magnesium silicate, neutron diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Water partitioning between upper mantle minerals and melts

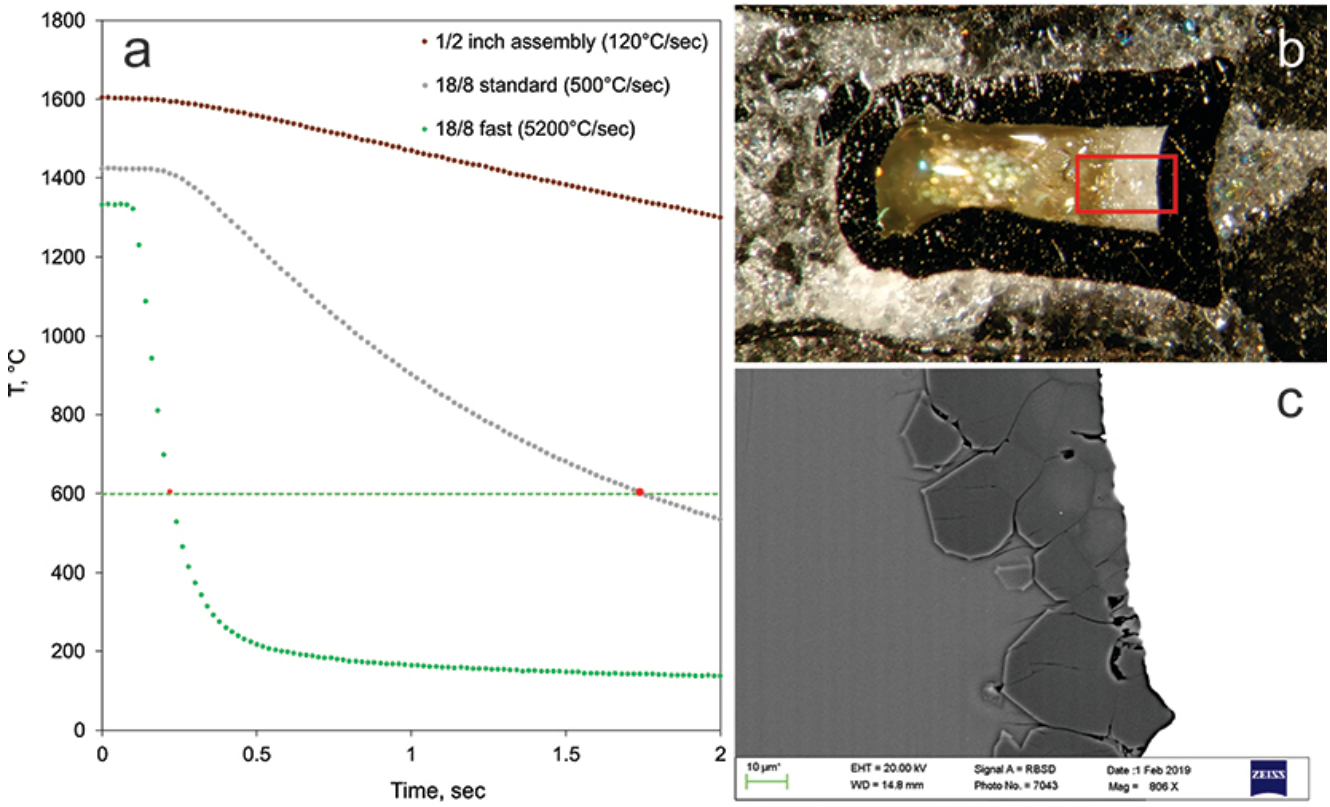
*Dmitry Bondar[1], Hongzhan Fei[1], Tony Withers[1], Tomoo Katsura[1]

1. Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany

Water in the Earth's upper mantle is predominantly stored in nominally anhydrous minerals (NAMs) such as olivine, orthopyroxene, clinopyroxene and garnet. Since incorporated water has a strong influence on mantle properties, namely melting temperature, rheology, electrical conductivity and seismic velocity, it is important to know the distribution of water among phases. Knowledge of how water partitions between upper mantle minerals and melts is essential for estimation of water content in incipient melts at different depths, water transport by these melts, and total amount of water in the upper mantle.
There are quite a few studies providing data on water partitioning between NAMs and melts. The most challenging part of these studies is to quench melt coexisting with mineral phases to form glass at elevated pressures (>2 GPa), which is necessary to measure water partitioning with high accuracy. It also becomes more difficult to quench melt with higher Mg/Si ratio into glass, which is necessary in order to crystallize olivine from the melt. Previous studies produced mantle minerals coexisting with quenched melt up to only 5 GPa, namely olivine up to 3 GPa, orthopyroxene up to 4 GPa, clinopyroxene and garnet up to 5 GPa. As a result, there is no systematic pressure, temperature and water content dependence of water partitioning from the data scattered over the narrow pressure range. Many authors also reported that glasses in some run products were not transparent, which implies micro-crystals may have crystallized in those studies.
The difficulty of quenching melt into glass lies in the insufficient cooling rate. The cooling rates of regular piston-cylinder and multi-anvil experiments used for these purposes are 120˚/sec and 500˚/sec, respectively. Quenching glass at elevated pressures and at various compositions is important not only for measuring water partitioning, but also for a number of other tasks, such as melt structure studies and partitioning of other components and elements.
The purposes of the present study are (1) to develop a multi-anvil technique allowing much faster cooling rate than conventional ones and (2) to measure water partitioning between upper mantle minerals and melts for a pressure range from 1 to 13 GPa, which covers the whole upper mantle. Our design for a fast-cooling multi-anvil technique has already been shown to produce a very high quenching rate (5200˚/sec) in comparison with those of regular piston cylinder and multi-anvil apparatus (120˚C/sec and 500˚C/sec, respectively) (Fig. 1a). Using this technique, completely transparent glass coexisting with garnet was successfully quenched at 6 GPa (Fig.1b,c). We plan to improve the fast quenching technique to allow quenching melts under even wider conditions.
Fig 1. (a) Comparison of cooling rate among different assemblies. 1/2 and 18/8 are piston-cylinder and multi-anvil assemblies, respectively. Cooling rate was calculated for the temperature range between target temperature and 600˚C; (b) Glass coexisting with garnet at 6 GPa; (c) BSE image of the area in the red box from picture b.

Keywords: Water partitioning, Water distribution, Upper mantle, Nominally anhydrous minerals , Quenched melts, Basaltic glass

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$MgSiO_3$ メージャライトの落下溶解エンタルピー測定
Drop-solution enthalpy measurement of $MgSiO_3$ majorite

*糀谷 浩[1]、野田 昌道[2]、井上 徹[2,3]、赤荻 正樹[1]
*Hiroshi Kojitani[1], Masamichi Noda[2], Toru Inoue[2,3], Masaki Akaogi[1]

1. 学習院大学理学部化学科、2. 愛媛大学　GRC、3. 広島大学大学院地球惑星システム学科
1. Department of Chemistry, Faculty of Science, Gakushuin University, 2. GRC, Ehime University, 3. Dept. of Earth and Planetary systems Science, Hiroshima University

地球の主要なマントル構成鉱物の一つと考えられている珪酸塩ガーネットには、深さの増大に伴って輝石成分が固溶していく。$MgSiO_3$メージャライト（Mj）は、そのような輝石成分を固溶した珪酸塩ガーネットを熱力学的に取り扱うための重要な端成分である。最近、我々は$MgSiO_3$ Mjの定圧熱容量および標準エントロピーを実験的に決定した。これらの新しい熱力学データとYusa et al. (1993)やSaikia (2008)により報告されている$MgSiO_3$ Mjのエンタルピーデータを組み合わせて$MgSiO_3$系の*P-T*相図の熱力学計算を行うと、計算される$MgSiO_3$ Mjの安定領域は、これまでの$MgSiO_3$系の高圧相関係実験結果と調和的ではない。そこで、本研究では、落下溶解エンタルピー測定を行うことにより$MgSiO_3$ Mjの標準生成エンタルピー値を再決定し、熱力学的手法を用いて$MgSiO_3$ Mjの安定領域について検討を行った。

落下溶解エンタルピー測定用の$MgSiO_3$ Mjは、愛媛大学GRC設置の高圧プレス装置を用いて19 GPa, 2173 Kで高圧合成した焼結体試料を粉砕したものであり、一部は定圧熱容量測定に用いたのと同じ試料である。落下溶解エンタルピー測定は、SETARAM社製カルベー型高温熱量計を用いて行った。約4 mgの粉末試料をペレット状にし、熱量計の外から978 Kの熱量計内に置かれたホウ酸鉛溶媒（$2PbO{\cdot}B_2O_3$.）に落下・溶解させ、その時の室温から978 Kまでの熱含量と978 Kでの溶解エンタルピーの和である落下溶解エンタルピー（$\Delta H_{d\text{-}s}$）を測定した。なお、試料の溶解を促進させるため、Arガスを溶媒に通すことにより発生する泡により溶媒を撹拌させた。

5回分のデータの平均値から、$\Delta H_{d\text{-}s}$ ($MgSiO_3$ Mj)は69.57±0.77 kJ/molと決定された。この値は、先行研究で決定された80.0±2.5 kJ/mol（Yusa et al., 1993）と59.5±3.2 kJ/mol（Saikia, 2008）との中間値である。また、$\Delta H_{d\text{-}s}$ (MgO) (33.74±0.99 kJ/mol, Kojitani et al. 2012)＋$\Delta H_{d\text{-}s}$ (SiO_2 石英)(40.05±0.36 kJ/mol, Akaogi et al. 1995)との差より、1気圧、298 Kにおける酸化物からの標準生成エンタルピーは4.2±1.3 kJ/molと求められた。本研究のエンタルピー値を適用することにより熱力学的に計算された$MgSiO_3$系*P-T*相図は、Mj相の安定領域がこれまで認識されてきたものよりもさらに低温側に広がっていることを示唆する。

キーワード：ガーネット、メージャライト、エンタルピー、熱力学的安定性、熱力学計算
Keywords: garnet, majorite, enthalpy, thermodynamic stability, thermodynamic calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:鹿山 雅裕(東北大学)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[SMP33-07] $MgO\text{-}TiO_2$系鉱物の高圧相転移

*赤荻 正樹[1]、藤村 哲也[1]、荒井 駿人[1]、岡野 雅樹[1]、糀谷 浩[1] (1.学習院大学理学部化学科)

11:00 ~ 11:15

[SMP33-08] 硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への相変化プロセス

*佐野 喜成[1]、興野 純[2]、米田 安宏[3]、山本 弦一郎[1] (1.筑波大学生命環境科学研究科、2.筑波大学生命環境系、3.日本原子力研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SMP33-09] Fe-S-O系メルト微粒子の急冷による組織形成過程

*磯部 博志[1] (1.熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学領域)

11:30 ~ 11:45

[SMP33-10] 動力学的回折理論に基づく電子回折シミュレーションと鉱物への応用

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.京都大学大学院理学研究科、3.名古屋大学大学院工学研究科)

11:45 ~ 12:15

[SMP33-11] 分析電子顕微鏡による鉱物中の陽イオン占有サイト解析：TEM-ALCHEMI法の地球惑星科学への応用

★招待講演

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]、栗林 貴弘[4]、藤 昇一[5] (1.名古屋大学 未来材料・システム研究所、2.京都大学 理学研究科、3.名古屋大学 工学研究科、4.東北大学 理学研究科、5.福岡大学 理学部)

$MgO-TiO_2$系鉱物の高圧相転移
High-pressure phase transitions of minerals in the system $MgO-TiO_2$

*赤荻 正樹[1]、藤村 哲也[1]、荒井 駿人[1]、岡野 雅樹[1]、糀谷 浩[1]
*Masaki Akaogi[1], Tetsuya Fujimura[1], Shunto Arai[1], Masaki Okano[1], Hiroshi Kojitani[1]

1. 学習院大学理学部化学科
1. Department of Chemistry, Faculty of Science, Gakushuin University

$MgO-TiO_2$系の常圧安定相であるMg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$は、それぞれFe_2TiO_4、$FeTiO_3$、$FeTi_2O_5$などの間にspinel(Sp)型、ilmenite(Ilm)型、pseudobrookite(Pbr)型の固溶体を形成し、それらは火成岩、変成岩などに少量鉱物として産出する。高圧下でのMg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$の安定関係に関する従来の研究では、$MgTiO_3$の相転移が18GPa程度まで調べられてきたことを除くと、3GPa以下の低圧力に限られていた。本研究では28GPa、1800℃までの条件で、Mg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$の相平衡関係を明らかにした。

1300-1400℃で合成したSp型Mg_2TiO_4、Ilm型$MgTiO_3$、Pbr型$MgTi_2O_5$を出発物質とし、マルチアンビル高圧装置を用いたクエンチ法により、4-28GPa、1000-1800℃の圧力温度範囲での相関係を決定した。

$MgTiO_3$(Ilm)は1200-1600℃、16-20GPaで高圧相に転移し、$LiNbO_3$(Ln)型と考えられる相が回収された。この相は高圧下でperovskite(Pv)型であるが、減圧中にLn型に転移したと判断される(Linton et al., 1999)。21-25GPa以上では、MgO＋aPbO_2型TiO_2が回収されたが、TiO_2の高圧相転移の研究から、aPbO_2型TiO_2は高圧下でbaddeleyite(Bd)型であったと考えられる。この$MgTiO_3$(Pv)から$MgO+TiO_2$(Bd)への転移境界線は正の勾配を持つ。Mg_2TiO_4(Sp)は1GPaで$MgTiO_3$(Ilm)+MgOに分解し、より高圧では$MgTiO_3$(Ilm)がPvに転移し、さらに$2MgO+TiO_2$(Bd)へ分解することが示された。$MgTi_2O_5$(Pbr)は1-2GPaで$MgTiO_3$(Ilm)＋rutile(Ru)型TiO_2に分解し、TiO_2(Ru)が10GPa程度でaPbO_2型に転移し、より高圧では$MgTiO_3$のIlmーPv転移を経て、$MgO+2TiO_2$(Bd)が安定になることが示された。このように、Mg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$はいずれも、20-25GPa以上ではMgOとTiO_2の混合物に分解する。以上の高圧相の内、Ln型$MgTiO_3$の粉末X線回折データを用いて、リートベルト解析によるLn型構造の精密化を行い、Ti^{4+}、Mg^{2+}イオンが八面体の対称心位置から外れ、その方向が揃うことにより極性構造を持つことを確定した。

今回決定したMg_2TiO_4、$MgTiO_3$、$MgTi_2O_5$の相転移をFe_2TiO_4、$FeTiO_3$、$FeTi_2O_5$の相転移と比較すると、$MTiO_3$(Ilm, Pv)　(M=Mg, Fe)が中間の圧力で安定になる点は同じである。しかしFe_2TiO_4では約15GPa以上で$CaTi_2O_4$(CT)型に転移し、$FeTiO_3$ではCT型Fe_2TiO_4＋直方晶$FeTi_2O_5$相に分解するため(Akaogi et al., 2017)、より高圧下での相転移様式は異なっている。

キーワード：高圧、チタン酸塩鉱物、相転移
Keywords: high pressure, titanate mineral, phase transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への相変化プロセス
Phase change process of iron sulfide nanoparticle from amorphous to crystalline with grain growth

*佐野 喜成[1]、興野 純[2]、米田 安宏[3]、山本 弦一郎[1]
*Yoshinari Sano[1], Atsushi Kyono[2], Yasuhiro Yoneda[3], Gen-ichiro Yamamoto[1]

1. 筑波大学生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系、3. 日本原子力研究開発機構
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 3. Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに

嫌気的な海底堆積物の間隙水中では，硫酸還元細菌 (SRB) が海水由来の硫酸イオン (SO_4^{2-}) を硫化物イオン (S^{2-}) に還元することで生命活動に必要な代謝を行っている．さらに，硫化物イオンが硫黄細菌 (SB) によって硫黄 (S^0) から硫酸イオンまで段階的に酸化されることで，地球化学的な硫黄元素の循環 (硫黄サイクル) が成り立っている．この一連の反応において，環境中に放出される硫化物イオンの一部が二価の鉄イオン (Fe^{2+}) と容易に反応して硫化鉄のナノ粒子 (FeS) が生成され，それらがより安定なマッキナワイト (FeS) に成長する．先行研究では，120°Cの熱水中において硫化鉄ナノ粒子がマッキナワイトへ成長することが報告されており (Csákberényi-Malasics et al., 2012)，硫化鉄ナノ粒子はマッキナワイトの前駆物質として重要視されているが，その結晶構造と粒成長のプロセスは未だ明らかにされていない．そこで本研究では，硫化鉄ナノ粒子の粒成長に伴う非晶質から結晶質への構造変化プロセスを解明することを目的として，放射光X線全散乱測定による原子2体相関関数 (atomic Pair Distribution Function: PDF) 解析を行った．

2. 実験方法

はじめに，0.2 Mの$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$・$6H_2O$水溶液10 mLと0.4 MNa_2S・$9H_2O$水溶液10 mLを窒素ガス雰囲気下で混合することで，硫化鉄ナノ粒子の黒色懸濁液を合成し，120°Cに設定された電気炉内でそれぞれ2，4，6，8，12時間加熱を行った．得られた固相は窒素ガスを吹き付けて乾燥させた後，真空デシケーター内で保存した．放射光X線全散乱測定は，SPring-8のBL14B1で実施した．用いたX線の波長はλ = 0.20606 Å，測定範囲は0≦Q ($Å^{-1}$)≦25，測定温度は20 K及び300 Kとし，得られたX線全散乱データに対して原子2体相関関数 (PDF) 解析を行った．

3. 結果と考察

非加熱の試料において，PDFパターンの周期的な振動は約2 nmでほぼ消滅していたのに対し，加熱2，4，6，8，12時間の試料では，周期的な振動が約4 nmまで続いていた．したがって，硫化鉄ナノ粒子は加熱によって約2倍の粒子サイズに成長した．また，PDFパターンから示されたFe-S結合距離は2.25 Å，Fe-Fe原子間距離は2.65 Åであり，加熱による変化はほとんど見られない．すなわち，加熱によって硫化鉄ナノ粒子が粒成長する過程では，FeS_4四面体の局所構造はほぼ維持されることが明らかになった．そして，マッキナワイトのモデル構造との比較から，硫化鉄ナノ粒子ではFeS_4四面体の配列に歪みが生じていることが示唆された．この結果は，先行研究によって提案された硫化鉄ナノ粒子のモデル構造と調和的である (Wolthers et al., 2003; Ohfuji and Rickard, 2006; Jeong et al., 2008)．発表では，硫化鉄ナノ粒子の中距離構造の解析結果や粒成長による構造変化に加えて，20 Kと300 KでのPDFパターンの比較に関して詳細に議論する．

キーワード：原子2体相関関数、硫化鉄ナノ粒子、マッキナワイト
Keywords: atomic Pair Distribution Function , iron sulfide nanoparticle, mackinawite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fe-S-O系メルト微粒子の急冷による組織形成過程
Texture formation in quenching of Fe-S-O micro melt spherules

*磯部 博志[1]
*Hiroshi Isobe[1]

1. 熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学領域
1. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University

鉱物の微細組織は，その形成過程における結晶成長場の物理化学的及び速度論的条件を記録している。組織形成過程においては，ローカルな結晶成長過程と，それに伴う物質の移動挙動，及び結晶成長場の地球化学的条件が重要な役割を果たす場合がある。特に，鉄や硫黄を主成分とする系は，酸化還元や揮発現象に鋭敏に影響される。さらに，微細な粒子においては極めて速い温度変化が起こりうるため，急冷による結晶成長挙動が鉱物の組織形成及びそれに伴う物質移動を規定する可能性がある。本研究では，高温炉中で微粒子を自由落下させる実験系（Isobe and Gondo, 2013）を用いて，多様な酸化還元条件においてFe-S-O系微粒子の急加熱・急冷実験を行い，酸化を伴うメルト微粒子の急冷過程における硫化鉄及び酸化鉄結晶の組織形成過程とそこで起こる現象について検討した。

試料には，FeS試薬を粉砕して作成した径約100μmの不定形粒子を用いた。出発物質は純粋なFeSではなく，酸化鉄及び金属鉄相を含む。本実験では，粒子はおよそ2秒以内に最高温度である約1600ºCに達し，その後急冷される。酸素分圧は，FMQ -0.5，+0.9または+2.4 log unitとした。実験生成物は，走査電子顕微鏡による外形及び粒子内部組織の観察を行い，酸素量の半定量分析を含む組成分析を行った。

実験生成物粒子のほとんどは，完全な溶融状態を経たことを示す外形を示している。出発物質粒子の組成不均質および酸化の進行により，酸化鉄に富む組成となった粒子は，粒子全体にわたって一定方位の磁鉄鉱結晶が格子状構造体を作っているものがある。また，粒子表面に放射状の樹枝状構造を持つ磁鉄鉱結晶が存在するものもある。硫黄に富む粒子内部では，硫化鉄が樹枝状急冷結晶として成長しているものがある。硫化鉄結晶が成長している粒子では，結晶粒間メルト組成は硫黄に乏しく，磁鉄鉱結晶が急冷結晶として成長している粒子では結晶粒間メルトは硫黄に富む。従って，還元条件のために酸化が進まず，硫黄に富むメルトの冷却過程においては硫黄の揮発が抑制され，リキダス相として磁鉄鉱結晶が晶出する組成まで酸化が進んだ場合は，硫黄の揮発が促進されると考えられる。

キーワード：硫化鉄、磁鉄鉱、急冷結晶、微粒子、樹枝状結晶
Keywords: iron sulfide, magnetite, quench crystals, spherules, dendrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

動力学的回折理論に基づく電子回折シミュレーションと鉱物への応用
Development of a software for electron diffraction simulation based on dynamical theory and its application to mineralogy

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]
*Yusuke Seto[1], Masahiro Ohtuka[3], Akira Miyake[2]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 京都大学大学院理学研究科、3. 名古屋大学大学院工学研究科
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Graduate School of Technology, Nagoya University

Electron diffraction technique is widely used for the phase identification and crystal structure determination of Earth and planetary materials. Electrons are scattered by the positive potential inside the electron cloud, resulting that the interaction of electrons with matter is much stronger (10^6-10^7) than that of X-rays. This has the advantage that the diffracted electron beams have a high intensity and the patterns can directly be observed on the viewing screen of the electron microscope. The strong interaction, however, easily causes multiple scattering, and thereby the intensities of the reflections are much influenced by the dynamical effects. This makes structure determinations from electron diffraction more difficult and less reliable than that from XRD data. In order to treat the dynamical effects, a lot of computer resources of Fourier transform and/or eigenvalue problem are required, and consequently, such a dynamical analysis was limited to simple structured materials. However, that situation has been changing. In recent years, many-core CPUs can make a lot of computation possible. Moreover, with the rapid spread of field emission transmission electron microscopes (TEM) and sensitive detectors (CCD or CMOS), the quantitative analyses of electron intensities become available even from nanometer-sized minerals.

In the present study, the authors developed a GUI-based software, ReciPro, that simulates electron diffraction patterns using one of the dynamical theories, called the Bethe method (or Bloch wave eigenvalue method), in which the three dimensional eigenvalues of the electron wave function in a crystalline specimen are solved with the appropriate boundary conditions on the entrance and exit face of the crystal. By this method, the diffraction patterns (SAED and CBED) can be obtained with a good accuracy and speed regardless of the specimen thickness. Moreover, ReciPro provides following features: i) Loading any crystal structure including AMCSD (American Mineralogist Crystal Structure Database) database or COD (Crystallography Open Database). ii) Changing a specimen orientation and TEM conditions freely by a mouse operation. iii) Displaying Digital Micrograph file, the de facto standard of TEM image file format developed by Gatan inc., can be read and displayed. iv) Fitting diffraction spots by two dimensional pseudo-Voigt functions. v) Quantitative comparison of simulated and experimental diffraction patterns, and many more features. In the presentation, the authors will report examples of reproducibility of simulated diffraction patterns (SAED and CBED) for several minerals, and future prospects of this approach.

キーワード：電子回折、動力学理論、透過電子顕微鏡
Keywords: electron diffraction, dynamical theory, transmission electron microscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

分析電子顕微鏡による鉱物中の陽イオン占有サイト解析：TEM-ALCHEMI法の地球惑星科学への応用

Site occupation analysis for cation in minerals by analytical electron microscopy: application of TEM-ALCHEMI for earth and planetary science

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[3]、三宅 亮[2]、栗林 貴弘[4]、藤 昇一[5]
*Yohei Igami[1], Shunsuke Muto[1], Masahiro Ohtsuka[3], Akira Miyake[2], Takahiro Kuribayashi[4], Shoichi Toh[5]

1. 名古屋大学 未来材料・システム研究所、2. 京都大学 理学研究科、3. 名古屋大学 工学研究科、4. 東北大学 理学研究科、5. 福岡大学 理学部
1. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 4. Graduate School of Science, Tohoku University, 5. Faculty of Science, Fukuoka University

Cation site occupation in natural minerals is very important for earth and planetary science, because it should reflect thermal histories such as peak temperatures and cooling rates. However, natural minerals generally have various complex micro-textures. Therefore, determination of cation site occupation from micrometric regions has been required.
Spence and Taftø [1] developed the ALCHEMI (Atom Location by CHanneling-Enhanced MIcroanalysis) method in which transmission electron microscope with energy dispersive X-ray spectrometer (TEM-EDS) is used to determine the crystallographic sites of impurity elements from micrometric regions in crystals on the basis of channeling-enhanced X-ray emissions. Subsequent improvements in the ALCHEMI have led to more statistical method called HARECXS (High Angular Resolution Electron Channeling X-ray Spectroscopy) or St-ALCHEMI (statistical ALCHEMI). This method is widely applicable including minerals with low symmetric structures (reviewed by [2]). Recently, we successfully determined the order parameter of Al and Si in the tetrahedral sites in sillimanite (Al_2SiO_5) at the areas free from precipitates of mullite ($3Al_2O_3$ $2SiO_2$) and glasses [3]. In this study, we carried out the ALCHEMI/HARECXS method for major rock forming minerals to extend its applicability in earth and planetary science.
Sample minerals are olivine ($[Mg, Fe]_2SiO_4$), diopside ($Ca[Mg, Fe]Si_2O_6$) and sillimanite. The samples were prepared by a focused ion beam system (FIB, FEI Quanta 200 3DS or Helios NanoLab G3 CX), and examined by using TEM-EDS (JEOL JEM-2100F, JED-2300T). X-ray signals generated under illumination of 200 keV electrons were collected as a function of electron beam direction. The homogeneous areas free from dislocations or inclusions were selected as regions of interest.
The one-dimensional tilting ALCHEMI datasets under the condition exciting the particular systematic reflection row (HARECXS profiles) were successfully obtained from regions ~1 μm in diameter by automated control of beam tilting and X-ray detection following Muto and Ohtsuka [2]. For determination of cation site occupation, we performed theoretical calculations of HARECXS profiles using ICSC code [4] and evaluated sample thicknesses by convergent-beam electron diffraction. The experimentally obtained HARECXS profiles were fitted by linear combinations of calculated profiles, and the site occupations of constituent cations were quantitatively determined. Obtained results were almost consistent with the results determined by single crystal X-ray diffraction experiments. Moreover, the cation distributions in annealed samples showed continuous disordering with increasing temperature. This study suggests that the ALCHEMI/HARECXS method is one of the most promising candidates for accurate analysis of minerals in particular the samples having heterogeneous textures.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] J. H. Spence and J. Taftø, J. Microscopy 130 (1983) 147-154.
[2] S. Muto and M. Ohtsuka, Prog. Cryst. Growth Ch. 63 (2017) 40-61.
[3] Y. Igami, T. Kuribayashi and A. Miyake, Am. Mineral. 130 (2018) 944-951.
[4] M. P. Oxley and L. J. Allen, J. Appl. Cryst. 36 (2003) 940-943.

キーワード：分析電子顕微鏡、ALCHEMI、高角度分解能電子チャネリングX線分光法、サイト占有率、陽イオン配列秩序
Keywords: Analytical electron microscopy, ALCHEMI, HARECXS, Site occupancy, Cation ordering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP33] 鉱物の物理化学

コンビーナ:鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:則竹 史哉(山梨大学大学院総合研究部工学域物質科学系)、鎌田 誠司(東北大学学際科学フロンティア研究所)

本セッションでは，地球や惑星を構成する物質について，物理・化学的な視点から議論を行なう．ミクロな原子・分子スケールからマクロな組織スケールにわたる各種実験，理論および計算機シミュレーションによる研究を募集する．研究対象は鉱物結晶のみならず，融解物やガラス，およびそれらの共存系も含む．また，アナログ物質やモデル物質を用いた研究も歓迎する．

13:45 ~ 14:15

[SMP33-12] Molecular Dynamics Study of Soret Effect in Silicate Liquids

★Invited Papers

*則竹 史哉[1] (1.山梨大学大学院総合研究部)

14:15 ~ 14:30

[SMP33-13] Seebeck coefficient of olivine: Implausible Mercury's thermoelectric dynamo

*五味 斎[1]、芳野 極[1]、米田 明[1] (1.岡山大学)

14:30 ~ 14:45

[SMP33-14] 外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた液体ガリウムの密度測定

*鶴岡 椋[1]、寺崎 英紀[1]、鎌田 誠司[2]、山田 伊織[1]、前田 郁也[3]、近藤 忠[1]、浦川 啓[4]、平尾 直久[5]、町田 晃彦[6] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.東北大学学際科学フロンティア研究所、3.東北大学理学研究科地学専攻、4.岡山大学大学院自然科学研究科、5.高輝度光科学研究センター、6.量子科学技術研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SMP33-15] Density measurements of crystalline Fe and amorphous materials at high pressure

*鎌田 誠司[1,2]、寺崎 英紀[3]、田窪 勇作[3]、鶴岡 椋[3]、前田 郁也[2]、山田 類[1]、河口 沙織[4]、平尾 直久[4]、町田 晃彦[5] (1.東北大学学際科学フロンティア研究所、2.東北大学大学院理学研究科地学専攻、3.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、4.JASRI、5.QST)

15:00 ~ 15:15

[SMP33-16] DAC-GHz ultrasonic P wave velocity measurement on KCl and natural olivine

*Akira Yoneda[1]、Shinichiro Kobayashi[2]、Seiji Kamada[3] (1.Institute for planetary materials, Okayama University、2.Department of Earth Science, Graduate school of Science, Tohoku Univ.、3.Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku Univ.)

Molecular Dynamics Study of Soret Effect in Silicate Liquids

*則竹 史哉[1]
*Fumiya Noritake[1]

1. 山梨大学大学院総合研究部
1. Graduate Faculty of interdisciplinary Research, University of Yamanashi

There are various transportation phenomena driven a potential gradient. The Soret effect is diffusion driven by a temperature gradient (Soret, 1879; Ludwig, 1856). The inverse effect is known as Dufour effect. The Soret effect is sometime used in explanation of fractionation phenomena in geology (Lesher, 1986; Dominguez et al., 2011). Recently Kishi et al. (2018) reports a distribution anomaly of composition in calcium aluminosilicate glass made by migration of high-temperature metal sphere induced by laser irradiation (Hidai et al., 2016). The rate of fractionation by temperature gradient is determined by both thermal diffusivity (D_T) and mass diffusivities (D) because the total net flux must be zero in a steady state. Consequently, understanding the Soret coefficient (D_T/D, or $\partial \log \rho / \partial T$) is difficult because the coefficient might be affected by not only atomic mass and inter-atomic interaction that affect activation energy but also geometric/structural factor.
I applied the molecular dynamics (MD) simulations for pseudo binary and aluminosilicate liquids to investigate the mechanism of fractionation by temperature gradient. The MD simulation appropriate method for this study because it gives trajectories of each atoms in the simulation cells and potentials of each atom at any point in simulation time. MD simulations of sodium/calcium-silicate/aluminosilicate liquids were performed using MXDORTO code (Sakuma & Kawamura, 2009). The simulation conditions are as follows: The inter-atomic potential model was taken from Feuston & Garofalini (1988). Systems of approximately 30000 particles in rod-shaped (approximately 5 x 5 x 17 nm) simulation cell in periodic boundary condition were firstly annealed for 2 ns at 2000 K from randomly generated structure. Then we started the simulations in temperature gradient. The temperatures in sliced region (approximately 0.35 nm thickness) perpendicular to the longest axis at the end and the center of simulation cell were maintained 2000 and 3500 K using the scaling procedure. After several tens nano-second simulations, we confirmed the changes in distribution of composition. The concentration of SiO_2 in the high-temperature center part slightly increases as simulation proceeds. In contrast the concentration of CaO and Na_2O in that part slightly decreases. Soret coefficients for each cation has linear relation with the half width of potential energy distribution in binary silicates. The existence of Al_2O_3 content impedes fractionation in sodium-aluminosilicate whereas it enhances in calcium-aluminosilicate. This behavior might be caused by the charge compensation of 4-fold aluminum cation.

キーワード：珪酸塩融体、分子動力学シミュレーション、ソレー効果
Keywords: Silicate Liquids, Molecular Dynamics Simulation, Soret Effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seebeck coefficient of olivine: Implausible Mercury’s thermoelectric dynamo

*五味 斎[1]、芳野 極[1]、米田 明[1]
*Hitoshi Gomi[1], Takashi Yoshino[1], Akira Yoneda[1]

1. 岡山大学
1. Okayama University

The Mercury’s magnetic fields are known to be weaker than that predicted by conventional dynamo models. In order to explain the Mercury’s weak magnetic field, several models are proposed (Stanley and Glatzmaier, 2010). One of them is the thermoelectric dynamo, which drive the dynamo via the thermoelectric force (Stevenson, 1987). The field strength is proportional to the relative Seebeck coefficient between the core and the mantle. Because the Seebeck coefficient of insulators is more than one order larger than that of metals, the Seebeck coefficient of Mercury’s mantle is the central parameter. Therefore, we investigated the Seebeck coefficient of mantle minerals from the first-principles calculations. The structure relaxation and band structure calculations were conducted by using the Quantum ESPRESSO package. The bandgap energy was calibrated by means of the quasiparticles self-consistent GW (QSGW) approximation adopted in the ecalj package. The Seebeck coefficient was calculated via the Boltzmann equation implemented in the BoltzTraP package. The results indicate that the Seebeck coefficient of forsterite with a small amount of dopant exhibit comparable to that previously thought (|S| ~ 1000 mV/K). This value may constrain the upper limit. The Mercury’s mantle may contain ~3wt% FeO (Robinson and Taylor, 2001). The Fe substitution and O vacancy act as donor, which is predicted to reduce the Seebeck coefficient, significantly. The field strength also depends on the electrical conductivity of the mangle. Recent high pressure experiments suggest that the electrical conductivity of the Earth’s mantle is ~ 10^{-2} Sm. Considering the both of the Seebeck coefficient and the electrical conductivity of mantle material, the field strength is calculated to be ~ 0.1 nT, which is significantly weaker than the observed value of 300 nT. Therefore, we conclude that the thermoelectric dynamo cannot generate the Mercury’s magnetic fields.

キーワード：ゼーベック係数、水星、熱電ダイナモ
Keywords: Seebeck coefficient, Mercury, thermoelectric dynamo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた液体ガリウムの密度測定
Density measurement of liquid gallium using externally heated diamond anvil cell

*鶴岡 椋[1]、寺崎 英紀[1]、鎌田 誠司[2]、山田 伊織[1]、前田 郁也[3]、近藤 忠[1]、浦川 啓[4]、平尾 直久[5]、町田 晃彦[6]
*Ryo Tsuruoka[1], Hidenori Terasaki[1], Seiji Kamada[2], Iori Yamada[1], Fumiya Maeda[3], Tadashi Kondo[1], Satoru Urakawa[4], Naohisa Hirao[5], Akihiko Machida[6]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 東北大学学際科学フロンティア研究所、3. 東北大学理学研究科地学専攻、4. 岡山大学大学院自然科学研究科、5. 高輝度光科学研究センター、6. 量子科学技術研究開発機構
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science Osaka University, 2. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, 3. Department of Earth and Planetary Materials Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Department of Earth Science, Okayama University, 5. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 6. National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

Density of a liquid metal at high pressure and high temperature is fundamental information to determine its equation of state (EOS). Gallium (Ga) which has a low melting temperature at ambient pressure has been reported to have complex liquid structures. The densities of Ga at high pressures have been reported based on the measurement of volume changes (Lyapin et al. 2008), that of liquid structures (Yu et al. 2012), and that of sound velocity (Ayrinhac et al. 2015). However, these densities were not consistent each other. In this study, we measured densities of liquid Ga at high pressure using an X-ray absorption method with an externally heated diamond anvil cell (EHDAC).

Ga sample and reference materials (KBr, RbBr) were loaded into each hole drilled on a pre-indented Re gasket. The reference materials were used for estimation of sample thickness and for determination of experimental pressures (Takubo et al. 2018). The Re gasket was coated with Al_2O_3 to avoid a reaction between the Ga sample and the gasket. High pressure was generated using a symmetric DAC with a lever-arm frame. The culet size of the diamond anvils used was 600 μm. High temperature was generated using external heaters composed of Pt-Rh wires with a ZrO_2 insulator. X-ray absorption measurements were conducted with monochromatic X-ray of 30 keV at BL10XU and BL22XU beamlines in SPring-8. Intensities of incident and transmitted X-rays were detected using a photo-diode or ion chambers. Experimental pressures were determined based on EOSs of KBr and RbBr using their volumes from XRD patterns collected using a flat panel detector.

The densities of liquid Ga were measured up to 9.4 GPa and 500 K. The densities of liquid Ga obtained at 4–9 GPa range 6.53(7)–7.25(14) g/cm^3. The measured density at 4 GPa is consistent with the density calculated from sound velocity data reported by Ayrinhac et al. (2015).

キーワード：ガリウム、ダイヤモンドアンビルセル、X線吸収法
Keywords: gallium, diamond anvil cell, X-ray absorption method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Density measurements of crystalline Fe and amorphous materials at high pressure

*鎌田 誠司[1,2]、寺崎 英紀[3]、田窪 勇作[3]、鶴岡 椋[3]、前田 郁也[2]、山田 類[1]、河口 沙織[4]、平尾 直久[4]、町田 晃彦[5]
*Seiji Kamada[1,2], Hidenori Terasaki[3], Yusaku Takubo[3], Ryo Tsuruoka[3], Fumiya Maeda[2], Rui Yamada[1], Saori Kawaguchi[4], Naohisa Hirao[4], Akihiko Machida[5]

1. 東北大学学際科学フロンティア研究所、2. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、3. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、4. JASRI、5. QST
1. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, 2. Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 4. JASRI, 5. QST

Terrestrial planets, such as Earth, Venus, Mars, and Mercury, have metallic liquid and/or solid cores. The cores consistent of mainly Fe and Ni with small amounts of light elements. Chemical compositions of solid state cores have been estimated by density measurements of crystalline core materials in a number of previous studies. On the other hand, there are a few previous studies on density measurements of liquid samples because of technical difficulties. Although Morard et al. (2008, 2013) obtained densities of liquid Fe with light elements by structure analyses from XRD patterns, accuracy of the densities was under debate because they used XRD patterns with narrow reciprocal lattice spaces. In this study, we have measured densities of crystalline Fe and amorphous materials using an X-ray absorption method in order to avoid problems of small diffraction angles due to a diamond anvil cell (DAC).
High pressure measurements were performed using a DAC with a gasket having 3 sample chambers. Fe or amorphous samples were loaded in a sample chamber for density measurements. Powders of KCl, KBr, or RbBr as references for thickness were also loaded in the other sample chambers. After XRD patterns were taken from all samples and references, absorption profiles were also measured. Experimental pressures were determined using pressure averages between KCl and KBr, or KBr and RbBr. Densities based on the X-ray absorption method were obtained using the Lambert Beer law with mass absorption coefficients from NIST data base. Densities of crystalline Fe were obtained up to 20 GPa and density differences between XRD and the absorption method were less than 2%. This technique was applied to densities of amorphous materials as well. We will report the densities based on the X-ray absorption method.

キーワード：X線吸収法、ダイヤモンドアンビルセル
Keywords: X-ray absorption method, diamond anvil cell

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DAC-GHz ultrasonic P wave velocity measurement on KCl and natural olivine

*Akira Yoneda[1], Shinichiro Kobayashi[2], Seiji Kamada[3]

1. Institute for planetary materials, Okayama University, 2. Department of Earth Science, Graduate school of Science, Tohoku Univ., 3. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku Univ.

GHz ultrasonic velocity measurements has been developed up to 14 GPa in diamond anvil cell (DAC). In order for GHz ultrasonic measurement, both P and S wave buffer rods were manufactured through sputtering ZnO piezoelectric film on single crystal rods, such as sapphire, rutile, and YAG. Several technical breakthroughs were achieved before observing stable signals from the specimen squeezed in DAC: (1) Wiping by aqueous ammonia on the contact surfaces enhances transmissibility of GHz wave from buffer rod to diamond. (2) Cleaning by lathery detergent and water jet is effective to remove sticky staff on rear surface of diamond. (3) Steel ball supporter provides easier adjustment of contact between buffer rod and diamond. Consequently, we succeeded to demonstrate performance of DAC-GHz system through KCl and natural olivine samples.

Keywords: elasticity, DAC, GHz ultrasonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:島 伸和、松野 哲男

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SVC38-30] これまでのKOBEC鬼界カルデラ航海・研究のまとめ

*島 伸和[1,2]、松野 哲男[2,1]、清杉 孝司[3,2]、清水 賢[2]、中岡 礼奈[2]、鈴木 桂子[2,1]、瀬戸 康友[1]、佐野 守[2]、森田 結子[4]、井和丸 光[2]、両角 春寿[2]、堀内 美咲[1]、西村 公宏[1]、市原 寛[5]、林 和輝[1]、廣瀬 時[1]、金子 克哉[1,2]、山口 寛登[4]、沖園 雄希[4]、杉岡 裕子[1,2]、中東 和夫[6,2]、山本 揚二朗[7]、香田 達也[2]、小平 秀一[7,2]、巽 好幸[2,1]、 深江丸「鬼界カルデラ探査航海」乗船研究者 (1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2.神戸大学海洋底探査センター、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環、4.神戸大学理学部惑星学科、5.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、6.東京海洋大学、7.海洋研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-31] 鬼界カルデラ・アカホヤ噴火の水中火砕流の分布

*清水 賢[1,2]、島 伸和[3,1]、中岡 礼奈[1]、松野 哲男[1,3]、清杉 孝司[5]、井和丸 光[1,2]、佐野 守[1,2]、西村 公宏[3]、鈴木 桂子[1,3]、金子 克哉[3]、山口 寛登[4]、堀内 美咲[3]、廣瀬 時[3]、林 和輝[3]、巽 好幸[1,3] (1.神戸大学　海洋底探査センター、2.日本海洋事業株式会社、3.神戸大学 大学院 理学研究科惑星学専攻、4.神戸大学 理学部惑星学科、5.神戸大学　自然科学系先端融合研究環)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-32] 火山ガラス組成に基づく鬼界カルデラ海底採取火山灰と幸屋火砕流堆積物の対比

*中岡 礼奈[1]、鈴木 桂子[1,2]、清水 賢[1]、巽 好幸[1,2]、金子 克哉[2,1]、清杉 孝司[3,1]、島 伸和[2,1]、松野 哲男[1,2]、西村 公宏[2]、林 和輝[2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学自然科学系先端融合研究環)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-33] ROVによる鬼界カルデラ海底調査の予察的報告

*清杉 孝司[1]、鈴木 桂子[2]、両角 春寿[2,4]、巽 好幸[2]、金子 克哉[3]、中岡 礼奈[2]、佐野 守[2]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、島 伸和[3]、松野 哲男[2]、西村 公宏[3]、林 和輝[3]、堀内 美咲[3] (1.神戸大学先端融合研究環、2.神戸大学 海洋底探査センター 、3.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻 、4.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-34] 海底地震観測を用いた鬼界カルデラで発生する地震活動

*瀬戸 康友[1]、杉岡 裕子[2]、山本 揚二朗[3]、高橋 努[4] (1.神戸大学大学院　理学研究科　惑星学専攻、2.神戸大学理学研究科　惑星学専攻、3.海洋研究開発機構、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-35] 鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造探査

*松野 哲男[1,2]、廣瀬 時[2]、沖園 雄希[3]、島 伸和[2,1]、市原 寛[4]、杉岡 裕子[2,1]、巽 好幸[1,2] (1.神戸大学海洋底探査センター、2.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3.神戸大学理学部惑星学科、4.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター)

これまでのKOBEC鬼界カルデラ航海・研究のまとめ
Summary of Kikai submarine caldera researches conducted by KOBEC (Kobe Ocean-Bottom Exploration Center)

*島 伸和[1,2]、松野 哲男[2,1]、清杉 孝司[3,2]、清水 賢[2]、中岡 礼奈[2]、鈴木 桂子[2,1]、瀬戸 康友[1]、佐野 守[2]、森田 結子[4]、井和丸 光[2]、両角 春寿[2]、堀内 美咲[1]、西村 公宏[1]、市原 寛[5]、林 和輝[1]、廣瀬 時[1]、金子 克哉[1,2]、山口 寛登[4]、沖園 雄希[4]、杉岡 裕子[1,2]、中東 和夫[6,2]、山本 揚二朗[7]、香田 達也[2]、小平 秀一[7,2]、巽 好幸[2,1]、- 深江丸「鬼界カルデラ探査航海」乗船研究者
*Nobukazu Seama[1,2], Tetsuo Matsuno[2,1], Koji Kiyosugi[3,2], Satoshi Shimizu[2], Reina Nakaoka[2], Keiko Suzuki-Kamata[2,1], Yasutomo Seto[1], Mamoru Sano[2], Yuiko Morita[4], Hikaru Iwamaru[2], Haruhisa Morozumi[2], Misaki Horiuchi[1], Kimihiro Nishimura[1], Hiroshi Ichihara[5], Kazuki Hayashi[1], Toki Hirose[1], Katsuya Kaneko[1,2], Hiroto Yamaguchi[4], Yuki Okizono[4], Hiroko Sugioka[1,2], Kazuo Nakahigashi[6,2], Yojiro Yamamoto[7], Tatsuya KODA[2], Shuichi Kodaira[7,2], Yoshiyuki Tatsumi[2,1], Scientific party of T/S Fukae-maru Kikai caldera research cruises -

1. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2. 神戸大学海洋底探査センター、3. 神戸大学自然科学系先端融合研究環、4. 神戸大学理学部惑星学科、5. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、6. 東京海洋大学、7. 海洋研究開発機構
1. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Kobe Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 3. Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University, 4. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University, 5. Graduate school of environmental studies, Nagoya University, 6. Tokyo University of Marine Science and Technology, 7. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Kikai submarine caldera to the south of the Kyushu Island, SW Japan, had at least three eruptions at 140, 95 and 7.3 ka, and its collapse occurred at 7.3 ka during the latest supereruption (>500 $km^3$of magma) in the Japanese Archipelago. We have conducted series of research cruises using the T/S Fukae-maru in this caldera to understand the melt supply system for the supereruption through tracing past supereruptions, identifying current volcanic activities, and imaging current structure.

The surveys to trace past supereruptions include multi-channel seismic reflection (MCS) surveys, visual observation and sediments sampling using remotely operated vehicle (ROV; SHINDAI-2K), and land observation. The MCS surveys provide high resolution marine seismic reflection images, which are classified into seven seismic units characterized by distinctive seismic facies. We interpreted that the upper most seismic unit should be a candidate layer for Koya ignimbrite due to 7.3 ka Akahoya eruption, because the deposit from the Kagoshima mainland with regressive surface erosion on progradational HST (highstand system tract) locates beneath this seismic unit and the deposit probably corresponds to the last glacial period (18 ka) (Shimizu et al., this meeting). This interpretation is supported by the chemical composition of glass shard samples on the sea floor near the caldera wall, which were obtained by ROV divings. The chemical composition of the glass shards indicates characteristic bimodal SiO_2 contents, which consistent with unique characteristic for the Akahoya eruption (Nakaoka et al., this meeting). This seismic unit distributes around the caldera and its whole volume will be calculated to estimate reliable magma volume during the Akahoya eruption. Further, visual observation of the ocean bottom by ROV (Kiyosugi et al., this meeting) and land observation (Suzuki-Kamata et al., this meeting) suggest eruption styles of submarine volcanoes and ignimbrite deposition modes.

Current volcanic activities and structures are obtained using geophysical approaches. High volcanic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

activities are identified by five months of seismicity data using five ocean bottom seismometers (OBSs): 1100 volcanic tremor events with its fundamental frequency of 2 Hz, high frequency seismic events with obvious P and S arrival, and monochromatic variation events are detected beneath and/or around the caldera (Seto et al., this meeting). Imaging current structures are provided by multi-beam echosounder mapping with backscatter imaging, gravity analysis, and marine electromagnetic experiment. All these structures outside of the caldera wallshows asymmetric features between the trench side and the back-arc side. The backscatter images show rough morphological features in the back-arc side, suggesting recent local eruptions, in contrast with smooth morphology in the trench side. The gravity analysis indicates that thinner upper crust in the back-arc side than that in the trench side (Morita, 2019). The electromagnetic field variation data obtained by 10 ocean-bottom electro-magnetometers (OBEMs) observation allowed us to image a 3-D electrical resistivity structure, which also shows asymmetric feature at <5-10 km depths (Matsuno et al., this meeting). These asymmetric features between the trench side and the back-arc side suggest that Kikai submarine caldera formation is basically controlled by the subducting slab.

キーワード：鬼界カルデラ、巨大噴火、鬼界アカホヤ噴火
Keywords: Kikai Caldera, Supereruption, Akahoya eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鬼界カルデラ・アカホヤ噴火の水中火砕流の分布
Distribution of submarine pyroclastic-flow deposits of Akahoya eruption, Kikai caldera

*清水 賢[1,2]、島 伸和[3,1]、中岡 礼奈[1]、松野 哲男[1,3]、清杉 孝司[5]、井和丸 光[1,2]、佐野 守[1,2]、西村 公宏[3]、鈴木 桂子[1,3]、金子 克哉[3]、山口 寛登[4]、堀内 美咲[3]、廣瀬 時[3]、林 和輝[3]、巽 好幸[1,3]
*Satoshi Shimizu[1,2], Nobukazu Seama[3,1], Reina NAKAOKA[1], Tetsuo Matsuno[1,3], Koji Kiyosugi[5], Hikaru Iwamaru[1,2], Mamoru Sano[1,2], Kimihiro Nishimura[3], Keiko Suzuki-Kamata[1,3], Katsuya Kaneko[3], hiroto yamaguchi[4], Misaki Horiuchi[3], Toki Hirose[3], Kazuki Hayashi[3], Yoshiyuki Tatsumi[1,3]

1. 神戸大学　海洋底探査センター、2. 日本海洋事業株式会社、3. 神戸大学 大学院 理学研究科惑星学専攻、4. 神戸大学 理学部惑星学科、5. 神戸大学　自然科学系先端融合研究環
1. Ocean Bottom Exploraiton Center, Kobe University, 2. Nippon Marine Enterprises, Ltd., 3. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 4. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University, 5. Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University

Kikai caldera, most of which is submerged in the seawater of the south of the Kyusyu Island, southwest Japan, is the Quaternary active caldera volcano. Latest eruption accompanied by caldera collapse taken place in 7.3 ka is the biggest Holocene eruption in Japan Archipelago. The ash-fall known as Akahoya was spread to entire southwest Japan and the pyroclastic flow thought as a low-aspect ratio ignimbrite is distributed in subaerial parts of the surrounding islands 40-80 km away from the source. Such submarine caldera must supplied the products not only in air, but largely in the water which has not been identified yet.

In order to understand the distribution of the pyroclastic-flow deposits beneath the sea around Kikai caldera, we conducted high resolution marine seismic studies from 2016 to 2018 by T/V Fukae-maru. We identified the uppermost unit widely recognized around Kikai caldera as the pyroclastic-flow deposit associated with 7.3-ka Akahoya eruption from the seismic sequence stratigraphic analysis and glass composition of sediments. The uppermost unit, characterized by subparallel to hummocky configurations of high amplitude reflections, covers the slope fan and progradational deposits of shelf edge developed between the Kyusyu Island and Kikai caldera. These secondary deposits under the uppermost unit are interpreted to deposit around the last glacial by reason of the erosion structure seen on the top-lap surface of regressive clinoform at 120 m below current sea level. Since uppermost unit is deposited after the last glacial (18 ka) and shows consistent seismic facies around Kikai caldera, the unit is inferred as products of 7.3-ka eruption. This is supported by analysis of glass composition of the sediments sampled at the seafloors interpreted as the above seismic unit, which shows the bimodal geochemical characteristic of high SiO_2 glass shards and lesser amount of low SiO_2 glass shards by which Koya pyroclastic-flow deposits are characterized (Nakaoka et al., this meeting).

This uppermost seismic unit interpreted as pyroclastic-flow deposit represents Akahoya eruption is distributed with a thickness of ~50 m around Kikai caldera. It maintains a certain amount of thickness until it reaches the shelf edge of the Kyusyu and surrounding islands. At least 40 km radius circle around the caldera, this unit is recognizable in most of the area of the seismic profiles. This result shows that a large amount of volcanic materials are ejected not only in air rather in the water at 7.3-ka Akahoya eruption.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：カルデラ、火砕流堆積物、地震探査、層序学
Keywords: Caldera, Pyroclastic flow deposits, Sesimic survey, Sequence stratigraphy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火山ガラス組成に基づく鬼界カルデラ海底採取火山灰と幸屋火砕流堆積物の対比

Identification of submarine volcanic ash around the Kikai caldera with the Koya pyroclastic flow deposit inferred from glass composition

*中岡 礼奈[1]、鈴木 桂子[1,2]、清水 賢[1]、巽 好幸[1,2]、金子 克哉[2,1]、清杉 孝司[3,1]、島 伸和[2,1]、松野 哲男[1,2]、西村 公宏[2]、林 和輝[2]
*Reina NAKAOKA[1], Keiko Suzuki-Kamata[1,2], Satoshi Shimizu[1], Yoshiyuki Tatsumi[1,2], Katsuya Kaneko[2,1], Koji Kiyosugi[3,1], Nobukazu Seama[2,1], Tetsuo Matsuno[1,2], Kimihiro Nishimura[2], Kazuki Hayashi[2]

1. 神戸大学海洋底探査センター、2. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3. 神戸大学自然科学系先端融合研究環
1. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center, Kobe University, 2. Department of Planetology, Graduate School ofScience, Kobe University, 3. Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University

幸屋火砕流は約7300年前の鬼界アカホヤ噴火で鬼界カルデラの形成に伴い発生した大規模な火砕流である．鬼界カルデラは薩摩半島の南方約50 kmの海域に位置し，大部分は海底に存在するが，幸屋火砕流堆積物はカルデラ壁である竹島，薩摩硫黄島で厚く堆積する．また，40-60 km海を隔てた薩摩半島，大隅半島，種子島，屋久島，口永良部島にも薄く堆積している．幸屋火砕流堆積物は，陸上において，薩摩・大隅半島南部の広範囲に極めて薄く堆積していることから，拡散型大規模火砕流として報告されてきた（宇井，1973）．一方で，海上を流走し遠方に堆積する幸屋火砕流堆積物は，海上の流走距離の増加に伴い軽石最大粒径が減少することから，火砕流は海底に火砕物を落としながら海上を流走したと推定される（山根・鈴木，2017）．また海洋底探査センターによる反射法地震探査では，鬼界カルデラ周辺に複数の特徴的な岩相を持つユニットが確認でき（清水・他，2018），最上位のユニットが幸屋火砕流堆積物であると推定される．最上位のユニットは竹島・硫黄島周辺で広範囲に厚さ30 m程度，鹿児島湾周辺で厚さ10 m程度で堆積していることが確認できる．以上のことから鬼界カルデラ周辺の海底に幸屋火砕流堆積物は堆積していると予想されるが，陸上に分布する幸屋火砕流堆積物との対比は十分なされていない．本研究では，鬼界カルデラ周辺の海底面で採取した火山灰の火山ガラスについて化学組成測定を行い，陸上の幸屋火砕流堆積物中の火山ガラスとの比較検討を試みた．

試料は反射法地震探査でカルデラ壁や貫入岩体によって最上位のユニットが海底面付近に分布していると推定されるカルデラ壁周辺４地点と薩摩半島南部1地点の海底にRemote Operated Vehicle（ROV）を潜航し，海底面の観察を行い，吸引ノズルで火山灰サイズの粒子を採取した．採取した試料は超音波洗浄し，200 μm以下の粒子についてElectron Probe Micro Analyzer （EPMA）を用い火山ガラスの化学組成を測定した．

カルデラ壁周辺の海底火山灰の火山ガラスの化学組成は，SiO_2含有量が72-78 wt.%（高SiO_2ガラス）に集中し，またSiO_2含有量が64-68 wt.%の低い値を示す火山ガラス（低SiO_2ガラス）も含まれるバイモーダルな特徴を示すことが確認できた．低SiO_2の火山ガラスは藤原・鈴木（2013）で報告されており，鬼界カルデラ噴出物の火山ガラスおよび全岩化学組成の測定結果から幸屋火砕流堆積物の特徴であると考えられるため，鬼界カルデラ周辺の海底は幸屋火砕流堆積物起源の火山灰で覆われていると推定される．また，薩摩半島南部の海底で採取した試料においても幸屋火砕流堆積物と対比できる化学組成の火山ガラスが少量含まれていることが確認できた．これらの結果は，反射法地震探査で鬼界カルデラ周辺に幸屋火砕流堆積物と推定されるユニットが最上位に厚く広範囲に堆積していることと調和的である．幸屋火砕流の給源近傍で厚さ20 mで堆積する竹島での低SiO_2ガラスの含有量の垂直方向変化を見ると，噴火初期は高SiO_2ガラスのみが含まれ，噴出後間もない段階（全層厚の約10 %）で低SiO_2ガラスの混合が開始し，その含有量は10%以上に達する．一方，海を渡った火口遠方の主な露頭でも，下位は高SiO_2ガラスのみ含み，上位に向かい低SiO_2ガラスが混合する傾向か見られ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

るが，その最大含有量は5%以下と小さい．海底火山灰の低SiO_2ガラスの含有量はカルデラ壁周辺の全地点で10%を超える．火山灰サイズの粒子について密度差による流走中の沈積効果の違いは小さいと考えられる（中岡・鈴木，2018）．したがって，幸屋火砕流は噴火開始から低SiO_2ガラスの混合が始まるまで海を渡り遠方に到達したが，低SiO_2の含有量が増加し10%を超える頃には噴火の勢いが弱まり遠方に到達せず海底に堆積した可能性が考えられる．

キーワード：鬼界カルデラ、幸屋火砕流
Keywords: Kikai caldera, Koya pyroclastic flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ROVによる鬼界カルデラ海底調査の予察的報告
Preliminary report of the sea floor survey by a remotely operated vehicle (ROV) at the Kikai caldera, SW Japan

*清杉 孝司[1]、鈴木 桂子[2]、両角 春寿[2,4]、巽 好幸[2]、金子 克哉[3]、中岡 礼奈[2]、佐野 守[2]、清水 賢[2]、井和丸 光[2]、島 伸和[3]、松野 哲男[2]、西村 公宏[3]、林 和輝[3]、堀内 美咲[3]
*Koji Kiyosugi[1], Keiko Suzuki-Kamata[2], Haruhisa Morozumi[2,4], Yoshiyuki Tatsumi[2], Katsuya Kaneko[3], Reina NAKAOKA[2], Mamoru Sano[2], Satoshi Shimizu[2], Hikaru Iwamaru[2], Nobukazu Seama[3], Tetsuo Matsuno[2], Kimihiro Nishimura[3], Kazuki Hayashi[3], Misaki Horiuchi[3]

1. 神戸大学先端融合研究環、2. 神戸大学 海洋底探査センター 、3. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻 、4. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
1. Organization for Advanced and Integrated Research, Kobe University, 2. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center, Kobe University, 3. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 4. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

海底火山は火山学のフロンティアの1つである．多くの海底火山の存在が知られている一方，それらのほとんどでは調査が進んでいない．神戸大学海洋底探査センター（KOBEC）では，カルデラの構造と噴火様式の理解のため，鬼界カルデラでの調査を2016年から実施している．九州島の南約45kmに位置する鬼界カルデラでは，カルデラ縁の北部に位置する二つの島以外のカルデラ構造の大部分が海中に存在している．鬼界カルデラは外側カルデラ（幅19km，長さ24km）と内側カルデラ（幅15km，長さ17km）の二重カルデラ構造を持つ．少なくとも内側カルデラは約7300年前に発生した巨大噴火によって形成されたと考えられる．カルデラの崩壊後，内側カルデラの内部には巨大な流紋岩質溶岩ドーム（～32km^3）が形成されたことがわかっている（Tatsumi et al., 2018）．

ROV（remotely operated vehicle）は母船に接続されたケーブルを通して電力供給および信号伝送を行う水中ロボットである．KOBECでは，海底の物質を観察・採取するため，2016年にROV（SHINDAI-2K）を導入した．本発表では鬼界カルデラ内の以下の３カ所（８地点）で行った９回の潜航調査の予察的結果を報告する．

外側カルデラでは北東縁の２か所で調査を行った．この内の1地点ではカルデラ壁に緻密で角張った塊状岩体が露出していることが観察された．この地点において安山岩質の転石が得られたことから，反射法地震探査で推定された火成岩の存在が確認できたと考えられる．また，もう一つの地点では砂質の海底面が見られた．ROVでサンプリングした堆積物を分析した結果，カルデラ噴火によって放出された火山ガラスの存在が確認された．

内側カルデラ周辺部では2回の潜航調査を実施した．内側カルデラ北東部のカルデラ壁では，塊状で切り立った露頭において幅数㎝の水平な縞状構造を持つ緻密な泥岩が見られた．一方，内側カルデラの南東部では海底が砂質や泥質の堆積物で覆われていることが観察された．この堆積物からもカルデラ噴火によって放出された火山ガラスが確認された．またこの地点では発泡した溶岩ブロックが点在している様子が観察された．これらのブロックの表面には細かい割れ目が発達しており，高温の噴出物が海水によって急冷されたことを示唆している．

溶岩ドームでは4回の潜航調査を実施した．その概要は，Tatsumi et al（2018）によって既に報告されている．溶岩ドームの表面の大部分は数m程度の大きさの発泡した溶岩ブロック（枕状溶岩ローブ; Tatsumi et al., 2018）で覆われていることが観察された．これらのブロックの表面にも急冷構造が確認された．溶岩ドーム

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東側山麓の地形調査によってガリー状の地形が観察された地点では，比較的ち密で角張った急冷溶岩ブロックが観察された．また，サイドスキャンソナー探査によって熱水の放出が示唆された溶岩ドームの北側山麓では少量のガスが放出されていることがROV調査の結果確認された．

ROVを用いた目視観測と堆積物サンプリングによって，海底火山の噴火史と噴火様式を理解するための貴重な情報が得られる．我々の予備的な観察結果から以下のことがわかった．（１）鬼界カルデラでは溶岩ドームからの距離が増加するとともに，溶岩ブロックの量と大きさが減少することから，これらのブロックの起源が溶岩ドームであることが示唆される．（２）少なくとも鬼界カルデラ内の一部には基盤岩が露出している．（３）カルデラ縁に位置する2つの島に露出している古い火山体と同様に，カルデラ崩壊によって海底部の古い火山体が切られ，それらの山体の一部が外側カルデラのカルデラ壁に露出している．これらの結果および今後のROV調査によって海底火山の噴火史についての新しい知見が得られると期待される．

キーワード：海底火山、カルデラ火山、鬼界カルデラ、ROV
Keywords: Submarine volcanoes, Caldera volcanoes, Kikai caldera, ROV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底地震観測を用いた鬼界カルデラで発生する地震活動
Seismic activity beneath Kikai Caldera by using Ocean Bottom Observation

*瀬戸 康友[1]、杉岡 裕子[2]、山本 揚二朗[3]、高橋 努[4]
*Yasutomo Seto[1], Hiroko Sugioka[2], Yojiro Yamamoto[3], Tsutomu Takahashi[4]

1. 神戸大学大学院　理学研究科　惑星学専攻、2. 神戸大学　理学研究科　惑星学専攻、3. 海洋研究開発機構、4. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Department of Planetology, Kobe University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Research and Developement Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

鬼界カルデラは鹿児島県南部海域に位置する海底カルデラで，火山フロント上に位置する．鬼界カルデラは約7300年前の巨大噴火以降，大規模な溶岩ドーム（～32 km^3）が形成されたことが最近明らかにされた（Tatsumi et al., 2018）．

2016年10月に実施された深江丸航海中に，カルデラ内の最深部に短周期海底地震計（OBS）5台を設置し，約5ヶ月間の連続観測を行った．その結果，観測期間中において約1100イベントの火山性微動（基本周波数～2Hz）が検出され，カルデラ直下において極めて高頻度で発生していることが判った．また，この火山性低周波微動の他に5Hz以上が卓越する火山性高周波地震（32イベント）と多数のモノクロマティック微動が検出されたが，近傍の薩摩硫黄島の陸上観測点ではこれらの火山性地震に対応するシグナルは検出されていない．

一般に火山は通常の地殻に比べ，強い不均質性を持っており，地震波はそのランダム不均質構造によって散乱や回折の影響を受けて観測点に伝播する．実際，鬼界カルデラ内で検出されたモノクロマティック微動は、海中無人探査機の高性能カメラによって熱水活動が観察された場所の近傍の観測点のみに検出されるなど、火山体内部の強い３次元不均質構造を示唆するものであった．そのような3次元不均質媒体を伝播する地震波の解析には振幅エンベロープによる手法が用いられてきた．本研究ではTakahashi et al. (2007)に基づき，S波の到着からS波エンベロープの最大振幅までの遅延時間（ピーク遅延時間）に着目した手法を1100の低周波地震と32の高周波地震に適用した．

まず，高周波地震と一部の低周波微動についてはP波，S波が明瞭に記録されており，それらの立ち上がり時刻を読み取り，震源決定を行った．震源は深さ10 kmで二分して分布し，そのうち浅部の地震の殆どが溶岩ドーム内に存在することがわかった．また，同イベントに対して，2-4, 4-8, 8-16, 16-32 Hzのバンドパスフィルターをかけ，各周波数帯のRMSエンベロープ波形を作成し，ピーク遅延時間を測定した．本発表では，得られたピーク遅延時間の特徴を議論する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造探査
An investigation of three-dimensional electrical resistivity structure under Kikai Caldera

*松野 哲男[1,2]、廣瀬 時[2]、沖園 雄希[3]、島 伸和[2,1]、市原 寛[4]、杉岡 裕子[2,1]、巽 好幸[1,2]
*Tetsuo Matsuno[1,2], Toki Hirose[2], Yuuki Okizono[3], Nobukazu Seama[2,1], Hiroshi Ichihara[4], Hiroko Sugioka[2,1], Yoshiyuki Tatsumi[1,2]

1. 神戸大学海洋底探査センター、2. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、3. 神戸大学理学部惑星学科、4. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター
1. Kobe Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 3. Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University, 4. Graduate school of environmental studies, Nagoya University

私たちはこれまで、南西日本の海底にある鬼界カルデラ下の3次元電気比抵抗構造（もしくは電気伝導度構造）を明らかにするため、電磁気学的な探査を行ってきた。電気比抵抗値は、海底下の地殻や上部マントルの温度構造、部分溶融帯（もしくはマグマ）や流体の存在により大きく変化する。そのため、鬼界カルデラ下の電気比抵抗構造を明らかにすることにより、このカルデラ下の地殻・上部マントル中のマグマ溜まりの分布、カルデラの火山構造や活動度について重要な知見を得ることができる。本研究の電磁気学的探査は、神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船「深江丸」により2016年10月から行っている鬼界カルデラ総合探査の一環として行っている。年2回の探査航海により、海底電位差磁力計(OBEM)を、場所を変えて設置と回収を繰り返し行い、3次元の電気比抵抗構造を解明するために有効なデータを取得している。これまで13の観測点に機器を設置し、10観測点で解析に有効なデータを得ている。これら10観測点は海底の鬼界二重カルデラ域のおよそ13 km ×16 kmの範囲をカバーしており、観測点間隔はおよそ5-10 kmほどである。海底電位差磁力計は、海底での電磁場の時間変動を8 Hzと60 sのサンプリング間隔で測定・記録している。同時に、機器の傾斜と温度も測定・記録している。観測時系列データには、海底において機器が振動していると考えられる期間が見られた。この振動の原因は、この海域付近の黒潮流と島々間の強い海流、火山域の溶岩からできる凹凸の激しい海底上での海底機器の不安定な設置状況によると考えられる。このような観測データを注意深く調べ、使用するデータ期間を選択し、最終的に10の観測点において周期21 sから8192 sのMT(MagnetoTellurics)応答関数をBIRRPプログラム[Chave and Thomson, 2004]を使用して推定した。推定したMT応答関数を用い、3次元の電気比抵抗構造をUsui et al. [2018]のインバージョンプログラムにより推定した。MT応答関数に強い地形効果を及ぼす可能性のある観測点周辺の海底地形の起伏は、インバージョンモデルの中に四面体メッシュで組み込んだ。暫定的な3次元インバージョンモデル（データとモデル計算値のRMSミスフィットは~1.7）は、深さ5-10 kmより浅い部分では3-10 Ω-mの高電気伝導度で、その厚さは西側ほど薄く東側ほど厚いという特徴を示す。一方、さらに深部の10-30 kmの深さでは、30-300 Ω-mのより低電気伝導度の領域が広がるという特徴を示す。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:大場 武、寺田 暁彦

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SVC38-36] 箱根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、西野 佳奈[1]、沼波 望[1]、代田 寧[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、鋤柄 千穂[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.神奈川県環境科学センター、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-37] 霧島硫黄山火山ガスの化学組成および安定同位体比

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、外山 浩太郎[3]、角野 浩史[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、新宮原 諒[4] (1.東海大学理学部化学科、2.気象庁気象研究所、3.東京大学大学院　総合文化研究科　広域科学専攻、4.名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-38] 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変化

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、秋山 良秀[1]、相澤 広記[4]、塚本 果織[4] (1.東京大学　大学院総合文化研究科　広域科学専攻　相関基礎科学系、2.東海大学　理学部化学科、3.気象庁気象研究所、4.九州大学　大学院理学研究院附属　地震火山観測研究センター)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-39] 草津白根火山・湯釜火口周辺における土壌水銀放出帯

*寺田 暁彦[1]、水谷 紀章[1] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-40] Magnetotelluric images of Kusatsu-Shirane volcano, revisited by 3-D modeling with tetrahedral elements considered topography effect

*Kuo Hsuan Tseng[1]、Yasuo Ogawa[1]、Nurhassan .[2]、Sabri Bulent Tank[3]、Akihiko Terada[1]、Wataru Kanda[1]、Masato Fukai[1] (1.Tokyo Institute of Technology、2.Bandung Institute of Technology, Indonesia、3.Bogazici University, Turkey)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-41] 広帯域MT法データから推定される阿蘇火山のマグマ供給系と浅部熱水系

*松島 喜雄[1]、宇津木 充[2]、高倉 伸一[1]、山崎 雅[1]、畑 真紀[3]、橋本 武志[4]、上嶋 誠[3] (1.産総研地質調査総合センター、2.京都大学、3.東京大学、4.北海道大学)

箱根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化
Time variation in the chemical and isotopic composition of fumarolic gases at Hakone volcano Japan

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、西野 佳奈[1]、沼波 望[1]、代田 寧[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、鋤柄 千穂[4]
*Takeshi Ohba[1], Muga Yaguchi[2], Kana NISHINO[1], Nozomi Numanami[1], Yasushi DAITA[3], Urumu Tsunogai[4], Masanori Ito[4], Chiho Sukigara[4]

1. 東海大学理学部化学科、2. 気象庁気象研究所、3. 神奈川県環境科学センター、4. 名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻
1. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 2. Meteorological Research Institute, JMA, 3. Kanagawa Environmental Research Center, 4. Nagoya University Graduate School of Environmental Studies

火山ガス，火山灰, 温泉水等のマグマや熱水系から放出される物質を分析対象とする地球化学的な観測手法は, 水蒸気噴火の予測や熱水系の構造解明に対し有効な手段の一つである.箱根山では2015年4月下旬に群発地震が始まり，6月末に水蒸気爆発に至った過程で, 群発地震の発生に先行し，火山ガス中の水の安定同位体比が低下し, 地震数の増減に同期するCO2/H2O比の変動が観測された. さらに2015年6月末の噴火で放出された火山灰を分析し，その構成鉱物種や付着した熱水成分のCl/S比等を指標として当該火山灰の起源深度が地下約350-500mよりも浅部であると推定された. 箱根火山は数年毎に群発地震やそれに伴う噴気異常を繰り返しており, 継続的な火山ガスの地球化学的観測により群発地震の発生機構の解明や推移の予測手段が確立できると期待される.

箱根山の中央火口丘に発達する地熱地帯である大涌谷と上湯場で，自然に放出している噴気（それぞれをT，Sとする）を毎月採取・分析し，以下の結果を得た．2017年10月頃にTのCO2/H2S比は最大値に達し，その後2019年1月にかけてなだらかに減少する傾向を示した．TではHe/CH4比についても同様な傾向が見られた．SのCO2/H2S比は，2018年2月から2019年2月までほぼ一定の値を維持したが，2018年11月に一度低下が見られた．SのHe/CH4比は，Tと同様に2018年に低下傾向が見られたが，低下の速度はTよりも緩やかであった．これらの比の分子であるCO2やHeは脱ガスするマグマに由来し，分母のH2SやCH4は熱水系に由来する．よって2018年に観測されたCO2/H2S比およびHe/CH4比の低下傾向は，マグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量が低下傾向であったことを示している．この原因としては，マグマを取り囲むシーリングゾーンの発達が考えられる．2018年のCO2/H2S比およびHe/CH4比の低下傾向は2019年に入り，解消される兆しが見える．TとSのCO2/H2S比は2019年1月から2月にかけて，わずかに上昇した．これに対応するように2019年1月24日に箱根山で軽微な群発地震が観測された（神奈川県温泉地学研究所HPより）．

TとSのN2/He比は2018年から2019年にかけて低い値を維持したが，Tの2019年1月は例外的に高い値を示した．N2は大気に由来する成分であり，噴気にN2が増加することは，浅部熱水系の流体圧が低下し，大気の混入が一部発生したことを示している．2015年の4月末から始まった群発地震の直前にもN2/He比の上昇が観測されており，マグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量の低下が原因として考えられているので，2018年も同様な現象が発生したと推定される．TとSに含まれるH2OとH2の水素同位体比を組み合わせて見かけ平衡温度（AETD）を計算することができる．この値の群発地震に先行する低下現象が2014年と2017年に観測されている．2018年の初頭から10月にかけて，特にSについてAETDが低下しつつある．これは群発地震の前兆である可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島硫黄山火山ガスの化学組成および安定同位体比
Chemical and isotopic composition of volcanic gases at Mt Kirishima Iwoyama, Japan

*大場 武[1]、谷口 無我[2]、外山 浩太郎[3]、角野 浩史[3]、角皆 潤[4]、伊藤 昌稚[4]、新宮原 諒[4]
*Takeshi Ohba[1], Muga Yaguchi[2], Kotaro Toyama[3], Hirochika Sumino[3], Urumu Tsunogai[4], Masanori Ito[4], Ryo Shingubara[4]

1. 東海大学理学部化学科、2. 気象庁気象研究所、3. 東京大学大学院　総合文化研究科　広域科学専攻、4. 名古屋大学大学院 環境学研究科 地球環境科学専攻
1. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 2. Meteorological Research Institute, 3. The University of Tokyo Graduate School of Arts and Sciences Department of Basic Science, 4. Nagoya University Graduate School of Environmental Studies

【序】

霧島硫黄山では，2015年12月に山頂付近で噴気が出現し2017年5月には噴気の放出が急激に盛んになった．さらに2018年4月には小規模な水蒸気噴火が発生した．火山ガスはマグマから脱ガスした成分を含み，火山活動の評価に有用である．本研究では，2015年12月から2019年1月にかけて，霧島硫黄山で噴気を繰り返し採取・分析した．これらの試料の化学組成および安定同位体比の変動と最近の火山活動との関係を考察する．

【噴気の採取・分析】

霧島硫黄山山頂付近の３か所で噴気a，b，cを採取した．噴気aの位置は，2015年12月に噴気が出現した場所で，噴気bは噴気aから40m程度南に位置する．噴気cは噴気aから南南西の方向に200m程度離れている．噴気の出口温度は水の沸点に近く，噴気の放出圧力は低かった．噴気の放出に大きな音は伴わなかった．KOH水溶液を封入し内部を脱気したガラス瓶（Giggenbach bottle）による採取，ヨウ素溶液による洗気，凝縮器による噴気凝縮液採取を行い，それらの分析結果を組み合わせ，噴気の全化学組成と水の安定同位体比を決定した．

【結果・考察】

噴気aのSO2/H2S比は2018年5月から10月にかけて急激に低下したが，2019年1月に再び上昇した．噴気bでも2018年10月から2019年1月にかけて上昇が観測された．3つの噴気全てに2018年10月から2019年1月にかけてH2Oの酸素同位体比の上昇が見られた．3つの噴気全てで，CO2/H2O比は2018年10月から2019年1月にかけて大きく低下した．3つの噴気でH2S/H2O比は2018年10月から2019年1月にかけて僅かに低下した．

一般にCO2はマグマに起源する成分，H2Sは熱水系に起源する成分とされ，浅部熱水系に対するマグマ起源ガスの流量が増大するとCO2/H2S比は上昇する．草津白根山や箱根山では噴気のH2S/H2O比が時間的に安定しており，CO2/H2S比はマグマ起源ガスの浅部熱水系に対する流量の良い指標となる．霧島硫黄山噴気のH2S/H2O比は変動が激しく，草津白根山や箱根山とは状況が異なる．さらに噴気毎の振る舞いにも統一性が見られない．例えば， 2018年1月から3月にかけて，噴気aのH2S/H2O比はほとんど変化しなかったが，噴気b，cでは大きく低下した．2018年3月から5月にかけて噴気aではH2S/H2O比は大きく低下したが，噴気cでは逆に上昇した．このようにH2S/H2O比の変化は噴気の間で協調しておらず，H2S/H2O比変化の原因は局所的であると考えられる．このため，霧島硫黄山では噴気のCO2/H2S比をマグマ性CO2の熱水系に対する流量

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

の指標として用いることは適当でないと考えられる．霧島硫黄山では2015年12月以前では噴気の放出は見られず，浅部熱水系は活動していなかったと推定される．霧島硫黄山噴気のH2S/H2O比が大きく変動するのは，浅部熱水系の発達が不十分であることが理由として考えられる．

噴気のSO2/H2S比は2018年1月に低い値であったが，噴火の直前に当たる2018年3月に急上昇している．しかもSO2/H2S比の上昇は3つの噴気で協調している．この時，H2OとH2の水素同位体比を組み合わせて計算される見かけ平衡温度（AETD）は，噴気a，bでマグマ温度に近い値まで急激に上昇した．SO2/H2S比とAETDの上昇は2017年5月にも起きている．この時期，噴気の放出量が増大し，極めて勢いの強い噴気が出現していた．H2Oの酸素同位体比は大まかには3つの噴気で協調して変動している．2018年4月の噴火の直前である3月に酸素同位体比は噴気a，bで極大値に達していた．またSO2/H2S比が高い2017年5月に噴気aで高い酸素同位体比が観測されている．SO2/H2S比と酸素同位体比を合わせて考慮すると，2017年5月には2018年4月に類似した火山活動が起きており，いわゆる噴火未遂の状態であった可能性が高い．

SO2/H2S比と酸素同位体比について，2018年10月と2019年1月の値を比較すると，噴気a，bでは協調して上昇している．噴気cで酸素同位体比は上昇したものの，SO2/H2S比は低い値を維持している．SO2/H2S比と酸素同位体比の上昇は2018年1月から3月にかけて起きており，その直後に水蒸気噴火が発生している．霧島硫黄山では今後火山活動の活発化が推定される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変化
Temporal and spatial variations of helium isotope ratios in volcanic gases in Kirishima volcanic group, Japan

*外山 浩太郎[1]、角野 浩史[1]、川名 華織[1]、大場 武[2]、谷口 無我[3]、秋山 良秀[1]、相澤 広記[4]、塚本 果織[4]
*Kotaro Toyama[1], Hirochika Sumino[1], Kaori Kawana[1], Takeshi Ohba[2], Muga Yaguchi[3], Yoshihide Akiyama[1], Koki Aizawa[4], Kaori Tsukamoto[4]

1. 東京大学　大学院総合文化研究科 広域科学専攻　相関基礎科学系、2. 東海大学　理学部化学科、3. 気象庁気象研究所、4. 九州大学　大学院理学研究院附属　地震火山観測研究センター
1. Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Department of chemistry, School of Science, Tokia University, 3. Meteorological Research Institute, 4. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

In Kirishima volcanic group in Kyushu, Southwest Japan, Shinmoe-dake is an active volcano and erupted in 2008, 2011, 2017 and 2018, and Iwo-yama also erupted in 2018. For the volcanic disaster preservation, forecasting the timing of the volcanic eruption is required. It is known that the temporal variations in chemical and isotopic compositions of volcanic gases are useful to evaluate the present state of volcanic activity [1]. Especially, helium isotope ratio ($^3He/^4He$) exhibits unique values corresponding to the origin (e.g., 7-8 Ra in the mantle and about 0.02 Ra in the crust, where 1 Ra denotes atmospheric $^3He/^4He$ ratio of 1.4×10^{-6} [2]). Some studies have reported pre-eruptive $^3He/^4He$ anomalies, suggesting the increase of the magmatic helium supply into the hydrothermal system preceding eruption [1, 3, 4].

We report spatial and temporal variations of $^3He/^4He$ ratios of fumaroles and hot spring gases collected from 10 sites in Kirishima volcanic group during 2016 to 2018. The measured $^3He/^4He$ ratios were corrected for atmospheric contamination based on $^4He/^{20}Ne$ ratios. The air-corrected $^3He/^4He$ ratios (6.8 to 7.7 Ra) of the central craters in the active volcanos (i.e., Iwo-yama and Shinmoe-dake) are higher than those (4.3 to 5.3 Ra) of the other sites. These $^3He/^4He$ ratios decrease with the increase of the distance from the magma reservoir, location of which is estimated as pressure source of crustal deformation associated with the 2011 Shinmoe-dake eruption, to each sampling site. This trend reflects that the contribution of radiogenic ^4He in old groundwater increases with migration distance of the gas from the magma to the site [5].

The $^3He/^4He$ ratios of fumaroles in Iwo-yama slightly increase before Shinmoe-dake eruptions, and decrease after the eruption. This variation cannot be accounted for by the contribution of the radiogenic ^4He relative to total helium in the fumaroles before and after the eruptions, because it is estimated that the amount of radiogenic ^4He which volcanic gas can acquire during its migration from magma to the surface is negligible. Alternatively, the variation results from the change in mixing ratio of gases derived from two reservoirs having high and low $^3He/^4He$ ratios. Assuming that the magma chamber has high $^3He/^4He$ ratio, the increase of $^3He/^4He$ ratios of the fumaroles before the eruption would be resulted from increase of the supply of the gas from the chamber to the Iwo-yama fumaroles. Once an eruption occurs at Shinmoe-dake, magmatic gas is effectively released through the volcanic vent, resulting in decrease of its supply to the Iwo-yama fumaroles. Thus, the temporal variation of $^3He/^4He$ ratios in volcanic gases may reflect the pressure variation of the magma chamber.

References: [1]Paonita et al. (2016) Geol.; [2] Ozima and Podosek (2002) Noble Gas Geochemistry.; [3] Padrón et al. (2013) Geol.; [4] Sano et al. (2015) Sci. Rep.; [5] Sano et al. (1994) Appl. Geochem.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：霧島火山群、ヘリウム同位体比、火山ガス、時空間変化、火山噴火
Keywords: Kirishima volcanic group, Helium isotope ratios, Volcanic gas, Temporal and spatial variations, Volcanic eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

草津白根火山・湯釜火口周辺における土壌水銀放出帯
Emission regions of gaseous elemental mercury around Yugama crater lake at Kusatsu-Shirane volcano, Japan

*寺田 暁彦[1]、水谷 紀章[1]
*Akihiko Terada[1], Noriaki Mizutani[1]

1. 東京工業大学理学院火山流体研究センター
1. Volcanic Fluid Research Center, Faculty of Science, Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

草津白根火山は，近年は水蒸気爆発を繰り返す火山として知られている．一般に，火口周辺の地下数 100 m程度には熱水が存在する．このような熱水へ高温火山ガスが注入されることで地下浅部における熱・エネルギーの均衡が崩れ，熱水が急激に気化・膨張することが，水蒸気爆発の発生機構の一つとして挙げられる．

火口周辺に伏在する熱水は，粘土等で構成される不透水性のキャップロックに覆われていることが多い．その形成過程やその後の噴火活動等を反映して，キャップロックは力学的に不均質である．そのようなキャップロックの力学的な不均質性を明らかにして，過去の噴火発生場所と比較することは，水蒸気爆発発生機構を検討するばかりでなく，将来の噴火発生場所を予測するために重要である．

草津白根火山は，1805年以来，水蒸気爆発を繰り返してきた活動的火山である．当地の熱水やキャップロックの位置は，電磁気学的手法に基づく地下構造調査（MT 探査）から示唆されている．しかし，MT 探査における空間分解能は数 100 m 程度であるのに対し，近年，火口周辺で発生した水蒸気爆発の火口列は幅数 10 m 程度である．そのため，キャップロックの不均質と噴火割れ目との関係は不明である．特に，同火山・白根火砕丘南側斜面には観光客が訪れるため，地下浅部構造の詳細は防災上重要である．

2. 水銀放出率測定手法の適用

本研究では，土壌ガスとして地上へ放出される揮発性成分の1つである単体の気体水銀（以下，GEM）の面的分布に注目した．深部から上昇した水銀種は，その大半が GEM として地下浅部の熱水系の気相に分配される．また，熱水系周辺に存在する変質鉱物に含まれる水銀は，熱水系の温度変化に鋭敏に応答して揮発して大気へ放出される．このような GEM は，周囲よりも透水性の高い破砕帯を優先的に経由し地上へ放出されるであろう．そのため，GEM 放出率分布は地下浅部透水係数の不均質を反映していることが期待される．

3. 測定方法

本研究では，従来よりも短時間で多点観測可能な非循環系 Dynamic Flux Chamber 法を構築した．測定は，直径 7 cm のポリプロピレン製の半円筒容器を地表面に被せることで行う．すなわち，一定時間内に地表面から揮発した水銀を含む容器内部の空気を，原子吸光法を原理とした GEM 濃度測定装置へ導入する．本装置では，GEM を金アマルガム法により濃縮することで低濃度を精度よく測定する．得られた GEM 濃度は，本研究で構築した簡単な数値モデルを用いて単位時間・面積あたりの GEM 放出率へ変換される．

測定は，草津白根山周辺の合計81点において2017年9月10 - 14日，および2018年8月30日 - 9月13日に行った．白根火砕丘南側斜面については約 100 - 200 m 間隔で8本の東西測線を設定し，合計64点で測定した．このほか，同地域における平均的な GEM 放出率を検討するため，火口から最大 6 km 程度離れた場所に観測点を設けて17点で測定した．

4. 結果と議論

得られた GEM 放出率の範囲は 0.8 - 67×10^{-3} ng/m^2/s，中央値は 3.1×10^{-3} ng/m^2/s である．この範囲は，世界各地の火山熱水系周辺で測定された GEM 放出率の値の範囲に概ね一致する．白根火砕丘南側斜面では，水釜南部から南西・南東方向に伸長する高 GEM 放出率帯が初めて観測された．これらの領域の GEM 放

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

出率は白根火砕丘周辺の背景値より約10倍高い．

湯釜火口湖から南西方向へと伸びる高放出率帯（A）は過去の火口列（割れ目）の位置に一致するほか， MT探査から示唆される地下構造の不連続にも矛盾しない．すなわち，Aは地下の破砕帯を反映していると思われる．一方，南東方向へ伸びる高放出率域（B）には対応する火口列が確認できない．過去の噴火記録によれば，湯釜内部にはBと同じ北西－南東方向の割れ目が出現したことがある．すなわちBも伏在した破砕帯に対応すると考えられる．地表面で火口列が確認されないのは，この領域が過去の噴出物に厚く覆われているためであろう．このBの南東端は湯釜火口中心から 700 m 離れた国道付近まで伸びており，Bは将来的に水蒸気爆発を起こし得る領域として留意する必要がある．

本研究を行うにあたり，文部科学省科研費・基盤研究(B)（18H01290）を使用しました．

キーワード：単体気体水銀、草津白根火山、熱水系、水蒸気噴火
Keywords: Gaseous elemental mercury, Kusatsu-Shirane volcano, Hydrothermal system, Phreatic eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetotelluric images of Kusatsu-Shirane volcano, revisited by 3-D modeling with tetrahedral elements considered topography effect

*Kuo Hsuan Tseng[1], Yasuo Ogawa[1], Nurhassan .[2], Sabri Bulent Tank[3], Akihiko Terada[1], Wataru Kanda[1], Masato Fukai[1]

1. Tokyo Institute of Technology, 2. Bandung Institute of Technology, Indonesia, 3. Bogazici University, Turkey

Mount Kusatsu-Shirane, Japan, is an active volcano with temporary phreatic eruptions. The distribution of subsurface conductor was previously inferred with 2-D inversion of magnetotelluric data which considered the topography effect. We combine the magnetotelluric data from 94 stations which were investigated in 2001-2002 and 8 stations which were investigated in 2017-2018 for inverse modeling. The stations were located on the volcano, mostly around Yugama crater. We selected the data by 15 frequencies for the 3-D inverse modeling. The model was calculated by FEMTIC (Usui, 2015; Usui et al., 2017), considering the topographic effect.

The final model presents two major electric conductive structures. A 0.5-3 ohm-m conductive structure with 500-1000 meters thickness is located at 300 meters depth, beneath Yugama crater and extend to the east slope of Kusatsu-Shirane volcano until Sesshogahara fumarole field. Another conductor at the west of Yugama crater has 600-1000 meters thickness at 1500-2000 meters depth.

Comparing the final model with microseismic data, most of the hypocenters are under a low conductive (<2 ohm-m) structure beneath Yugama crater. This conductive structure infers a hydrothermal deposit of volcano, which cut-off the seismicity as a cap rock. At the north of Mizugama crater, a high resistivity structure at the edge of conductor infers the path of fumarole. The deep conductor between Kusatsu-Shirane volcano and Manza geothermal field infers the geothermal source of Kusatsu-Shirane volcano system.

Keywords: data inversion, geothermal field, clay, fumerole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

広帯域MT法データから推定される阿蘇火山のマグマ供給系と浅部熱水系
Magma conduit and associated hydrothermal systems of Aso volcano as revealed by broadband magnetotelluric data

*松島 喜雄[1]、宇津木 充[2]、高倉 伸一[1]、山崎 雅[1]、畑 真紀[3]、橋本 武志[4]、上嶋 誠[3]
*Nobuo Matsushima[1], Mitsuru Utsugi[2], Shinichi Takakura[1], Tadashi Yamasaki[1], Maki Hata[3], Takeshi Hashimoto[4], Makoto Uyeshima[3]

1. 産総研地質調査総合センター、2. 京都大学、3. 東京大学、4. 北海道大学
1. Geological Survey of Japan,AIST, 2. Kyoto University, 3. The University of Tokyo, 4. Hokkaido University

阿蘇火山の地下構造を求める目的で、広帯域MT探査法による比抵抗構造調査をカルデラ内外で実施した。2015年に56測点、2016年に46測点でデータを取得し、それらの結果はHata et al. (2016,1018)で報告している。その後、それまで噴火活動により近接できなかった中岳第一火口周辺にて、2017年から2018年にかけて9測点で観測を行った。前回の報告では、中岳下から深度15km程度まで延びる円柱状の低比抵抗体が求められている。比抵抗値はもっとも低いところで1 Ω・m以下になり極めて低い。その一部は地震波トモグラフィーによって求められている低速度異常域（Sudo and kong 2001）と重なっている。また、深度15km以深のシル状地殻変動源（国土地理院、2004）や深部低周波地震（気象庁）に向かって延びているように見える。このことから、この低比抵抗体は深部のマグマ溜まりから中岳へ延びるマグマ供給系であると解釈されている。前回の解析では、深度2kmぐらいから浅部の構造が不明瞭であった。そこで、有史以来、頻繁に噴火活動を繰り返している中岳第一火口と低比抵抗体の関係を明らかにするべく、2015年のデータに第一火口周辺の9観測点を加え、あらためて3次元の比抵抗構造解析を行った。その際に、鉛直方向のグリッド形状を変更したため、地形を与え直した。インバージョンでは測定周期0.005から2380秒のうち、16周期を選択し、リモートリファレンス処理を行った4成分のMTインピーダンステンソルと2成分のティッパーベクトルを用いた。まず、インピーダンスとティッパーのエラーフロアをそれぞれ20、30%とし、RMS値の低い結果を初期値として、次にエラーフロアをそれぞれ5、10%としたイタレーションを10回行い、最もRMS値の低いものを最終結果とした。得られた結果をみると、低比抵抗体の最上部は中岳第一火口直下に位置している。また、その深度は海水準付近となり、2014年の噴出物のメルトインクルージョンの分析から推定されたマグマの深度の上限が海水準付近であること（Saito et al.,2018）と良い一致を示す。このことから、低比抵抗体は第一火口にマグマを供給する火道であると推測される。ただし、低比抵抗体の水平方向の幅は1km程とかなり厚く、火道の周囲に塩分濃度の濃い流体が存在しているのかもしれない。一方、第一火口から山腹にかけて、海水準から深度1km程度で数Ω・mの低比抵抗域が水平方向に広がっている。垂玉温泉付近の坑井のデータや、山麓での湧水の化学成分等を参考にすると、火道を中心として山体内に発達した熱水系を表しているようである。

キーワード：阿蘇火山、比抵抗構造、マグマ供給系
Keywords: Aso volcano, resistivity structure, magma plumbing system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長:篠原 雅尚(東京大学地震研究所観測開発基盤センター)、石山 達也(東京大学地震研究所)

日本列島は地質時代を通じて大陸と海洋の境界部に位置し、その地殻構造にはプレートの沈み込み運動、背弧海盆の形成、島弧-島弧の衝突など多様な造構運動が記録されている。近年の地殻構造探査技術の進展や自然地震観測は、詳細な地殻マントル構造を明らかにしつつある。このような地質時代を通じて形成された地殻-マントル構造は、断層の再活動やレオロジー特性を通じて、地震活動や地殻変動のような現在進行しているテクトニクスにも大きな影響を及ぼしている。構造を一つの軸として、様々な時間帯に及ぶ変形プロセスを総合的に議論することは、現在、日本列島で進行しているテクトニクスを理解する上で重要である。本セッションでは、地質学・地球物理学的な観測をはじめとして様々な手法によって得られた日本列島の地殻・マントル構造を基軸として、地殻構造とレオロジー、地質構造の形成プロセス、変動地形から測地学帯域に及ぶ幅広い時間帯域のテクトニクスについて, 数値実験も含め総合的に議論する。

9:00 ~ 9:15

[SCG57-01] 北海道北部における最近の地震活動

発表キャンセル

*高波 鐵夫[1,2] (1.カーネギー研究所、2.北海道総合地質学研究センター)

9:15 ~ 9:30

[SCG57-02] 地震探査から見る日本海北海道南西沖における地殻構造

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、佐藤 比呂志[2]、石山 達也[2] (1.海洋研究開発機構 、2.東京大学地震研究所)

9:30 ~ 9:45

[SCG57-03] 渡島半島横断深部反射法地震探査

*佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、加藤 直子[1]、清水 英彦[2]、佐藤 壮[3]、川崎 慎治[2]、野 徹雄[3]、小平 秀一[3]、三浦 誠一[3] (1.東京大学地震研究所、2.地球科学総合研究所、3.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[SCG57-04] 千島海溝域の固着による北海道周辺域の地殻変動場と震源断層における応力蓄積

*橋間 昭徳[1]、佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、Andrew Freed[2] (1.東京大学地震研究所、2.パーデュー大学)

10:00 ~ 10:15

[SCG57-05] Structural Heterogeneity in and around the Source Region of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Central Hokkaido, Japan

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、松原 誠[5]、佐藤 比呂志[1]、蔵下 英司[1]、平田 直[1]、阿部 進[6]、野田 克也[7]、藤原 明[8]、菊池 伸輔[9]、鈴木 和子[10] (1.東京大学地震研究所、2.千葉大学大学院理学研究院、3.地震予知総合研究振興会、4.北海道総合地質学研究センター、5.防災科学技術研究所、6.石油資源株式会社、7.(株) ジオシス、8.(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、9.(株) 地球科学総合研究所、10.シュランベルジェ)

10:15 ~ 10:30

[SCG57-06] 北海道中軸部における比抵抗構造：超塩基性岩のテクトニクスへの制約

*市原 寛[1]、茂木 透[1]、山谷 祐介[2] (1.名古屋大学地震火山研究センター、2.産業総合研究所)

北海道北部における最近の地震活動
Recent Earthquake Activity in Northern Hokkaido, Japan

*高波 鐵夫[1,2]
*Tetsuo Takanami[1,2]

1. カーネギー研究所、2. 北海道総合地質学研究センター
1. Carnegie Institution for Science, 2. Hokkaido Research Center of Geology

本発表は北海道北部の最近の地震活動をプレートテクトニクス的観点から考察し、そこでの潜在的地震災害を理解するために行った調査報告である。平成24年(2012年)7月15日から7月18日かけて北海道北部の中川町周辺(音威子府付近)で震度４の揺れを感じさせたマグニチュードM4程度の中規模地震を含む群発地震が発生した（気象庁・地震火山月報・防災編、2012）. また震源域周辺では地震計では捉えることができないスロー地震もほぼ同時期に確認された（Ohzono et al., 2015, 池田将平., 2016)。これらの観測から推定された当地域の最大水平ストレス成分はほぼ東西方向にあり、Loveless and Meade (2010)がGlobal Positioning System (GPS)データから見積もった13.0±2.1 mm/y ~ 8.4±2.1 mm/yの E-W の東西圧縮場と調和的である。さらに北海道下には太平洋プレートが千島海溝軸に対して南西方向に斜め沈みつつあるが、その上盤の北海道はユーラシア・プレート、北米プレートと作用し合う、３重合プレート・テクトニクス場でもある。Den and Hotta(1973) は地震探査、重力、地磁気、地殻熱流量などの地球物理学的分布が北海道中軸を境に東西両側で異なることから、中生代から古第三紀にカムチャッカ、オホーツク海、サハリン、及び、北海道中軸以東からなるオホーツク・プレートを初めて提唱し、北海道中軸付近でオホーツク・プレートとユーラシア・プレートとの衝突をいち早く提案した。しかし気象庁地震カタログには1985年以降にこのプレート境界付近の北海道北部で発生したM6を超えた大きな被害地震はなく、現在のオホーツク・プレートの境界を規定する地震学的情報は極めて少なかった。そのような低い地震活動下において、1995年阪神・淡路大震災を契機に地震に関する調査研究の推進のための体制の整備等が図られ、日本の最北端に位置する道北でも地震や地殻変動の観測網が整備され、オホーツク・プレート西縁に位置する北海道北部での地震の検知能力が向上し、小さな地震も捕捉されるようになった。そこで、ここでは1996年１月１日～2018年10月30日の期間に北緯44.２度～北緯45.５度、東経141.5度～東経142.5度の領域内で起こったＭ２以上の地震を用いて、北海道北部地域の地震活動の特性を調べてみた。その結果、ほとんどの地震の震央は、日本海沿岸とほぼ平行に、南北約200km ×東西約40kmの細長いゾーン内（オホーツク・プレート西縁地震帯）に分布し、その東縁は北部の内陸中央にある宗谷丘陵中央部沼川から音威子府を経由し、朱鞠内湖あたりまで追跡できる。一方その東縁を境にオホーツク海側の地震活動は極めて低く、東西での地震活動分布の違いが明瞭であるが、現在のところ、その理由は明らかでない。また中川付近で観測された2012年のイベントは、2008年４月28日羽幌付近の群発地震を契機にゾーン内の地震発生レートが約２倍になった最高の活動期に発生した。これらの中川でのイベントを契機に天塩、幌延付近でもＭ４を超える地震が誘発され、地震活動が加速された。さらにゾーン内で起こった地震の規模別頻度分布から推定されたGR-則のb-値は0.87と見積もられた。若干小さいb-値ではあるが、標準的な地震活動特性を示した。またこの分布から推定された当地域の可能な最大地震規模は約Ｍ５程度である。一方地震本部の長期評価（2007）によれば、当地域にあるサロベツ断層帯を一斉に破壊させる地震の大きさはM7.6 である。今回の調査期間（2.7年間）でM5の地震が１つ起きたことから推して、M7.６の地震１個の発生確率は0.0055と推定され、その発生間隔は183年間と見積もられた。ただこの種の長期間隔で発生する大地震を予想するには今回の調査期間は極めて短かく、その信頼性を議論するには新たな調査が必要である。以上が地震観測が整備された1990年後半以降の地震資料に基づいて初めて明らかになった北海道北部における最近の地震活動の特性である。

キーワード：北海道北部の地震活動、オホーツク・プレート西縁地震帯、群発地震、スロー地震、グーテンベルグ・リヒター則、b-値

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Earthquake activity in northern Hokkaido, Earthquake zone in the western margin of Okhotsk sea plate, Earthquake swarm, Slow earthquake, Gutenberg-Richter law, b-value

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震探査から見る日本海北海道南西沖における地殻構造
Seismic constraints on the crustal structure off the southwestern coast of Hokkaido, Japan Sea

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、佐藤 比呂志[2]、石山 達也[2]
*Tetsuo No[1], Takeshi Sato[1], Shuichi Kodaira[1], Hiroshi Sato[2], Tatsuya Ishiyama[2]

1. 海洋研究開発機構 、2. 東京大学地震研究所
1. JAMSTEC, 2. ERI, University of Tokyo

日本近海での地殻構造研究は、1990年代後半からマルチチャンネル反射法地震（MCS）探査と数十台～100台以上の海底地震計（OBS）を用いた地震探査により、南海トラフや日本海溝など太平洋側を中心に実施され（e.g. 小平, 2009, 地震2）、2000年代後半からは日本海でも進められてきた（e.g. Sato et al., 2018, Tectonophysics）。その中で調査未了海域の１つであった北海道南西沖において2018年にMCS探査とOBS探査を「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環として行った。北海道南西沖は、現時点で明治以降日本海にて発生した浅発地震の中では最もマグニチュードの大きい地震である1993年北海道南西沖地震（M_J 7.8）が発生した海域である。本探査で実施した測線は、奥尻海盆・後志トラフから1993年北海道南西沖地震震源域を東西に横切る形で設定したので、この地震の震源断層と地殻構造の関係や日本海東縁の他の大地震の震源断層と対比する上で重要なデータとなる。さらに、北海道南西沖地震震源域の西方には日本海盆が位置している。日本海盆は、日本海の中では一番広い海盆で、これまで実施された調査から標準的な海洋地殻に相当する厚さと構造を有しているとみられる（e.g. No et al., 2014, EPSL; 佐藤壮・他, 2018, 地震学会）が、さらに本探査の海域は磁気異常の縞模様配列の存在が指摘されている場所（e.g. Kinoshita et al., 1995, 地学雑）にも重なっているため、日本海盆の形成との関係上も重要である。

調査は、JAMSTEC深海調査研究船「かいれい」を用いて、MCS探査を9測線行い、そのうち1測線でOBS57台を用いた地震探査を行った。なお、OBS探査を実施した測線は、同時期に渡島半島で東京大学地震研究所が実施した地震探査測線（佐藤比・他, 本学会）の西延長上に位置しており、海陸統合探査の解析が実施されている（佐藤壮・他，本学会）。

暫定的なデータ処理結果ではあるが、MCS探査の結果からは奥尻海盆・後志トラフから北海道南西沖地震震源域の領域では明瞭な短縮構造がイメージされている。北海道南西沖地震余震域と重なる奥尻海嶺に関して、調査した海域の北側では西傾斜の逆断層を伴った短縮構造の形成が明瞭に認められるが、奥尻島が位置している南側では東傾斜を伴った短縮構造の形成も確認できる。一方、日本海盆では、約2 kmの堆積層が溜まっており、非常に密に断層が発達しているイメージが得られているが、海底地形の変形は生じていない。また、堆積層の基盤から約7　ｋｍ下には非常に明瞭で連続性の良い反射面が確認でき、モホ面と推定される。地殻内には明瞭な反射面が認められ、基盤から2～4 km下には空間的に連続している反射面が確認できる。さらに、モホ面下の最上部マントルに相当する20km付近にも反射体の存在を示唆するイメージが得られている。さらに、日本海盆東縁部はモホ面と見られる反射面のイメージが不明瞭になり、その領域では短縮した構造と地殻内に東傾斜の反射面が認められる。

OBS探査の結果からは、日本海盆の領域では海洋地殻とみられる比較的均質なイメージとなっている。その一方、MCS探査の結果から日本海盆内の明瞭なモホ面と見られる反射面が不明瞭になり、短縮した構造が確認される領域から東側で地殻が厚くなり始め、北海道南西沖地震震源域付近からさらに急激に地殻が厚くなっていくことを示唆する結果となっている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：日本海、1993年北海道南西沖地震、日本海盆、奥尻海嶺、地震探査
Keywords: Japan Sea, 1993 Hokkaido Nansei-Oki Earthquake, Japan Basin, Okushiri Ridge, Seismic survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

渡島半島横断深部反射法地震探査
Deep seismic reflection profiling across the Oshima Peninsula, SW Hokkaido, Japan

*佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、加藤 直子[1]、清水 英彦[2]、佐藤 壮[3]、川崎 慎治[2]、野 徹雄[3]、小平 秀一[3]、三浦 誠一[3]
*Hiroshi Sato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Naoko Kato[1], Hidehiko Shimizu[2], Takeshi Sato[3], Shinji Kawasaki[2], Tetsuo No[3], Shuichi Kodaira[3], Seiichi Miura[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 地球科学総合研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. JGI Inc, 3. Japan Agency for Marine-Earth Acience and Technology

An onshore-offshore seismic data set was collected across the Oshima peninsula, SW Hokkaido to the Japan basin, off SW-Hokkaido to determine the geometry of seismogenic source faults and basic structure of backarc of NE Honshu arc (Sato, T. et al., 2019 JpGU; No et al., 2019, JpGU). Here, we present the result of deep seismic reflection profiling across the Oshima peninsula, high-reslolution seismic reflection survey across the western boundary fault of Hakodate plain and P-wave velocity structure obtained from onshore-offshore integrated seismic processing.

The deep seismic data set was collected across the Oshima peninsula in May, 2018. Vertical land seismometers (GSR) were deployed with a spacing 50 to 200 m along the 54-km-long seismic line using fixed 1119 channel. The seismic source was four to five vibroseis trucks with standard 150 m shot spacing. As high energy shot, 50 stationary sweep were carried out every 5 km along the seismic line. Sweep frequency was 6 to 60 Hz and sweep length was 16 to 20 sec. The obtained seismic data were processed according to a standard common-midpoint (CMP) stacking and a post stack time migration. We used refraction tomography to determine the P-wave velocity structure, that revealed down to 8 km in depth beneath the western part of the seismic line. Obtained P-wave velocity profile demonstrates the geometry of the top surface of pre-Tertiary rocks. The Kamiiso massif and Esashi range marked by high Vp (> 5 km/s) and 2 km of sediment cover are distributed in the Tate and Hakodate Basins. With a pattern of seismic reflection, main geologic structure is interpreted a series of westward dipping Miocene normal faults. The NS-trending Kamiiso massif is an uplifted zone bounded by a high-angle reverse fault, which formed as a normal fault. The high-resolution seismic reflection profiling was performed across the western boundary fault of the Hakodate plain. Seismic source was a viborseis truck and the seismic signal was recorded fixed 845 channel offline recorders (GSR). Shot and receiver intervals are 10 m. The 8-km-long seismic section portrays the geometry of active fault down to 2 km in depth. The fault dips 45 degrees westward in more than one km depth. Judging from the stratigraphy, it is interpreted as a reactivation of normal fault as reverse fault. On the contrary, the shallower part of active fault forms thin-skinned type of deformation associated with wedge-thrust, fault-related fold and flat-ramp structure. The obtained shallow structure is very concordant with the feature of tectonic geomorphology and frontal part of active thrust is presented as a blind thrust. The air-gun shots along the offshore of Oshima peninsula were recorded by fixed recorders on land and integrated P-wave velocity was obtained covering 310 km seismic line. The basic feature is very similar to the velocity model proposed by Sato, T. et al. (2019) JpGU. The velocity structure portrays the detailed structure produced by Miocene backarc extension and formation of the Sea of Japan crust. In spite of the later shortening deformation, basic structure has extensional tectonic features. There no evidence of the subduction of the Sea of Japan crust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

beneath the Hokkaido continental crust.

キーワード：深部反射法地震探査、震源断層、北海道南西部
Keywords: Deep seismic reflection profiling, Seismic source fault, SW Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千島海溝域の固着による北海道周辺域の地殻変動場と震源断層における応力蓄積

Crustal deformation and stress accumulation on source faults around Hokkaido, Japan, due to coupling at the Kuril trench

*橋間 昭徳[1]、佐藤 比呂志[1]、石山 達也[1]、Andrew Freed[2]
*Akinori Hashima[1], Hiroshi Sato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Andrew M. Freed[2]

1. 東京大学地震研究所、2. パーデュー大学
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Purdue University

2018年Mw6.7北海道胆振地震が発生し、北海道厚真町における大規模土砂災害や全島での停電（ブラックアウト）などの被害をもたらした。このような内陸被害地震の発生評価のためには、震源断層形状とともに、断層面にかかる応力も推定する必要がある。断層面の形状は、地震調査研究推進本部のモデルがあるが、我々は断層モデルの改定や、特に海域での震源断層モデルの作成を進めている。一方、プレート内部の応力は、根源的にはプレート境界面におけるプレート間相互作用によって形成される。現在、千島海溝ではプレート間の固着が進み、海溝型巨大地震の発生が危惧されている。GPS観測により、根室半島沖には大きな固着域の存在が推定されている。また、北海道の南東岸が潮位に対してここ数十年で一貫して沈降し続けていることや、北海道南東部における近年の地震活動度の低下は、2011年東北沖地震に先立って観測された現象と類似している。上記の状況を踏まえ、本研究では、北海道周辺の地殻変動計算のため三次元有限要素モデル（FEM）を構築し、千島海溝の固着により北海道とその周辺の震源断層にかかる応力蓄積速度を求める。

本研究で使用する日本列島域の有限要素モデルでは、モデル領域として3700 km ×4600 kmの領域をとっており、日本海溝ー千島海溝周辺領域をも含んでいる。深さ方向には上部マントルに相当する700 kmまで考え、東北日本ー伊豆小笠原弧、西南日本ー琉球弧下に沈み込む太平洋、フィリピン海スラブの三次元的形状を既往研究による形状モデルにしたがって取り入れた。モデル領域は約100万個の四面体のメッシュに分割した。メッシュの大きさはすべり領域に近いところで5 kmとし、外部に行くにしたがって大きくなるように設定した。断層すべりは指定した断層面に変位の食い違い条件を与えることによりモデル化できる。太平洋プレート上面の深さ80 km以浅をすべり領域としてモデル化する。物性は、スラブおよび海洋プレートは70 kmの厚さの弾性体とし、下部は粘弾性アセノスフェアとする。陸側は弾性ー粘弾性の層構造とし、弾性層の厚さは30 kmと50 kmの2つの場合を仮定して計算した。プレート間固着による変動速度には同時進行するアセノスフェアの粘弾性緩和の効果も含まれているので粘弾性緩和後の応答を用いた。

北海道周辺の変動の基本的性質を知るために、千島海溝の根室沖と十勝沖の固着による応答をフォワード計算によって求めた。北海道の地殻変動は、2003年十勝沖地震や2011年東北沖地震の影響を除けば、南東沿岸部で北西方向に5 cm/yr程度の変動があり、それが北部と西部に向かって減衰するという特徴がある。このような基本的特徴は、陸側の弾性層が50 kmの場合に、根室沖に8 cm/yrの固着を与え、十勝沖には4 cm/yrの固着を与えることによって再現することができた。このような固着分布は、北海道全域に圧縮的な応力場を形成する。圧縮軸は北海道東部で北西ー南東方向、北海道西部で東西方向となる。北海道西部の応力場は2018年北海道胆振地震の発生と調和的であった。また本発表では、北海道周辺の震源モデルに本モデルにより得られた応力場を適用してクーロン応力を計算し、地震活動との関係を調べる。

キーワード：千島海溝、地殻変動、有限要素法、粘弾性、クーロン応力
Keywords: Kuril trench, Crustal deformation, Finite element method, Viscoelasticity, Coulomb stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural Heterogeneity in and around the Source Region of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Central Hokkaido, Japan

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、松原 誠[5]、佐藤 比呂志[1]、蔵下 英司[1]、平田 直[1]、阿部 進[6]、野田 克也[7]、藤原 明[8]、菊池 伸輔[9]、鈴木 和子[10]
*Takaya Iwasaki[1], Noriko Tsumura[2], Tanio Ito[3], Kazunori Arita[4], Makoto Matsubara[5], Hiroshi Sato[1], Eiji Kurashimo[1], Naoshi Hirata[1], Susumu Abe[6], Katsuya Noda[7], Akira Fujiwara[8], Shinsuke Kikuchi[9], Kazuko Suzuki[10]

1. 東京大学地震研究所、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 地震予知総合研究振興会、4. 北海道総合地質学研究センター、5. 防災科学技術研究所、6. 石油資源株式会社、7. (株) ジオシス、8. (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、9. (株) 地球科学総合研究所、10. シュランベルジェ
1. Eathquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Association for the Development of Earthquake Prediction, 4. Hokkaido Research Center of Geology, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 6. JAPEX, 7. GEOSYS Inc., 8. JOGMEC, 9. JGI Inc., 10. Schlumberger Ltd.

Central Hokkaido, Japan, has complicated tectonic history of subduction, accretion and collision processes from Late Jurassic to the present. Since Paleogene or Early Miocene, compressional stress regime has been dominated by the dextral oblique collision between the Eurasia and North America (Okhotsk) Plates and the subsequent westward movement of the Kuril Arc due to the oblique subduction of the Pacific Plate. The latter event was responsible for the formation of the Hidaka Collision Zone (HCZ) and the foreland fold-and-thrust belt with a very thick (>10 km) sedimentary package. The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake (M=6.7) took place at a very deep depth of 37 km under this foreland fold-and thrust belt. To understand the mechanism on the occurrence of such a deep earthquake from the surrounding structural heterogeneity, we reanalyzed controlled source seismic data from the 1998-2000 Hokkaido Transect Project by applying advanced processing techniques including CRS/MDRS stacking methods and integrated refraction/wide-angle reflection analyses.

The seismic reflection processing imaged for the first time the NE Japan Arc underthrust eastward beneath the thick sedimentary package. The refraction/wide-angle reflection data were re-interpreted by tomography and ray-tracing methods. The latter analysis with aid of the new structural information from the reflection processing indicate that the crust is very thin (15-23 km) and the Moho depth is 22-30 km. The Pn velocity is a normal value of around 8 km/s. These structural features are well consistent with those in the offshore area of NE Japan, which belongs to the same geological unit. Based on the structural information mentioned above, the aftershock distribution was carefully investigated. Aftershocks relocated by the 3D structure model (Matsubara, 2017) with appropriate station corrections are distributed in a depth range of 7-45 km showing a steep geometry facing to the east. We cannot find any evidence that the aftershock distribution is related with shallow west-verging active faults developed in the fold-and-thrust belt. We think that the high-angle fault of this earthquake was formed by a certain tectonic event before the collision, maybe in Late Oligocene to Middle Miocene. The relocated aftershocks are separated into the upper (7-20 km) and lower (22-45 km) groups. The seismicity gap between them corresponds to the lower crust of our velocity model, probably representing its ductile property. According to our results, more than 80 % of relocated events occurred within the uppermost mantle of our structure model. Possible explanation for this high seismic activity is the cold crust delaminated from the Kuril Arc side, whose existence was is confirmed by a series of seismic reflection profiling in the southern part of the HCZ (Arita et al., 1998; Tsumura et al., 1999; Ito, 2000, 2002) and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

seismic tomography by Matsubara et al. (2017). This delaminated crustal body prevents the thermal circulation and upward migration of dehydrated fluid to cool the forearc mantle and generate more favorable environment for the brittle failure.

キーワード：北海道、北海道胆振地震、地殻・上部マントル構造、制御震源地震探査、tomography、褶曲断層帯
Keywords: Hokkaido Island, Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Crust and upper mantle structure, Controlled-source seismic expeditions, Seismic tomography, Fold-and-thrust belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道中軸部における比抵抗構造：超塩基性岩のテクトニクスへの制約
Electrical resistivity distribution around the middle axis of Hokkaido Island: constraint for tectonics of ultra-mafic rocks

*市原 寛[1]、茂木 透[1]、山谷 祐介[2]
*Hiroshi Ichihara[1], Toru Mogi[1], Yusuke Yamaya[2]

1. 名古屋大学地震火山研究センター、2. 産業総合研究所
1. Earthquake and Volcano Research Center, Nagoya University, 2. AIST

Middle axis of Hokkaido Island is located on a tectonic boundaries between NE Japan arc and Kurile arc. In the south part of the boundary, collision due to migration of fore-arc aliver is known (Hidaka Collision zone). Huge serpentine rock bodies are exposed in the high P/T metamorphic belt (kamui-kotan belt) located on the NE Japan arc side near the boundary. In addition, a fresh peridotite rock body (Horoman periodotite) is also distributed in the south part around the boundary. However, tectonic process to bring the surface has not been understood although it is the key to understand the tectonics. In this study, we discuss the crustal structure beneath the arc-arc boundary especially for ultra-mafic rock area based on electrical resistivity distribution obtained in following three areas: (1) middle part of Hidaka collision zone where serpentine is exposed, (2) north part of Kamui-kotan belt where serpentine is exposed but the collision is not occurred, and (3) south part of Hidaka collision zone where the Horoman peridotite is distributed. In the area (1) and (2), very low resistivity (1-10 ohm-m) anomalies area found in the depth around 10-40 km beneath the surface serpentine body but they are not significant beneath out of the serpentine area. We interpreted them as high fraction of aqueous fluid area related to serpentine forming and bring them to the surface. In the area (3), we found thin sheet-like high resistivity body near the surface embedded to low resistivity body (Ichihara et al., G3). The surface high resistivity correspond to the peridotite because unaltered igneous rocks are basically resistive. The underlying conductive area possibly reflect cretaceous sedimentary rock based on integrated interpretation of geomagnetic anomaly, gravity anomaly and the resistivity distribution. If these interpretations in the area (3) are true, the Horoman peridotite covers over the sedimentary rock, implying the unknown tectonics processes occurred on the south part of Hidaka collision zone.

キーワード：日高衝突帯、蛇紋岩、かんらん岩、MT法、神居古潭帯、2018年胆振地方東部地震
Keywords: Hidaka collision zone, serpentine, peridotite, magnetotelluric, kamui-kotan belt, 2018 eastern Iburi earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG57] 日本列島の構造と進化: 島弧の形成から巨大地震サイクルまで

コンビーナ:佐藤 比呂志(東京大学地震研究所地震予知研究センター)、篠原 雅尚(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)、松原 誠(防災科学技術研究所)、座長: 佐藤 比呂志(東京大学地震研究所)、石川 正弘(横浜国立大学大学院環境情報研究院)

日本列島は地質時代を通じて大陸と海洋の境界部に位置し、その地殻構造にはプレートの沈み込み運動、背弧海盆の形成、島弧-島弧の衝突など多様な造構運動が記録されている。近年の地殻構造探査技術の進展や自然地震観測は、詳細な地殻マントル構造を明らかにしつつある。このような地質時代を通じて形成された地殻-マントル構造は、断層の再活動やレオロジー特性を通じて、地震活動や地殻変動のような現在進行しているテクトニクスにも大きな影響を及ぼしている。構造を一つの軸として、様々な時間帯に及ぶ変形プロセスを総合的に議論することは、現在、日本列島で進行しているテクトニクスを理解する上で重要である。本セッションでは、地質学・地球物理学的な観測をはじめとして様々な手法によって得られた日本列島の地殻・マントル構造を基軸として、地殻構造とレオロジー、地質構造の形成プロセス、変動地形から測地学帯域に及ぶ幅広い時間帯域のテクトニクスについて, 数値実験も含め総合的に議論する。

10:45 ~ 11:00

[SCG57-07] 防災科研S-netデータを活用した日本列島下および太平洋下を含めた三次元地震波速度構造

*松原 誠[1]、佐藤 比呂志[2]、植平 賢司[1]、望月 将志[4]、金沢 敏彦[5]、高橋 成実[1]、鈴木 健介[3]、神谷 眞一郎[1] (1.防災科学技術研究所、2.東京大学地震研究所、3.海洋研究開発機構、4.文部科学省、5.地震予知総合研究振興会)

11:00 ~ 11:15

[SCG57-08] 白亜紀日本の前弧盆地の時空間的広がり

*磯崎 行雄[1]、長谷川 遼[1]、堤 之恭[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)

11:15 ~ 11:30

[SCG57-09] 破片化した過去の前弧砕屑岩類の地体構造上の帰属：関東に散在する浅海/河川成白亜系・古第三系砂岩の砕屑性ジルコンU-Pb年代測定

*長谷川 遼[1]、磯崎 行雄[1]、堤 之恭[2] (1.東京大学大学院総合文化研究科、2.国立科学博物館地学研究部)

11:30 ~ 11:45

[SCG57-10] Laboratory Measurements of Vp, Vs and Vp/Vs for polycrystalline labradorite up to 800°C and 1GPa

*本多 聡子[1]、石川 正弘[1] (1.横浜国立大学環境情報学府)

11:45 ~ 12:00

[SCG57-11] 高分解能反射法地震探査から明らかになった中央構造線活断層系(四国地域)の地下形状

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、越谷 信[2]、佐藤 比呂志[1]、松原 誠[3]、YANO Tomoko Elizabeth[3]、小池 太郎[4]、野田 克也[4] (1.東京大学地震研究所、2.岩手大学理工学部システム創成工学科社会基盤・環境コース、3.防災科学技術研究所、4.株式会社ジオシス)

12:00 ~ 12:15

[SCG57-12] **Cenozoic evolution of the Tsushima Strait and the Fukue Basin, southern Sea of Japan: an interplay of tectonics, palaeo-environment, and volcanism**

*Johan S. Claringbould[1]、Hiroshi Sato[1]、Tatsuya Ishiyama[1]、Anne Van Horne[1,2]、Shinji Kawasaki[3]、Susume Abe[4] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming、3.JGI, Inc.、4.JAPEX)

防災科研S-netデータを活用した日本列島下および太平洋下を含めた三次元地震波速度構造

Three-dimensional seismic velocity structure beneath and around Japanese Islands including beneath the Pacific Ocean using NIED S-net data

*松原 誠[1]、佐藤 比呂志[2]、植平 賢司[1]、望月 将志[4]、金沢 敏彦[5]、高橋 成実[1]、鈴木 健介[3]、神谷 眞一郎[1]
*Makoto MATSUBARA[1], Hiroshi Sato[2], Kenji Uehira[1], Masashi Mochizuki[4], Toshihiko Kanazawa[5], Narumi Takahashi[1], Kensuke Suzuki[3], Shinichiro Kamiya[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 海洋研究開発機構、4. 文部科学省、5. 地震予知総合研究振興会
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan , 5. Association for the Development of Earthquake Prediction

1. はじめに

日本海から太平洋にいたる日本列島下の三次元地震波速度構造を推定した。国立研究開発法人防災科学技術研究所は1995年の兵庫県南部地震の後に高感度地震観測網（Hi-net）を、2011年の東北地方太平洋沖地震の後には日本海溝海底地震津波観測網（S-net）を構築した。海洋研究開発機構（JAMSTEC）により構築された地震・津波観測監視システム（DONET）は2016年4月に防災科研に移管された。我々は、防災科研や気象庁・大学などで運用されている地震観測網のデータにトモグラフィー法を適用した。

2. データ・手法

解析領域は日本列島を覆う北緯20～48度、東経120～148度である。Matsubara et al. (2017)の解析データに、2016年4月から2018年6月までの防災科研S-netやDONETやHi-net等の約1500観測点により捉えられた32952個の地震からの直達P波・S波の到達時刻データを解析に用いた。合計112631個の地震からの6356481 個のP波、及び3534482個のS波到達時刻データを用いて解析した。

3. 結果・議論

防災科研S-netの貢献により、太平洋の下では深さ10～20kmの構造が改善された。重要な特徴のひとつは、東北沖から日高衝突帯の西部に至る、南北走向の中生代のリフト構造と考えられる領域である。最近の平成30年北海道胆振東部地震（M6.7）はP波速度の高速度域である下部地殻から上部マントルに関係したリフトの再活性化と関係している可能性がある。

日本海側では北海道から若狭湾にかけての深さ10～40kmの地震波速度構造が明らかになった。P波速度（Vp）高速度域が深さ10-35kmに存在する。西南日本では日本海の沿岸は中庸な速度構造である。この領域の岩石圏の速度構造は中期第三紀の日本海拡大の影響を強く受けている。近年の圧縮場による再活性化により津波を引き起こす地震断層が発達しつつある。岩石圏の構造は、断層構造の解明に向けた不可欠な情報である。

キーワード：地震波トモグラフィー、防災科研S-net、リフト
Keywords: seismic tomography, NIED S-net, rift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

白亜紀日本の前弧盆地の時空間的広がり
Spatio-temporal extent of Cretaceous fore-arc basin in Japan

*磯崎 行雄[1]、長谷川 遼[1]、堤 之恭[1]
*Yukio Isozaki[1], Ryo Hasegawa[1], Yukiyasu Tsutsumi[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系
1. Department of Earth Science and Astronomy, Multi-disciplinary Sciences - General Systems Studies, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

Recent analyses on detrital zircon ages in sandstones calrified various new aspects on characteristics and secular changes in provenance for the fore-arc domain of Cretaceous Japan. The shallow marine to fluvial Cretaceous strata are disrtibuted in multiple zones running almost parallel to the coeval arc-trench system in SW Japan, which is represented by the paired granitoid (Ryoke) and blueschist (Sanbagawa) belts. For example, the Upper Cretaceous Izumi Group in Shikoku and Kii peninsula has been regarded as a typical fore-arc sedimentary package deposited between the coeval grnaitoid and blueschist belts. Much emphasis was given to its origin in a pull-apart setting along an imaginary large strike-slip movement of the Median Textonic Line. Nonetheless, the lastest zircon analyses documented that its spatio-temporal dimentsion was much greater than previously believed, e.g., more than 1000 km along-arc, and nearly 100 km wide across-arc in sapce, and extended up into the Paleocene in age. The Izumi Group likely represnt a remnant of much large sedimentary basin, and its current restircted occurrence, ca. ca. 300 km along arc and ca. 20 km across-arc, was made by large-scale removal of fore-arc crust, probably relevant to the back-arc rifting to open the Japan Sea. The missing fore-arc crust can be properly reconstructed by checking ancient provenance through zircon dating in Kyushu and southern Tohoku district.

キーワード：前弧盆地、砕屑性ジルコン、U-Pb年代測定
Keywords: fore-arc basin, detrital zircon, U-Pb dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

破片化した過去の前弧砕屑岩類の地体構造上の帰属：関東に散在する浅海/河川成白亜系・古第三系砂岩の砕屑性ジルコンU-Pb年代測定
Geotectonic identities of dismembered ancient fore-arc clastics: U-Pb dating of detrital zircons in Cretaceous-Paleogene shallow marine/fluvial sandstones sporadically found in Kanto, central Japan

*長谷川 遼[1]、磯崎 行雄[1]、堤 之恭[2]
*Ryo Hasegawa[1], Yukio Isozaki[1], Yukiyasu Tsutsumi[2]

1. 東京大学大学院総合文化研究科、2. 国立科学博物館地学研究部
1. Department of Earth Science and Astronomy, The University of Tokyo, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

日本列島において、東西の地体構造の西南日本弧と南北配列の東北日本弧とは明瞭な不連続をなすが、これは中新世の背弧海盆拡大の結果だとされている。両弧の接合部は関東地方に想定されるが、厚い第四紀被覆層が基盤を覆う関東平野では詳細が不明である。それでも掘削データや地震波探査に基づき、 関東山地から千葉県銚子地域までは東西方向の帯状配列が追跡される。一方、関東北部については、 八溝山地に露出する美濃・丹波・足尾帯のジュラ紀付加体や領家花崗岩類を除くと、 先新生代基盤の情報が極めて少なく、先日本海の古地理復元における大きな障害となってきた。砂岩中の砕屑性ジルコンの年代測定は後背地解析に極めて有効であり、 既に関東地方でも先行研究がなされている。中畑ほか(2016)は、 関東山地の山中層群と銚子地域の白亜系が堆積相や化石年代のみならず砕屑性ジルコン年代においてもよく一致することを明示し、 その基盤のジュラ紀付加体からなる秩父帯が、 関東平野の下を通って少なくとも銚子地域にまで連続することを確認した。本研究では、 関東地方に散在する複数の白亜系・古第三系について、 砕屑性ジルコンの年代を測定し、各々の後背地の情報に基づき、 地体構造上の帰属の特定を試みた。関東山地西北縁の初谷層、 北関東の那珂湊層群と大洗層、 そして東北地方南部の双葉層群の砂岩について、 また比較のため関東山地北部の神農原礫岩および寄居層砂岩を加えて、 合計12試料について砕屑性ジルコンのU-Pb年代をLA-ICPMSを用いて測定した。その結果、以下の新知見が得られた。１) 関東山地北縁の初谷層および北関東の那珂湊層群はマースリヒティティアンの年代を持ち、 西南日本の代表的上部白亜系である和泉層群の同様の年代スペクトルを持つ。初谷層および那珂湊層群は和泉層群の東方延長とみなされ、白亜紀末のアジア東縁の前弧域に一連の長大な堆積場が、 初生的に広がっていたと推定される。２) 礫岩を伴う関東山地北縁の神農原礫岩、 寄居層、 および北関東の大洗層は、 いずれも古第三紀ダーニアンの地層で、 領家帯で堆積した地層と認定される。３) 阿武隈山地東部の双葉層群は領家帯西方延長をなす九州西部の姫浦層群砂岩の一致する年代スペクトルをもつ。双葉層群は姫浦層群などとともに、 和泉層群よりも一世代古い前弧で堆積した。双葉層群・姫浦層群とその基盤、 また和泉層群とその基盤から構成された白亜紀日本の前弧地殻は、 日本海の拡大に伴い、二次的な分断・変形を被った。とくに白亜紀以降の低角度MTLをつくったテクトニクスによって、 四国から関東までの約1000 kmの領域で領家帯と南側の白亜紀地殻が大規模に消滅した。４）西南日本弧と東北日本弧の境界は、 関東山地-銚子地域と八溝山地-那珂湊地域との間の利根川沿いに延びる潜在断裂帯と、 棚倉構造線という2条の断裂帯に相当する。

キーワード：前弧盆地、砕屑性ジルコン、ウラン-鉛年代、白亜紀、暁新世、関東
Keywords: fore-arc basin, detrital zircon, U-Pb age, Cretaceous, Paleocene, Kanto

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laboratory Measurements of Vp, Vs and Vp/Vs for polycrystalline labradorite up to 800˚C and 1GPa

*本多 聡子[1]、石川 正弘[1]
*Satoko Honda[1], Masahiro Ishikawa[1]

1. 横浜国立大学環境情報学府
1. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

In order to estimate the elastic properties of crustal rock-forming minerals at mid-to-lower crustal P-T conditions, we performed simultaneous measurements of compressional-wave (Vp) and shear-wave (Vs) velocities of the labradorite. In this presentation, we report temperature-pressure dependence of the elastic wave velocity for labradorite, intermediate member of plagioclase feldspars, at crustal P-T condition.

The fine-grained pollycrystalline labradorite was fabricated from the nano-sized powders of crushed natural labradorite crystal ($An_{61}Ab_{37}Or_2$, $An_{65}Ab_{34}Or_1$), and was used for the measurements. After milling and forming mineral powders, sintering was carried out at a temperature of 1180–1210˚C with controlled time. Ultrasonic measurements on these samples were conducted up to 1.0 GPa in a temperature range of 25-800˚C with a piston cylinder high pressure apparatus.

The Vp increase rapidly with pressure increase up to 0.40 GPa at room temperature, while it is moderately increasing between 0.40 and 1.00 GPa. At 1.00GPa up to 800 ˚C, the elastic wave velocities decrease with increasing temperature blow 600 ˚C, δVp/δT and δVs/δT of the labradorite sample (An65Ab34Or1) is -1.6×10^{-4} km/s/˚C, -1.0×10^{-4}km/s/˚C . In contrast, above 600 ˚C , the elastic wave velocities show an increasing trend in the range of 600–800 ˚C . At cooling stage, Vp and Vs show an decreasing trend with decreasing temperature above 400˚C.
Previous studies report that elastic wave velocities of polycrystalline anorthite show an increasing trend in the range of 240–640 ˚C (Matsukage et al 2015) and that a polycrystalline plagioclase ($An_{51\pm1}$) at 1.0 GPa show marked increase in Vp and Vs between 700 and 800 ˚C (Kono et al 2008). They suggest that these discontinuous velocity changes in temperature dependence of Vp and Vs would be associated with phase transformation in plagioclase. However, it is unclear whether our measurements results between 650 and 800˚C is phase transformation, because the phase transformation was not determined on our sample using X-ray diffraction analisys. In addition, the temperature conditions of the discontinuous in Vp and Vs at high temperature is not consistent with the phase boundary previously reported. Phase transformation, therefore, would have been only temporary during the experiment.

キーワード：弾性波速度、曹灰長石多結晶体、焼結
Keywords: elastic wave velocity, polycrystalline labradorite, sintering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高分解能反射法地震探査から明らかになった中央構造線活断層系(四国地域)の地下形状

Shallow to deeper structures of the Median Tectonic Line active fault system in Shikoku illuminated by new hi-resolution seismic reflection profiling, southwest Japan

*石山 達也[1]、加藤 直子[1]、越谷 信[2]、佐藤 比呂志[1]、松原 誠[3]、YANO Tomoko Elizabeth[3]、小池 太郎[4]、野田 克也[4]
*Tatsuya Ishiyama[1], Naoko Kato[1], Shin Koshiya[2], Hiroshi Sato[1], Makoto MATSUBARA[3], Tomoko Elizabeth Yano[3], Taro Koike[4], Katsuya Noda[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 岩手大学理工学部システム創成工学科社会基盤・環境コース、3. 防災科学技術研究所、4. 株式会社ジオシス
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Science and Engineering, Iwate University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Geosys, Inc.

Median Tectonic Line (MTL) active fault system is one of the most pronounced, trench-parallel active dextral slip faults in SWJapan, extending for approx. 300 km (Okada, 1992). With ubiquitous proximity to the north dipping terrane boundary MTL between Samgawa metamorphic rocks (Sm) and Ryoke granitic rocks to the north, their structural links with active strands of the MTL have been widely discussed. Seismic experiments in Kinki (Wakayama) clearly illuminate that near-surface steeply dipping fault plane appears merge into underlying more shallowly dipping reflectors correlated with top Sm (Sato et al., 2015). In Shikoku, however, previous seismic sections have not fully resolved such structural linkages of the major fault strands of the MTL, whereas pioneering deep seismic experiments successfully imaged northerly dipping MTL (Ito et al., 1995). To define structural characters of the shallow to deeper subsurface geometry, we collected new seismic reflection profiles across MTL active fault system in Shikoku island. Our new, processed seismic profile across the Okamura Fault, Komatsu Fault (Goto and Nakata, 1998), and the MTL and its preliminary interpretation suggest northerly dipping Sambagawa metamorphic rocks beneath the northern flank of the Ishizuchi Mountains and Niihama plain to the north. As is the case with previous seismic results, downward extensions of the MTL apparently dips northward, in contrast to near-surface steep fault planes identified in outcrop and trench exposures. In addition, northerly dipping clouds of microseismicity also suggest its deeper extension. Similarly, in our new seismic profile in Wakimachi, Tokushima, Chichio fault (Okada and Tsutsumi, 1997), active dextral slip fault that dips vertically at ground surface, is apparently underlain by very strong and continuous north dipping reflectors from the top of Sm. This observation also suggests that the Chichio fault may merge into, rather than cut across these Sm reflectors. We will mainly discuss on (1) detailed structural characters identified in the new seismic data, (2) their structural linkages with near-surface structures of the active strands, and (3) implications for overall shallow to deeper geometry of the MTL based on both new and previous seismic data, regional seismicity based on JUICE catalogue (Yano et al., 2017), and crustal structures estimated from seismic tomography (Matsubara et al., 2017).

キーワード：活断層、中央構造線活断層系、反射法地震探査、地震活動、四国
Keywords: Active fault , Median Tectonic Line active fault system, Seismic reflection profile, Seismicity, Shikoku

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cenozoic evolution of the Tsushima Strait and the Fukue Basin, southern Sea of Japan: an interplay of tectonics, palaeo-environment, and volcanism

*Johan S. Claringbould[1], Hiroshi Sato[1], Tatsuya Ishiyama[1], Anne Van Horne[1,2], Shinji Kawasaki[3], Susume Abe[4]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming, 3. JGI, Inc., 4. JAPEX

The Japanese island arc is tectonically active with earthquake and tsunami hazard along both the Pacific and Sea of Japan coasts. Following the tsunami disaster from the 2001 Off-Tohoku (M9) earthquake, the Japanese government initiated an extensive evaluation of tsunami hazard around Japan. Since records of prior tsunamis along the southern Japan Sea margin are rare, we here investigate the geologic evolution of the SW Japan back-arc basin to identify and analyse potential tsunami source-faults.

Located between SW Japan and the Korean Peninsula, and connecting the Japan Sea and East China Sea, the Tsushima Strait and the Fukue Basin represent a structurally complex region that formed over the last ~25 Ma as a result of several tectonic phases: (i) back-arc rifting and rotation, (ii) post-rift compression, (iii) weak thrusting, and (iv) subsidence and strike-slip deformation. Syn-depositional volcanism and changes in regional palaeo-environment are known from previous studies surrounding this connecting region, but how these factors fit together in the regional tectonic framework is not well understood. In addition to analysing recent seismic reflection data and detailed gravity data, we here re-evaluate extensive seismic reflection profiles and well data of ten boreholes offshore the SW Japan arc. We observe large basement blocks and igneous bodies, and inverted and cross-cut half grabens filled with syn-kinematic deposits. Clear stratal terminations suggest multiple transitions in regional stress regime. The gravity data allow us to link the syn-depositional igneous bodies to previously-dated volcanism onshore. Additionally, planktonic and calcareous nanno-fossils from the well data provide control on absolute timing of different kinematic stages, while benthic foraminifers and pollen show changes in palaeo-water depth, coeval with local, relative palaeo-climate reversals, respectively.

From ~25 Ma pollen data show warming of the local climate in southern Japan Sea side of the Tsushima Strait, while on the East China Sea side in the Fukue Basin relative cooling is observed. This is related to initial rifting, opening up back-arc basin allowing relative warm water to flow through the Tsushima Strait into the Japan Sea warming the local climate, and relative cold water flowing back cooling the local environment in the Fukue Basin on the opposite side of the Tsushima Strait. Subsequently, negative flower structures and large half-grabens filled with over 5400 m of synrift sediments developed between ~18-16 Ma, containing benthic foraminifera suggesting a deepening marine environment. This is linked to the rapid, clock-wise rotation of SW Japan, which pivot point migrates along a dextral oblique normal fault west of Tsushima. At ~15 Ma rift structures are abruptly inverted or cross-cut by thrust faults and wedge thrusts, with microfossils and pollen on the Japan Sea side suggesting shallowing of the palaeo-waterdepth and cooling of the local climate, respectively. Contrary, in the Fukue Basin, the local climate shows relative warming. We suggest that during this compressional tectonic event a topographic sill developed in the Tsushima Strait that cut off water flow between the cooler Japan Sea and the subtropic East China Sea. From ~6 Ma, the local climate on the Japan Sea side warms again contemporarily with deepening of the marine palaeo-environment and deposition of sub-horizontal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pliocene sediments, implying a weakening of the compressional stress and renewed water flow through the Tsushima Strait. These observations along with previously published data of the surrounding areas enable us to better understand the connection between the Cenozoic structural development of the SW Japan arc, and the related the palaeo-environment changes and volcanism. As a result, we are better able to identify potential tsunami-source faults along the southern Japan Sea margin based on our understanding of the structural evolution.

Keywords: Structural evolution, Tsushima Strait, Fukue Basin, Palaeo-environment, Back-arc rift basin, Inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 201A 2F

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:佐藤 友彦(東京工業大学地球生命研究所)

冥王代から現代まで地球史46億年を通じての地球の進化や地質学的プロセスについて，フィール
ド調査，化学分析，実験，理論計算などの様々なアプローチから研究した最新の成果を集約し，
地球深部の進化と表層の環境変動や生命の発生・進化との因果関係・相互作用などを総括的に議
論する．惑星科学，地質学，テクトニクス，火成岩・変成岩岩石学，層位・古生物学，進化学，
環境学，地球化学など関連する幅広い話題を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[BCG07-01] エディアカラ紀の熱水成炭酸塩に見られる鉄酸化細菌とストロマトライト

*狩野 彰宏[1]、宮崎 彩[1]、吉岡 純平[1]、Chraiki Ibtissam[2]、Barzouk Abdelhafed[2]、Youbi Nasrrddine[2,3]、Admou Hassan[2]、Boumehdi Moulay[2,3]、Maacha Lhou[4]、Baoutoul Hsaine[4]、Bouskri Ismail[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.Cadi Ayyad大学、3.Lisboa大学、4.Managem-ONA Group)

9:15 ~ 9:30

[BCG07-02] ガボン前期原生代フランスヴィル層群の炭酸塩炭素同位体層序

★招待講演

*佐藤 友彦[1]、澤木 佑介[2]、浅沼 尚[2]、上田 修裕[1]、丸山 茂徳[1] (1.東京工業大学、2.東京大学)

9:30 ~ 9:45

[BCG07-03] 後期古原生代の浅海域における酸化還元状態の変化：カナダ・ケープスミス帯

*元村 健人[1]、清川 昌一[1]、池原 実[2]、佐野 貴司[4]、田中 健太郎[3]、三木 翼[3]、佐野 有司[3] (1.九州大学、2.高知大学、3.東京大学、4.国立科学博物館)

9:45 ~ 10:00

[BCG07-04] 北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩の植物バイオマーカー分析による陸域古植生変動の復元

*池田 雅志[1]、沢田 健[2]、安藤 卓人[3]、中村 英人[4]、高嶋 礼詩[5]、西 弘嗣[5] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.北海道大学北極域研究センター、4.大阪市立大学大学院理学研究科、5.東北大学学術資源研究公開センター　東北大学総合学術博物館)

10:00 ~ 10:15

[BCG07-05] レアアース泥に関する最新研究成果の概観

*加藤 泰浩[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、高谷 雄太郎[3,1,2]、大田 隼一郎[2,1]、田中 えりか[1]、見邨 和英[1]、飯島 耕一[4,1]、町田 嗣樹[2,1]、野崎 達生[4,1,2,5]、木村 純一[4]、岩森 光[1,4,6] (1.東京大学、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.早稲田大学、4.海洋研究開発機構、5.神戸大学、6.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[BCG07-06] A cold and alkaline Hadean ocean caused by impact ejecta weathering

*門屋 辰太郎[1]、David Catling[1] (1.ワシントン大学)

エディアカラ紀の熱水成炭酸塩に見られる鉄酸化細菌とストロマトライト
Iron-oxidizing bacteria and stromatolites in the Ediacaran hydrothermal carbonate

*狩野 彰宏[1]、宮崎 彩[1]、吉岡 純平[1]、Chraiki Ibtissam[2]、Barzouk Abdelhafed[2]、Youbi Nasrrddine[2,3]、Admou Hassan[2]、Boumehdi Moulay[2,3]、Maacha Lhou[4]、Baoutoul Hsaine[4]、Bouskri Ismail[4]
*Akihiro Kano[1], Aya Miyazaki[1], Jumpei Yoshioka[1], Ibtissam Chraiki[2], Abdelhafed Barzouk[2], Nasrrddine Youbi[2,3], Hassan Admou[2], Moulay Ahmed Boumehdi[2,3], Lhou Maacha[4], Hsaine Baoutoul[4], Ismail Bouskri[4]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. Cadi Ayyad大学、3. Lisboa大学、4. Managem-ONA Group
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Geology, Faculty of Sciences-Semlalia, Cadi Ayyad University, 3. Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 4. Managem-ONA Group

全球凍結で特徴付けられる新原生代に生命が大きく進化したことは地球史の最大の謎の１つである。最初の全球凍結（スターチアン氷期）は5千万年間以上も継続しており，その間に地球表層が硬く凍結していたならば，生物進化はほとんどリセットされただろう。一方で，全球凍結直後にも原生動物が生き残っていた証拠がある。そこで，赤道域や火山の周辺には液体の水が存在し，生命の避難場所になっていたという意見も多い。しかし，具体的な避難場所を示す地質学的証拠は提示されていない。

モロッコ国アンティアトラス山脈には古生代の地層に囲まれた複数の原生代内座層が分布する。ここでは火成岩のジルコンU-Pb年代が多数報告され，西アフリカクラトン北部での活発なテクトニクスがクリオゲニア～エディアカラ紀に継続されていたことが示されている。従来の古地理の解釈は緯度60度以上の高緯度を示し，堆積物は火山砕屑物に富み，炭酸塩岩は花崗閃緑岩質の火山岩の周囲に薄く限定される。

本研究ではアンティアトラス山脈のブリダとワルザザード近郊の火山岩の上に発達する炭酸塩岩を研究した。ブリダの炭酸塩岩は層厚25mの層状の細粒ドロマイトからなる。下位の火山岩は586Maとされており，上位には断層を隔ててガスキエス氷期の可能性があるレキ岩がある。全体的に赤色を呈しており，下部には鉄酸化細菌と思われる化石が含まれていた。炭素同位体比は-3~-6‰と低いが，層序的関係からShuramエクスカーションには対比できない。おそらく，熱水性の炭素を起源としている可能性が高く，低い酸素同位体比も40-50ºCの水温を示唆する。一方，ワルザザードの炭酸塩岩は約30ｍの層厚を持ち，580Maの火山岩の上に乗り，火山砕屑物に富む砂岩・シルト岩と互層し，赤色を帯びた石灰岩である。少なくとも4層準に発達するストロマトラストロマトライトは平行な幅約1mmの葉理からなり，バイオフィルム内での酸化還元勾配を反映した色の違いを記録する。やや高い炭素同位体比(-1.5‰)はCO2の脱ガスか大気とのガス交換によるものだろう。

今回調査した炭酸塩岩は直接的に全球凍結とは関連しない。しかし，西アフリカクラトン北部での長期的火成活動は全球凍結の液体の水環境を提供していたと思われる。

キーワード：新原生代、炭酸塩岩、微生物、ストロマトライト
Keywords: Neoproterozoic, carbonate rock, Microbe, stromatolite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガボン前期原生代フランスヴィル層群の炭酸塩炭素同位体層序
Carbonate carbon isotope stratigraphy of the Paleoproterozoic Francevillian Group in Gabon

*佐藤 友彦[1]、澤木 佑介[2]、浅沼 尚[2]、上田 修裕[1]、丸山 茂徳[1]
*Tomohiko Sato[1], Yusuke Sawaki[2], Hisashi Asanuma[2], Hisahiro Ueda[1], Shigenori Maruyama[1]

1. 東京工業大学、2. 東京大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. The University of Tokyo

The large fluctuations of δ13C_carb in the Paleoproterozoic are important in terms of the speculation on the atmospheric oxygen level and the global stratigraphic correlations. The interval characterized by the generally high values of δ13C_carb up to +10 ‰is called Lomagundi-Jatuli Event (LJE; ca. 2.2-2.0 Ga) and interpreted as reflecting high rates of oxygen production (e.g. Karhu & Holland, 1996; Martin et al., 2011). The drop of δ13C_carb and δ13C_org at the end of LJE are reported from Shunga in Fennoscandia, and the negative shift of δ13C_org is correlated with that of Franceville in Gabon (Kump et al., 2011); however, the δ13C_carb data in Gabon is still missing because of the scarcity of the carbonate rocks. The Paleoproterozoic Francevillian Group in Gabon consists of FA (fluvial sandstones), FB (black shales/carbonates), FC (cherts), FD (black shales), and FE (sandstones) in ascending order. The lithostratigraphic correlation between the Franceville, Lastoursville, and Okondja basins suggests that the FA-FB-FC units are in different depositional settings and the FD-FE units are in common facies, which indicates the final opening of the intracratonic basins. In order to explore the global correlation of δ13C_carb, the analyses in the FD-FE units are required. In this study, we conducted two drillings in the Lastoursville and Okondja basins to obtain the fresh core-samples of FD. The lithological observations clarified that numbers of carbonate layers are intercalated in black shales in the FD unit in the both areas. We analyzed δ13C_carb of these carbonate layers, and filled in the stratigraphic blanks in the FD unit. In this presentation, we will discuss the propriety of the δ13C_carb stratigraphic correlations.

キーワード：前期原生代、炭素同位体比、ガボン
Keywords: Paleoproterozoic, carbon isotope, Gabon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

後期古原生代の浅海域における酸化還元状態の変化：カナダ・ケープスミス帯

The redox condition of late Paleoproterozoic shallow marine environment: The Cape Smith Belt, Canada

*元村 健人[1]、清川 昌一[1]、池原 実[2]、佐野 貴司[4]、田中 健太郎[3]、三木 翼[3]、佐野 有司[3]
*Kento Motomura[1], Shoichi Kiyokawa[1], Minoru Ikehara[2], Takashi Sano[4], Kentaro Tanaka[3], Tsubasa Miki[3], Yuji Sano[3]

1. 九州大学、2. 高知大学、3. 東京大学、4. 国立科学博物館
1. Kyushu University, 2. Kochi University, 3. University of Tokyo, 4. National Museum of Nature and Science

海洋の酸化還元状態の変化は海洋中の微量元素組成に大きな影響を与える事が知られている．先行研究では先カンブリア紀の海洋において生物必須元素濃度の低下により生物の進化が阻害されていた事が示唆されてきたが(Anber and Knoll, 2002)，先カンブリア紀を通じた海洋酸化還元状態については，未だ不明な点が多い．特に後期古原生代には大酸化事変により海洋環境が大きく変化したとされているが（Lyons et al., 2014），その詳細な変動過程や原因については明らかでない．そこで本研究では約50mの岩相層序と主要・微量元素組成，C–N–S同位体比を含む化学層序を構築し，当時の海洋環境に関する検討を行なった．

本研究ではカナダ・ケープスミス帯のPovungnituk層群の北部より掘削されたコア試料を研究に用いている．コア試料に含まれる層序は約19億年前にスペリオルクラトンの縁辺に堆積した約50mの砂岩–––黒色頁岩互層より構成され，粗粒砂岩の優勢部から黒色頁岩の優勢部へと変化する上方細粒化のシーケンス（下部層）とその上位の細粒砂岩優勢部（上部層）に大きく分ける事ができる．

分析の結果，下部層砂岩優勢部においてV濃度及び軽元素同位体比の変動が確認された．V濃度は55ppmから327ppmまで上昇し，その後緩やかに73ppmまで減少する．硫黄同位体比は，+12‰から-5‰まで減少し，その後緩やかに+14‰まで上昇する．有機炭素同位体比は-31‰から-33‰まで減少したのち緩やかに-32‰まで上昇する．窒素同位体比はおよそ+4‰から+9‰の間で変動する．

以上の分析結果は海洋の酸化還元状態の変動とその原因となる炭酸イオン及び硫酸イオン量の変化，酸化還元状態の変化に伴う海洋表層の硝酸イオン量変化を示すと考えられる．層序最下部において，黒色頁岩中のV濃度を有機炭素含有量（TOC）で規格化した値(<~50 ppm/%)は同年代の強還元的環境（富H_2S）で堆積した黒色頁岩（Bravo Lake層: Partin et al., 2014）の値よりも低い値をとる．しかし下部層砂岩優勢部でV/TOCは上昇し(~105ppm/%)，先行研究によって得られたデータの平均値を超える．このようなV/TOCの上昇は，海洋が弱還元的環境から強還元的環境へと変化したことに由来すると考えられる．また，以上の見解はV濃度とTOCの相関関係を用いた酸化還元状態の復元結果と整合的である．窒素同位体比のデータ(~+7 –+9 ‰)は現在の海洋と同じように高い値を示す．このことは硝化や脱窒，アンモニウム同化により，海洋中の窒素同位体比が高くなっていた可能性を示す．有機炭素同位体比と硫黄同位体比データは同時期に変化しており($\delta^{13}C_{org}$: -30.6 –-33.2 ‰, $\delta^{34}S$: +11.9 –-4.1 ‰)，ある共通の地質現象によって環境変化が起きたことを示す．$\delta^{13}C_{org}$，$\delta^{34}S$の減少は軽い$H^{12}CO_3^-$やSO_4^{2-}の流入が原因であると考えられ，それらを引き起こす地質現象として巨大火成活動や，海退に伴う黒色頁岩等の酸化的風化が挙げられる．

キーワード：後期古原生代、酸化還元状態
Keywords: Late Paleoproterozoic, Redox condition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩の植物バイオマーカー分析による陸域古植生変動の復元

Paleovegetation changes reconstructed by terrestrial plant biomarker analyses in the sediments deposited across the Cenomanian/Turonian boundary in the Tomamae area, Hokkaido, Japan

*池田 雅志[1]、沢田 健[2]、安藤 卓人[3]、中村 英人[4]、高嶋 礼詩[5]、西 弘嗣[5]
*Masashi A. Ikeda[1], Ken Sawada[2], Takuto Ando[3], Hideto Nakamura[4], Reishi Takashima[5], Hiroshi Nishi[5]

1. 北海道大学理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 北海道大学北極域研究センター、4. 大阪市立大学大学院理学研究科、5. 東北大学学術資源研究公開センター　東北大学総合学術博物館
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Arctic Research Center, Hokkaido University, 4. Faculty of Science, Osaka City University, 5. The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku University Museum, Tohoku University

[はじめに] 白亜紀はスーパープルームの活動による温室効果ガスの上昇によって超温室期であったといわれている。その中でも、白亜紀中期には大規模火成岩岩石区（LIPs）の形成に起因する海洋無酸素事変(OAE)が複数回発生したことが知られている。海洋において全球的な環境擾乱イベントが起こったことが報告されている一方、OAE期における陸上植生の変動についての報告は少ない（e.g. Kuypers et al., 2002）。本研究では、Cenomanian-Turonian境界期を記録した堆積岩試料から、バイオマーカー分析およびケロジェン分析を行い、アジア大陸東縁におけるOAE2期の陸域古植生復元を行った。

[試料と方法] 本研究では、北海道苫前地域大曲沢川に分布する上部白亜系蝦夷層群佐久層のCenomanian-Turonian境界期の堆積岩に含まれる有機物から、環境変動に対する陸上植物の植生変動を調べた。Cenomanian-Turonian境界では環境擾乱イベントであるOAE2が発生したことが知られている。本調査地域ではOAE2層準は約700mに亘り、試料は数メートル間隔で泥岩のみを採取した。OAE2の各区分(1st build-up, Trough, 2nd build-up, Plateau)は木片のδ^{13}C値から決定し、バイオマーカー分析はGC-MSを用いて分析を行った。

[結果と考察]本試料において、ステランおよびホパン、ケロジェン分析の結果から、陸からの堆積物の寄与が高く、また比較的未熟成な試料(ビトリナイト反射率で約0.4%：褐炭~亜瀝青炭)であることを確認した。これらの結果はAndo et al.(2017)と同様である。高等植物の植生指標としてHigher plant parameter (HPP)、さらに私たちは地衣類植生指標としてメチルジベンゾフラン中の1-メチルジベンゾフランの割合を示した1-MDBF比、また菌類植生指標としてPerylene/Pyrene比を用いて、パイオニア植物の植生変動も含めた陸域古植生の復元を行った。それらの結果、HPPは1st build-up期、2nd build-up期には増加し、Trough期、Plateau期には減少傾向を示した。これは乾燥化に対し、針葉樹植生が拡大したと解釈している。また地衣類、菌類植生は似た変動パターンを示した。どちらも1st build-up期から2nd build-up期にかけて減少傾向を示し、乾湿の急激な変動に対してその植生が減少したと考えられる。

キーワード：古植生、地衣類、バイオマーカー、蝦夷層群、C/T境界、白亜紀
Keywords: Paleovegetation, lichen, biomarker, Yezo Group, C/T boundary, Cretaceous

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

レアアース泥に関する最新研究成果の概観
A general overview of the research progress on REY-rich mud

*加藤 泰浩[1,2]、中村 謙太郎[1]、藤永 公一郎[2,1]、安川 和孝[1,2]、高谷 雄太郎[3,1,2]、大田 隼一郎[2,1]、田中 えりか[1]、見邨 和英[1]、飯島 耕一[4,1]、町田 嗣樹[2,1]、野崎 達生[4,1,2,5]、木村 純一[4]、岩森 光[1,4,6]
*Yasuhiro Kato[1,2], Kentaro Nakamura[1], Koichiro Fujinaga[2,1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Yutaro Takaya[3,1,2], Junichiro Ohta[2,1], Erika Tanaka[1], Kazuhide Mimura[1], Koichi Iijima[4,1], Shiki Machida[2,1], Tatsuo Nozaki[4,1,2,5], Jun-Ichi Kimura[4], Hikaru Iwamori[1,4,6]

1. 東京大学、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 早稲田大学、4. 海洋研究開発機構、5. 神戸大学、6. 東京工業大学
1. The University of Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology, 3. Waseda University, 4. JAMSTEC, 5. Kobe University, 6. Tokyo Institute of Technology

Deep-sea mud enriched in rare-earth elements and yttrium (REY), termed as REY-rich mud, has been expected as a novel mineral resource for the industrially critical elements [1]. Targeting the Japanese exclusive economic zone around Minamitorishima Island, where highly promising REY-rich mud (total REY content > 5,000 ppm) lies at very shallow depth (2 to 4 m) below the seafloor [2], we have conducted a variety of researches on the mud from both scientific and engineering perspectives.

In the presentation, we report a general overview of the research progress on REY-rich mud, and discuss the importance of the mud from viewpoints of the Japan’s resource security and a new strategy for economic growth.

[1] Kato, Y. et al. (2011) Nature Geoscience 4, 535-539, [2] Iijima, K. et al. (2016) Geochemical Journal 50, 557-573.

キーワード：海底鉱物資源、レアアース、レアアース泥、南鳥島、太平洋、深海堆積物
Keywords: seafloor mineral resources, rare-earth elements, REY-rich mud, Minamitorishima Island, Pacific Ocean, deep-sea sediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A cold and alkaline Hadean ocean caused by impact ejecta weathering

*門屋 辰太郎[1]、David Catling[1]
*Shintaro Kadoya[1], David C Catling[1]

1. ワシントン大学
1. University of Washington

Life probably arose in the Hadean (either on land or in the sea) and then would have spread through the early ocean. Hence, determining constraints on the early marine environment is essential for understanding conditions for the spread of early life, in addition to the history of the Earth itself. In this study, we modelled the evolution of the surface environment of the Earth, including the surface temperature, pCO_2, and oceanic pH.

As revealed by previous works (e.g., Krissansen-Totton et al., 2018, PNAS), Earth’s long-term surface environment is controlled by the carbonate-silicate geochemical cycle. This negative feedback has moderated the surface temperature, resulting in the continuous existence of surface liquid water, even when the solar luminosity was smaller in the past than today. To compensate for the faint Sun, the feedback sets a high pCO_2 in the past, which would result in a more acidic ocean. The same mechanism can be applied for modelling the Hadean eon. However, we have to add another factor: impact ejecta weathering. As indicated by impact craters on the Moon, the Earth would also undergo intense meteorite impacts during the Hadean. Since the impact ejecta are easily weathered, they provided an additional sink of CO_2. Hence, previous works (e.g., Sleep & Zahnle et al., 2001, JGR) suggested that the surface temperature and pCO_2 would actually be low, i.e., a cold Hadean Earth –an idea that has been controversial.

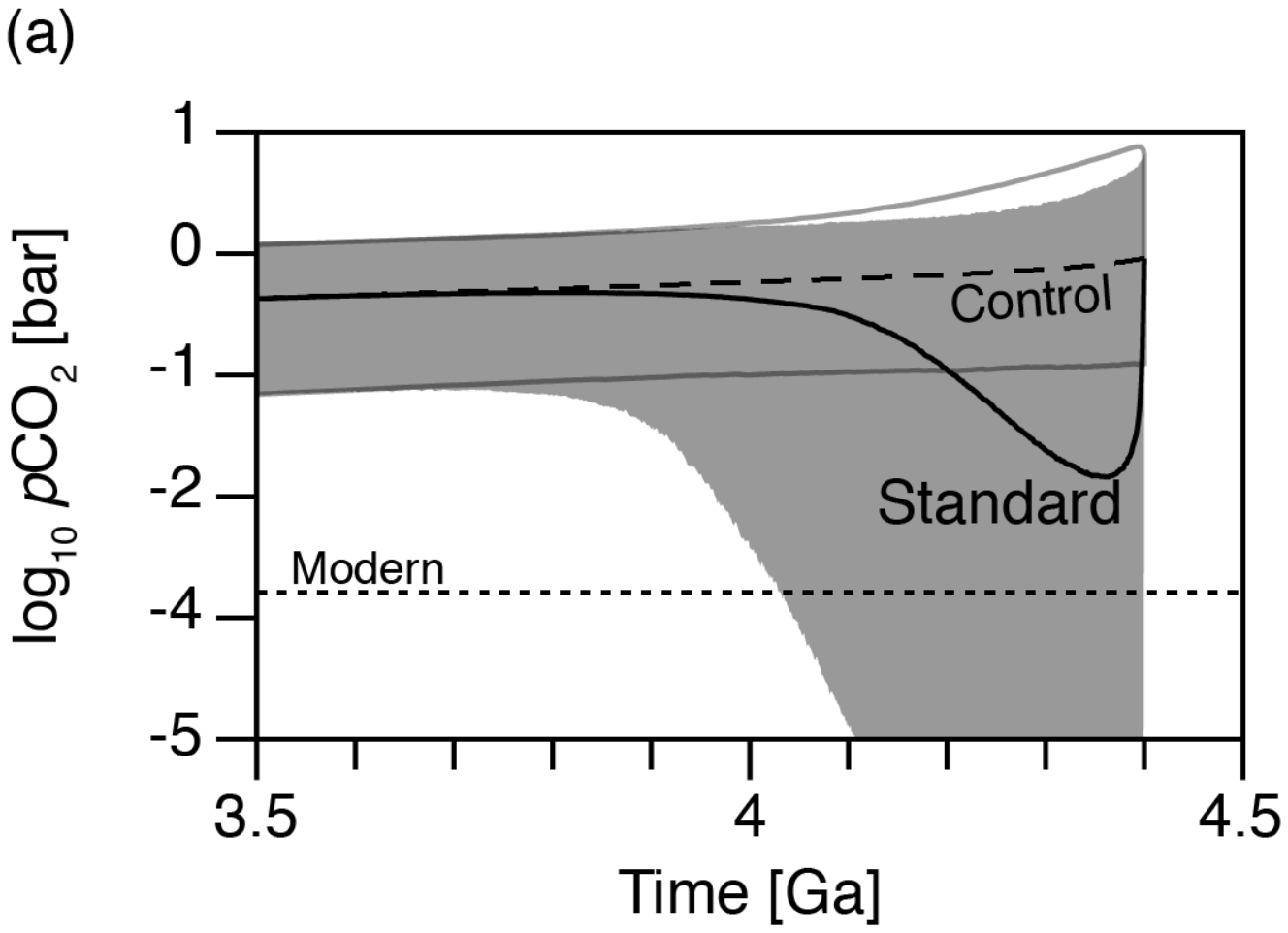
In this study, we calculated the evolution of the surface environment by varying parameters in a geologic carbon cycle model within their ranges of uncertainty. Since the ejecta weathering is a source of carbonate alkalinity (i.e., a sink of CO_2), the pCO_2 and surface temperature of cases with ejecta weathering (hereafter, standard cases) are lower than those of cases without ejecta weathering (hereafter, control cases), as shown in Figure 1a and 1b. The surface temperatures of some standard cases are even lower than 273.15 K (Figure 1a). The coldness does not always mean that the Earth was in a snowball state during the early Hadean; instead, it just indicates a high likelihood of a cold climate. The low pCO_2 of standard cases also results in high ocean pH (Figure 1c). In addition, because the high pH results in a high precipitation rate of carbonate, the carbonate alkalinity of standard cases tends to be lower than that of control cases.

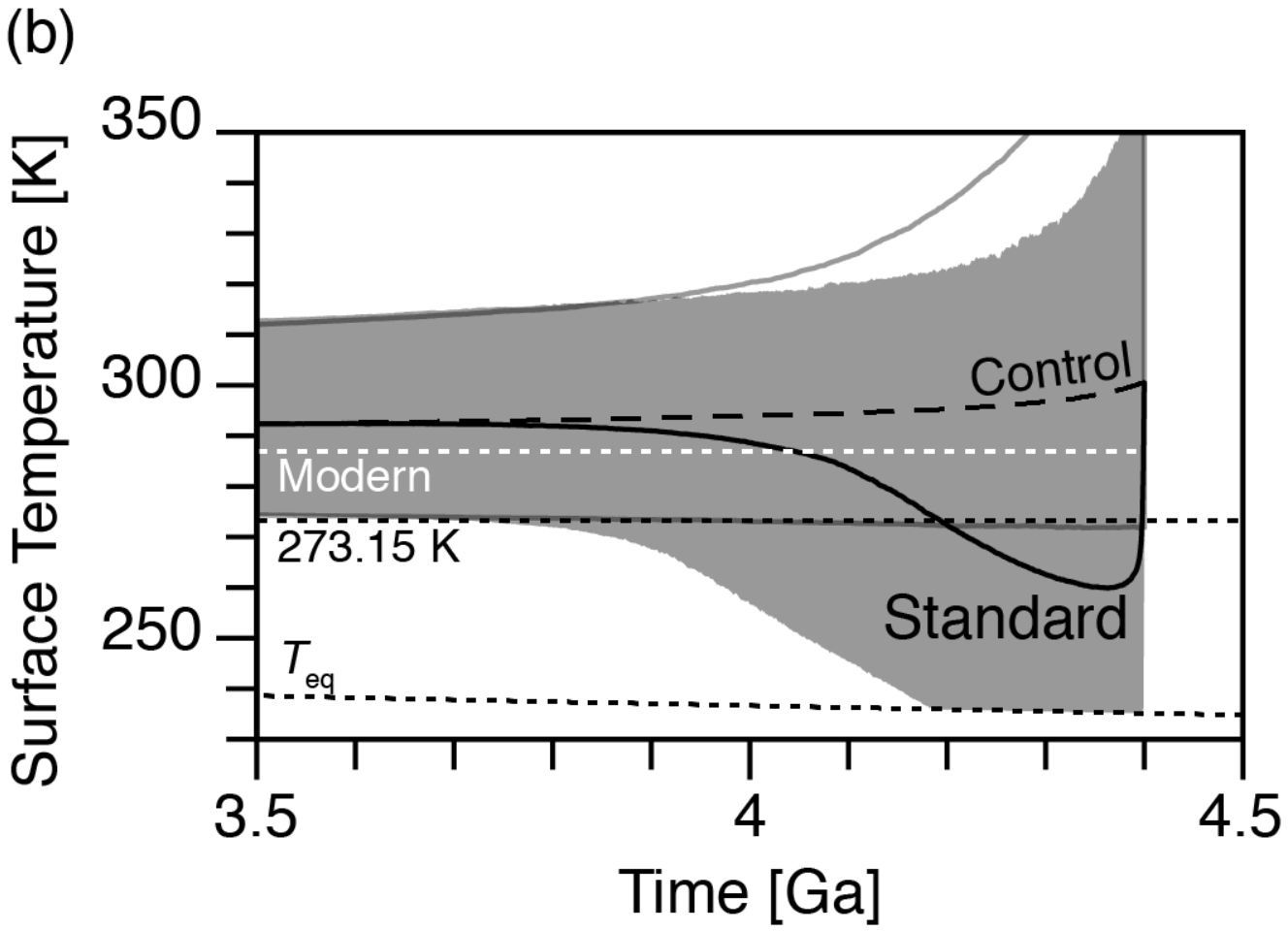
For the standard case, such a relatively cold surface and alkaline ocean are confined to the early Hadean, in which the impact flux (i.e., ejecta production rate) is high. However, the impact craters on the Moon also indicate the possibility of an enhanced impact flux around 4 Ga (i.e., the late heavy bombardment; LHB). The estimated impact flux for the LHB is also high enough to result in a cold surface and alkaline ocean. Hence, we should consider the possibility that life existed in a cold and alkaline early ocean.
Fig. 1. Results with control (without ejecta weathering) and standard cases (with ejecta weathering) for the geologic carbon cycle model for (a) atmospheric partial pressure of CO_2, pCO_2, (b) global mean surface temperature, and (c) ocean pH.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：冥王代、気候進化、炭素循環
Keywords: Hadean, Climate evolution, Carbonate-silicate geochemical cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 201A 2F

[B-CG07] 地球史解読：冥王代から現代まで

コンビーナ:小宮 剛(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、加藤 泰浩(東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、座長:吉田 聡(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 広域システム科学系宇宙地球科学教室)

冥王代から現代まで地球史46億年を通じての地球の進化や地質学的プロセスについて，フィール
ド調査，化学分析，実験，理論計算などの様々なアプローチから研究した最新の成果を集約し，
地球深部の進化と表層の環境変動や生命の発生・進化との因果関係・相互作用などを総括的に議
論する．惑星科学，地質学，テクトニクス，火成岩・変成岩岩石学，層位・古生物学，進化学，
環境学，地球化学など関連する幅広い話題を歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[BCG07-07] **Impact-induced magmatism on early Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1]、Uschi M. Graham[2]、Yuya Tsukamoto[3]、Yumiko Watanabe[3]、Takeshi Kakegawa[3]、Hiroshi Hamasaki[4]、Andrew Chorney[5]、Katherine Crispin[1]、Zi-Kui Liu[1] (1.The Pennsylvania State University、2.Univ. of Kentucky、3.Tohoku Univ.、4.Tokyo Gas、5.Temple Univ.)

11:00 ~ 11:15

[BCG07-08] An evaluation of impact dating for shocked zircons with planar features (PFs) in the Vredefort dome by LA-ICP-MS multi-spot analysis

*山本 伸次[1]、加藤 大雅[1] (1.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

11:15 ~ 11:30

[BCG07-09] **イスア表成岩帯変成岩の微量元素およびタングステン同位体分析への酸洗浄法の適用**

★招待講演

*榎本 葉月[1]、飯塚 毅[1]、本馬 佳賢[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

11:30 ~ 11:45

[BCG07-10] 太古代の低生物生産とその生物地球化学的影響

★招待講演

*尾崎 和海[1] (1.東邦大学)

11:45 ~ 12:00

[BCG07-11] 太古代の炭素循環システムの挙動特性と高温環境の必然性

★招待講演

*渡辺 泰士[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]、洪 鵬[3] (1.東京大学、2.東邦大学、3.千葉工業大学)

12:00 ~ 12:15

[BCG07-12] 地質学的産状と化学組成を用いたグリーンランド・イスア表成岩帯の変成炭酸塩岩の起源の解明と初期太古代海洋環境の復元

*吉田 聡[1]、安川 和孝[2]、加藤 泰浩[2]、澤木 佑介[3]、小宮 剛[3] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、3.東京大学総合文化研究科広域科学専攻)

Impact-induced magmatism on early Earth

*Hiroshi Ohmoto[1], Uschi M. Graham[2], Yuya Tsukamoto[3], Yumiko Watanabe[3], Takeshi Kakegawa[3], Hiroshi Hamasaki[4], Andrew Chorney[5], Katherine Crispin[1], Zi-Kui Liu[1]

1. The Pennsylvania State University, 2. Univ. of Kentucky, 3. Tohoku Univ., 4. Tokyo Gas, 5. Temple Univ.

At the JpGU Meeting 2017, we reported the discovery of numerous fragments (<~3 mm in size) of stony meteorites and impact spherules of basalt in the lowest (i.e., the earliest) ~70 m section of the submarine Apex Basalt that overlies the ~110 m-thick Marble Bar Chert Member (MBCM; ca. 3.46 Ga in age) in the ABDP #1 drill core, which was recovered in 2003 at Marble Bar, Pilbara, Western Australia. We suggested that the asteroid body that produced the meteorite fragments was >10 km in diameter, impacted at ~40 km E of Marble Bar, terminated the deposition of the MBCM, and created a crater (“The Apex Impact Crater”) more than ~100 km in diameter. To test this hypothesis, in the summer of 2018 we conducted a geological survey of the proposed “Apex Impact Crater” utilizing a drone equipped with a high-resolution (4K) camera.

Our survey has revealed the presence of “impact tsunami deposits” at the boundary of the MBCM and the Apex Basalt. They are ~1-40 m thick, extending at least 20 km along the strike in the Marble Bar area. They contain numerous fragments (<5 mm size) of stony meteorites, together with various-sized (<1 mm to ~10 m), generally angular-shaped, fragments and blocks of the MBCM. We have also discovered ~15-40 m thick “impact tsunami deposits” underlying the Apex Basalt at ~80 km SE of Marble Bar. Numerous fractures (mostly perpendicular to the bedding planes, and many extending to 100s of meter into the underlying Duffer Formation), the dislocations and rotations of the MBCM in ~cm to ~100 m scales, as well as the “impact tsunami deposits”, were most likely created by an asteroid impact. Our survey has provided evidence that the ~3km-thick Apex Basalt represents the crater-filing komatiite/basalt lavas that were generated by the sudden decompression-melting of the mantle peridotites, triggered by a giant impact, and that the Mt. Edgar Batholiths (~3.46-3.43 Ga in ages), which intruded in the crater, probably represent the rebound of the older continental crust and the products of partial melting of the mantle peridotite and oceanic crust.

Our investigations suggest that the greenstone-granite complexes (“granite dome complexes”) that characterize the geology of the East Pilbara district may represent 8 or more craters created by impacts of asteroid bodies 10-30 km in diameter during the Archean. Consequently, the magmatism and tectonics of early Earth may have been dictated by gigantic asteroid impacts, rather than by the plume- and/or plate tectonics.

Keywords: Asteroid impact crater, Impact tsunami deposits, Early Earth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An evaluation of impact dating for shocked zircons with planar features (PFs) in the Vredefort dome by LA-ICP-MS multi-spot analysis

*山本 伸次[1]、加藤 大雅[1]
*Shinji Yamamoto[1], Taiga Kato[1]

1. 横浜国立大学大学院環境情報研究院
1. Graduate School of Environment and Information Sciences, Yohohama National University

Shock-metamorphosed zircons, as an indicator mineral of meteorite impact, have often been utilized for impact dating (e.g. Kamo et al., 2009). Mechanical and thermal effect by impact are thought to lead Pb-loss of shocked zircon, resulting in partly and fully age resetting. The 2.02 Ga Vredefort dome, largest and oldest impact crater, crop out highly-shock metamorphosed basement rocks which include shocked zircons with various shock features such as planar features and granular textures. Previous studies demonstrate that shocked zircons with planar features in the Vredefort show various metamorphic ages from 731 to 3104 Ma, and these ages are interpreted to be correspond to age resetting of regional metamorphism and impact metamorphism. Recent analysis using EBSD, SL and SRIMP for shocked zircon by Moser et al. (2011) reveal that shocked zircons with curvi-planar features have a potential for impact dating in the Vredefort (2.02 Ga), and EBSD misorientation map suggest that deformation of zircon by impact event enhances the age resetting. However, impact dating using shocked zircons with planar features has not been established. Erickson et al. (2013) reported SHRIMP U-Pb ages of detrital shocked zircon with PFs recovered from downriver of the Vredefort dome, and conclude that predominant impact age were identified and that most of shocked zircons record regional metamorphic events. Here we report impact resseting ages from detrital shocked zircons with PFs at the Vaal River sand, cutting along the Vredefort Dome, and identified zircon deformation texture revealed by EBSD misorientation maps. Such deformation in shocked zircon supposed to be formed by impact, and their deformation texture (PFs and EBSD map) may help to identify the ancient impact record.

キーワード：隕石衝突、衝突年代、衝撃変成ジルコン、フレデフォート
Keywords: meteorite impact, impact dating, shocked zircon, Vredefort

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

イスア表成岩帯変成岩の微量元素およびタングステン同位体分析への酸洗浄法の適用

Application of acid-washing to trace element and tungsten isotope analyses of Eoarchean rocks from the Isua Supracrustal Belt

*榎本 葉月[1]、飯塚 毅[1]、本馬 佳賢[1]
*Hatsuki Enomoto[1], Tsuyoshi Iizuka[1], Yoshitaka Homma[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

The short-lived ^{182}Hf–^{182}W decay system has been widely used to understand early Earth chemical evolution. Recently, ^{182}W anomalies have been found from many Archean terranes (e.g., Willbold et al., 2011; Touboul et al., 2012). These W isotope variations should be produced by the chemical fractionation of Hf/W on the Earth while ^{182}Hf was extant, or contribution of extraterrestrial materials having different W isotope compositions after core formation. While the W isotopic anomalies potentially provide valuable insights into processes on the early Earth, the exact cause of the isotopic anomalies is not yet clearly understood. As the possible causes, early silicate differentiation, early metal-silicate equilibrium at various conditions, and late veneer have been proposed, but these hypotheses respectively are inconsistent with the lack of correlations with Nd, Os isotopic data, and highly siderophile elements abundances (e.g., Rizo et al., 2016b; Puchtel et al., 2018; Touboul et al., 2012). Alternatively, the apparent lack of the correlations may be attributed to secondary disturbance in the W isotope compositions of the Archean rocks, given that W is highly fluid-mobile during metasomatism (e.g., Bali et al., 2012).

In this study, we applied an acid-washing method to Eoarchean metamorphosed rocks from the Isua Supracrustal Belt, with the aims to evaluate the possible effect of metasomatism on the W isotope systems, and to obtain their original W isotope compositions. We measured trace element compositions and W isotope ratios of acid-washes and residues of the metamorphosed basalts using ICP–MS.

The acid-washes show enrichments in light REE, whereas the residues exhibit enrichments in heavy REE. This suggests that acid-washing selectively removed a secondary component gained during metasomatism, given that light REE are relatively fluid-mobile as compared to heavy REE. Negative ^{182}W anomalies were found in the washes showing light REE enrichments. By contrast, non-resolvable ^{182}W anomaly was obtained for the residues displaying heavy REE enrichments. These findings suggest that the Isua metamorphosed basalts have a W isotope heterogeneity even in a single rock sample. Moreover, our results imply that the W isotope compositions of Isua supracrustal rocks could have been modified secondarily as a result of metasomatism. This can account for the lack of correlation between W isotopic data and other geochemical or isotopic data.

キーワード：ハフニウム–タングステン同位体、イスア、酸洗浄、初期地球
Keywords: Hf–W, Isua, acid-washing, early Earth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太古代の低生物生産とその生物地球化学的影響
Limited primary production in the early Archean oceans and its biogeochemical consequenses

*尾崎 和海[1]
*Kazumi Ozaki[1]

1. 東邦大学
1. Toho University

The activity level of the biosphere is a critical factor controlling the chemical composition of the atmosphere. The modern Earth's biosphere is powered by the oxygenic photosynthesis, which utilizes ubiquitous water as their electron donor, with the result that Earth's surface environment is extremely well oxygenated. Before the advent of the oxygenic photosynthesis, in contrast, primary production would have been limited by the geophysical input rate of critical electron donors (e.g., H_2 and Fe^{2+}) from the Earth's interior to the exogenic system. Here, we revisit previous modelling of the global biogeochemical cycles of H, C, and Fe in order to more precisely reconstruct global net primary production (NPP) during an interval of early Archean time before the advent of oxygenic photosynthesis. The biogeochemical model includes a series of metabolic reactions in the primitive anoxic biosphere (e.g., anoxygenic photosynthesis, methanogens, and fermenters) and takes redox (H) balance in the ocean-atmosphere system into account. I explore the effect of a variety of combination of key parameters (e.g., atmospheric CO_2 levels, geophysical input flux of Fe^{2+}, and volcanic outgassing flux of H_2) with a stochastic approach in order to search the possible solutions which allow for creating a warm climate state (>288 K) during the Archean. The results suggest that NPP by anaerobic metabolisms has been a few percent of the modern value. The H-based producers, photoferrotrophs, and CO-consuming acetogens contribute ~80%, ~18%, and ~2% of total NPP, respectively. The estimated extremely low NPP implies the geological fluxes of H_2 and Fe^{2+} as a limiting factor for biological productivity. The results also show that the atmospheric CO_2 levels are needed to be >~70 PAL (present atmospheric level) for maintaining warm climate state and that atmospheric CH_4 levels would have been >100 ppm despite the limited activity of the biosphere.

キーワード：太古代、生物地球化学的循環、メタン
Keywords: Archean, Biogeochemical cycles, Methane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太古代の炭素循環システムの挙動特性と高温環境の必然性
Behaviors of carbon cycle system and inevitability of the hot climate in the Archean Earth

*渡辺 泰士[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]、洪 鵬[3]
*Yasuto Watanabe[1], Eiichi Tajika[1], Kazumi Ozaki[2], Peng Hong[3]

1. 東京大学、2. 東邦大学、3. 千葉工業大学
1. The University of Tokyo, 2. Toho University, 3. Chiba Institute of Technology

Although the luminosity of the Sun in the Archean (from 4.0 Ga to 2.5 Ga) was dimmer than that of today, geological records of $d^{30}Si$ and $d^{18}O$ from marine cherts suggests that the terrestrial surface environment may have been warm or even hot (328-358 K). Recently, along with these geological records, thermostability of reconstructed ancestral enzymes of cyanobacteria, which reflects the temperature of marine photic zone, also supports the hot surface environment.

To achieve such hot environment under the dimmer Sun, greenhouse effect of carbon dioxide and methane is considered to be necessary. Previous study using a coupled model of atmospheric photochemistry and ocean microbial ecosystem showed that the warm climate can be achieved by non-linearly amplified flux of methane to the atmosphere from the marine ecosystem only when H_2-using photosynthetic bacteria and Fe-using photosynthetic bacteria coexisted in the Archean marine ecosystem. This means that the photochemical processes and the marine microbial processes would have been important in realizing the hot environment under low pO_2 condition in the Archean. However, few studies investigated how these processes affected the global carbon cycle in the Archean.

Here we developed a coupled atmosphere photochemistry-marine microbial ecosystem-global carbon cycle model and assessed how the hot climate suggested from the geologic records can be achieved in the Archean. We found that, there are high pCO_2 (hot climate) stable solutions and low pCO_2 (warm climate) unstable solutions against the range of CO_2 degassing rate similar to that of today. In the low pCO_2 solutions ($<\sim$100 PAL), CO_2 is removed from the atmosphere-ocean system as the haze particle, hence such a condition is unstable in the Archean carbon cycle system. This finding strongly supports the results of the hot terrestrial environment in the Archean as suggested from many previous studies. The hot climate may be an inevitable result in the Archean carbon cycle system.

キーワード：太古代、初期地球、炭素循環
Keywords: Archean, Early Earth, Carbon Cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地質学的産状と化学組成を用いたグリーンランド・イスア表成岩帯の変成炭酸塩岩の起源の解明と初期太古代海洋環境の復元

Occurrence and chemical composition of metamorphic carbonate rocks in the Isua supracrustal belt, West Greenland: Implications for the origin of carbonate rocks and compositions of the Eoarchean seawater.

*吉田 聡[1]、安川 和孝[2]、加藤 泰浩[2]、澤木 佑介[3]、小宮 剛[3]
*Yoshida Satoshi[1], Kazutaka Yasukawa[2], Yasuhiro Kato[2], Yusuke Sawaki[3], Tsuyoshi Komiya[3]

1. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、3. 東京大学総合文化研究科広域科学専攻
1. Department of Earth & Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, University of Tokyo, 3. Department of Earth Science & Astronomy Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

The Earth is a unique planet where liquid water and life exist through the geologic time. Therefore, reconstruction of the surface environment of the early Earth is an important issue to consider early life. However, we know little about the early Earth, because the first 500 million years record of the Earth was almost lost.

In recent decades, many studies has been done on the reconstruction of surface environment of the early Earth and early life (c.f. Schidlowski et al., 1979; Ueno et al., 2002; Tashiro et al. 2017). Especially, research on the origin of metamorphic rocks derived from banded iron formation (BIF), carbonate rock and chert in the 3.81 Ga Isua supracrustal belt (ISB), southern West Greenland has been actively carried out in order to reconstruct the surface environment of the early Earth (c.f. Rose et al., 1999; Bolhar et al., 2004; Friend et al., 2008; Nutman et al., 2010).

Recent geochemical studies suggested that the meta-carbonate rock in the ISB originated from a chemical sedimentary rock based on their Post-Archean Average Shale (PAAS)-normalized rare earth element (REE) patterns (Friend et al., 2008; Nutman et al., 2010). They argued that the meta-carbonate rocks have positive La ($[La/La^*]_{PAAS}$; La* = 2 Ce - 2 Pr), Eu ($[Eu/Eu^*]_{PAAS}$; Eu^* = 0.5 Sm + 0.5 Gd) and Y (Y/Ho) anomaly. In the ISB, the carbonate rocks occur with one of three types following rocks: meta-chert, meta-conglomerate and meta-basalt. However, the relationship between the occurrence and the chemical compositons of meta-carbonate rocks is still ambiguous.

We estimated origin of the meta-carbonate rocks with different occurrence, and reconstructed chemical composition of the Eoarchean seawater from geochemistry of the meta-carbonate rocks in the northern part of the ISB. The meta-carbonate layers accompanying the meta-chert are several centimeters thick, and interlayered with meta-chert layer. The meta-carbonate rocks accompanying the meta-conglomerate rock occur as matrix of meta-conglomerate or layer formed centimeter thick. Previous workers considered that those meta-carbonate rocks originated from shallow water sediments (e.g. Dimorth, 1982; Nutman et al., 1984), whereas others interpreted that they formed through metasomatic alteration (e.g. Appel et al., 1998); thus the origin of the meta-carbonate rock are still controversial. The meta-carbonate rocks accompanying meta-basalt occur as veins in the meta-basalt and their thickness are centimeter to tens of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

centimeters. Those differences in the occurrence are related to their origin.

We analyzed major and trace element (e.g. REE and Zr) contents of the whole rocks of the carbonate rocks with X-ray Fluorescence (XRF) for major elements and High-Resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (HR-ICP-MS) for trace elements at the University of Tokyo, respectively. Some carbonate rocks have high SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, and Zr contents, possibly due to involvement of detrital and volcanic materials with/without silicification. We selected the carbonate rocks with low SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, and Zr contents in order to remove influence of the silicification and contamination of the detrital materials.

The PAAS-normalized REE patterns of meta-carbonate rocks interlayered with the meta-chert show LREE-depleted patterns with positive La (La/La*: 1.18-1.40), Eu (Eu/Eu*: 1.80-5.50) and Y (Y/Ho: 34.9-45.3) anomaly and without Ce anomaly. The meta-carbonate rocks accompanying with meta-conglomerate rocks show LREE-depleted patterns with positive Eu (Eu/Eu*: 1.43-1.91) anomaly, and lack La, Ce and Y anomaly. The meta-carbonate rocks accompanying with the meta-basalt possess LREE-depleted pattern with Eu (Eu/Eu*: 1.35-1.91) anomaly, and lack La, Ce and Y anomaly.

The positive La and Y anomaly indicates that the meta-carbonate rocks were originate from chemical sediments precipitated from seawater (e.g. Webb and Kamber, 1999; Bolhar et al., 2004), and the lack of the Ce anomaly indicates that the Eoarchean seawater was anoxic as many previous works suggested. In addition, the positive Eu anomaly suggests that the meta-carbonate rocks was precipitated from seawater, influenced by hydrothermal activity.
We classified the meta-carbonate rocks in the ISB into two groups based on the occurrence and REE patterns: chemical sedimentary rock and metasomatized rock. The former includes the meta-carbonate rocks interlayered with meta-chert, whereas the latter comprises those accompanied with meta-conglomerate and meta-basalt.

キーワード：イスア表成岩帯、炭酸塩岩、初期太古代、希土類元素、遷移金属元素
Keywords: Isua supracrustal belt, Carbonate rock, Eoarchean, Rare earth element, Transition metal element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡崎 裕典

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

10:45 ~ 11:00

[MIS19-01] 超大陸パンゲア時代の大気循環パターンと縦列砂丘の発達

*庄崎 弘基[1]、長谷川 精[2] (1.国立大学法人　高知大学理学部、2.国立大学法人　高知大学理工学部)

11:00 ~ 11:15

[MIS19-02] 白亜紀の海洋無酸素イベントにおける基礎生産者の挙動

*芳賀 万由子[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2] (1.東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.東邦大学理学部生命圏環境科学科)

11:15 ~ 11:30

[MIS19-03] タリム盆地南西縁部第三系の供給源変動から推定される構造運動と砂漠化の関連性

*佐久間 杏樹[1]、多田 隆治[1]、吉田 知紘[1]、長谷川 精[2]、杉浦 なおみ[1]、烏田 明典[1]、王 可[1]、Zheng Hongbo[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.高知大学理学部、3.雲南大学)

11:30 ~ 11:45

[MIS19-04] 千葉複合セクションの酸素同位体記録・浮遊性有孔虫群集によるMIS19における北西太平洋の古海洋変動復元

*羽田 裕貴[1]、横川 菜々子[1]、岡田 誠[1]、林 広樹[2]、久保田 好美[3]、菅沼 悠介[4] (1.茨城大学理学部、2.島根大学総合理工学部、3.国立科学博物館、4.国立極地研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS19-05] 千葉複合セクションに記録された磁場逆転境界付近における花粉分析を用いた古気候復元

*岡田 誠[1]、滝沢 ひとみ[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4]、シモン クォンタン[5] (1.茨城大学理学部理学科、2.茨城大学大学院理工学研究科、3.国立極地研究所、4.総合研究大学院大学、5.エクス−マルセイユ大学)

12:00 ~ 12:15

[MIS19-06] 過去100万年間の西赤道太平洋暖水塊における鉛直水温構造の復元

*水野 文人[1]、佐川 拓也[2]、向田 圭佑[3]、久保田 好美[4]、山崎 俊嗣[5]、黒田 潤一郎[5] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学理工研究域、3.金沢大学理工学域、4.国立科学博物館、5.東京大学大気海洋研究所)

超大陸パンゲア時代の大気循環パターンと縦列砂丘の発達
Development of Longitudinal dunes under the Pangean atmospheric circulation

*庄崎 弘基[1]、長谷川 精[2]
*Hiroki Shozaki[1], Hitoshi Hasegawa[2]

1. 国立大学法人　高知大学理学部、2. 国立大学法人　高知大学理工学部
1. Faculty of Science, Kochi University, 2. Faculty of Science and Technology, Kochi University

超大陸パンゲアが存在していた頃（ペルム紀～ジュラ紀）の地球は，大陸分布が現在とは異なるため，大気循環パターンや気候帯の分布が大きく変化すると考えられている．しかし，当時の大気循環パターンや気候帯分布については，地質記録に基づく復元や気候モデルの再現実験などが数多くなされているものの，様々な見解があり議論が続いている．本研究では，アメリカ中西部に広く分布する下部ジュラ系の風成砂岩（ナバホ砂岩など）を対象として，今まで謎だった超大陸パンゲア時代の地表風系・大気循環パターンの詳細な復元を試みた．修正された古緯度復元に基づくと，ジュラ紀前期には北緯24~33度に砂漠環境が広がっており，復元された砂丘前置面の方向からNNW-SSE配列の縦列砂丘が発達していたことが明らかになった．また復元された古風向パターンの分布から，北東風・北西風・西風の3方向の卓越風系が発達していたことが明らかになり，気候モデルで再現された北半球冬の卓越風系や亜熱帯高圧帯の位置とも整合的であった．この3方向の卓越風系とNNW-SSE配列の縦列砂丘の発達は，北緯30度付近を中心に発達する亜熱帯高圧帯の軸部が，軌道要素スケールで南北移動したことによって形成されたと考えられる．パンゲア時代には超大陸・超海洋の存在により，現在の大陸分布よりも軌道要素スケールの季節的な日射量変化が強く影響し，亜熱帯高圧帯の南北移動は大きかったことが気候モデルでも再現されている．すなわち，風成砂丘記録から復元されたパンゲア超大陸時代の大気循環は，季節変化や軌道要素スケールで赤道非対称に反転する子午面循環パターンであり，気候モデルの再現結果を整合的に説明できることがわかった．また，現世縦列砂丘とジュラ紀前期の縦列砂丘の配列方向の違いの要因は，大陸分布の違いに依存した亜熱帯高圧帯の南北移動の移動幅の違いによって生じたと考えられる．

キーワード：風成砂丘、ナバホ砂岩、超大陸パンゲア、古風系、大気循環
Keywords: Eolian dunes, Navajo sandstone, Pangean supercontinent, Paleowind systems, Atmospheric circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

白亜紀の海洋無酸素イベントにおける基礎生産者の挙動
Response of primary producers in the ocean anoxic events during the Cretaceous

*芳賀 万由子[1]、田近 英一[1]、尾崎 和海[2]
*Haga Mayuko[1], Eiichi Tajika[1], Kazumi Ozaki[2]

1. 東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. 東邦大学理学部生命圏環境科学科
1. The University of Tokyo, 2. Toho University

白亜紀においては、海洋内部に酸素欠乏状態が拡大する「海洋無酸素イベント(Oceanic Anoxic Events ; OAEs)」と呼ばれる現象が繰り返し生じていたことが知られている。OAEs時の貧酸素環境では、現在のような富酸素環境とは異なる物質循環や生物活動、堆積過程が生じていたはずである。実際、OAEsの地層からはシアノバクテリアや緑色硫黄細菌等の活動を示唆するバイオマーカー(分子化石)が検出されていることから、OAEs発生時における海洋の化学環境や基礎生産者が現在とは全く異なっていたことが示唆されている。OAEsを生物地球化学循環への擾乱現象と見なせば、そこで中心的な機能を担う光合成生態系の応答を理解することは重要である。

白亜紀においては、海洋底拡大速度が速く海水準が高く維持されていたため、浅海域の面積が拡大していた。有機物は浅い海底ほど効率的に埋没するため、広大な大陸棚において必須元素であるリンや窒素などの栄養素が大量に固定される結果、海洋は富栄養になりにくく、より富酸素的になりやすいはずである(Ozaki and Tajika,2013)。しかしながら、そのような白亜紀条件における海洋内部の必須元素分布や基礎生産者の挙動はよくわかっていない。そこで白亜紀条件における海洋生物化学循環モデルに海洋生態系モデルを結合することで、白亜紀において生じたOAEsの条件や必須元素分布、基礎生産者の挙動について調べた。

その結果、白亜紀の平均的な気温条件では、現在海洋と同様に藻類が主な基礎生産者となることがわかった。しかしながら、巨大火成岩区(LIPs)の形成などにより一時的に気温が上昇し貧酸素水塊が発生した場合、海水中の硝酸が枯渇して窒素制限傾向に陥るために藻類の基礎生産は低下し、それに代わって窒素固定を担うシアノバクテリアが主たる基礎生産者となることが示された。また、湧昇域においては、硫酸還元によって発生した硫化水素が有光層にまで上昇し、緑色硫黄細菌が基礎生産を担うようになることが分かった(有光層ユーキシニアの発生)。

すなわち、白亜紀において海洋無酸素イベントが発生した状況では、通常海域ではシアノバクテリアが必然的に活動するようになり、湧昇域においては緑色硫黄細菌が活動するようになるという結果が得られた。

キーワード：海洋無酸素イベント、白亜紀、バイオマーカー、海洋生物化学循環モデル、緑色硫黄細菌、シアノバクテリア
Keywords: ocean anoxic events, Cretaceous, biomarkers, marine biogeochemical cycle modeling, green sulfur bacteria, cyanobacteria

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

タリム盆地南西縁部第三系の供給源変動から推定される構造運動と砂漠化の関連性

The linkage between desertification and tectonism inferred from the provenance change of the terrestrial sediments in the Tarim basin

*佐久間 杏樹[1]、多田 隆治[1]、吉田 知紘[1]、長谷川 精[2]、杉浦 なおみ[1]、烏田 明典[1]、王 可[1]、Zheng Hongbo[3]
*Aki Sakuma[1], Ryuji Tada[1], Tomohiro Yoshida[1], Hitoshi Hasegawa[2], Naomi Sugiura[1], Akinori Karasuda[1], Ke WANG[1], Hongbo Zheng[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 高知大学理学部、3. 雲南大学
1. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, the University of Tokyo, 2. Faculty of Science and Technology, Kochi University, 3. School of Resource Environment and Earth Science, Yunnan University

タリム盆地はチベット高原北西部に位置しており、インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突したことに起因するチベット高原とその周辺地域の隆起とそれに伴う乾燥化が新生代を通じて進行した地域の一つであると、気候モデル実験の結果から推定されている(e.g. Kitoh, 2005)。しかし、タリム盆地の乾燥化とその周辺地域における隆起の関係を裏付ける地質学的な証拠は十分とは言えない。その原因として乾燥化の証拠として用いられている盆地内部の風成層の年代について、文献ごとに異なる見解が示されていることが挙げられる(e.g. Zheng et al., 2015)。そのため、両者の関係を検証するためには、年代モデルの不確かさに影響されずに乾燥化指標と比較をすることが可能な構造運動の指標を同じセクションから取り出すことが有効である。

本研究では、タリム盆地南西縁部Aertashiセクションにおいて、始新世後期～中新世中期にかけて堆積した河川成細粒砂岩の供給源変化を、64-500μm画分中に含まれる石英の電子スピン共鳴(ESR)信号強度・結晶化度(CI)分析、薄片観察から推定した。そして、供給源の変化から後背地における構造運動の時期を推定し、岩相から推定される乾燥化の時期との比較を行うことにより、両者の関係を調べた。

河川によって運搬されたと考えられる64-500μm画分中に含まれる石英のESR信号強度、CI分析の結果、この画分の供給源変動は6段階のステージに区分されることが分かり、それぞれのステージの境界は約35Ma、約33Ma、約26Ma、約21Ma、約17Maであった。薄片観察からは約17Ma前後で構成粒子の組成が大きく変化することが分かった。具体的には岩片の占める割合が増え、火山岩片が含まれるようになり、苦鉄質鉱物や黒雲母の割合が増加するといった違いが見られた。
ESR信号強度、CI測定の結果から見ると、特に約33Ma、約26Ma、約17Maにおける供給源は大きく変化しており、後背地であるパミール高原での構造運動がこれらの時期に起きた可能性が高いと予想される。一方で、岩相から予想されるタリム盆地における乾燥化開始時期は約35Maであり、タリム盆地における初期の乾燥化にパミール高原における構造運動が影響した可能性は低いと予想される。

キーワード：タリム盆地、供給源推定、砂漠化
Keywords: Tarim Basin, provenance change, desertification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千葉複合セクションの酸素同位体記録・浮遊性有孔虫群集による MIS19における北西太平洋の古海洋変動復元

Paleoceanographic reconstruction in the northwestern Pacific during MIS 19 using ultra-high temporal resolution oxygen isotope profiles and planktonic foraminiferal assemblage

*羽田 裕貴[1]、横川 菜々子[1]、岡田 誠[1]、林 広樹[2]、久保田 好美[3]、菅沼 悠介[4]
*Yuki Haneda[1], Nanako Yokokawa[1], Makoto Okada[1], Hiroki Hayashi[2], Yoshimi Kubota[3], Yusuke Suganuma[4]

1. 茨城大学理学部、2. 島根大学総合理工学部、3. 国立科学博物館、4. 国立極地研究所
1. College of Science, Ibaraki University, 2. Interdisciplinary Factulty of Science and Engineering, Shimane University, 3. National Museum of Nature and Science, 4. National Institute of Polar Research

The orbital configuration during Marine Isotope Stage (MIS) 19 are characterized by a weak eccentricity-precession forcing and an obliquity maximum associated with a precession minimum as well as MIS 1, although the both absolute values of obliquity are different. Thus, MIS 19c, one of the sub-stages during MIS 19, is assumed as the best analogue for the present interglacial suggesting the timing of the next glacial inception in the future when the anthropogenic influences are excluded.

The Chiba composite section (CbCS) at east-central Japanese island faces the northwestern Pacific containing the Kuroshio Extension Front (KEF) which is north limit of the Kuroshio Current transporting amount of heat and water from the Equatorial to mid-latitude. Modern observation, climate model, and geologic records reveal that variations of the oceanic fronts in the northwestern Pacific (surface temperature and latitudinal position) and atmospheric circulation in the North Pacific interact. However, response of the KEF to external and internal forcings under the modern orbital configuration remain unclear.

Here, we reconstruct detailed paleoceanographic variations in the northwestern Pacific during MIS 19 using stable oxygen isotope ($\delta^{18}O$) and planktonic foraminiferal assemblage records form the CbCS. Spectral and wavelet analyses were conducted in order to assess periodicity of our new $\delta^{18}O$ records. Vertical water temperature structure and their gradient (ΔT), and relative abundance variation of warm-water species exhibit latitudinal displacements of the KEF on multi-millennial scale across the MIS 20–19 transition and during late MIS 19 (MIS 19b to 19a). Results of the spectral and wavelet analyses for the $\delta^{18}O$ records show periodicities of 2,300–6,000 year during late MIS 19. Similarities of timing and periodicity between paleoceanographic records from the CbCS and North Atlantic indicate that disruption of the Atlantic meridional overturning circulation due to freshwater discharge into the North Atlantic caused the southward displacements of the KEF via atmospheric dynamic. A power of the 9,700 year-periodicity in surface planktonic $\delta^{18}O$ and ΔT is stronger during MIS 19c, which probably originates from tropics caused by equatorial insolation at equinoxes with the orbital perihelion. This result indicates the seasonality of the insolation at low-latitudes paced the sea surface condition at the CbCS throughout MIS 19 and this low-latitude influence became larger especially when the North Atlantic forcing by freshwater discharges and AMOC variability was low. Our result suggests that millennial-scale stability and variation of oceanographic condition along the KEF under this orbital configuration depend on North Atlantic climate variability.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：千葉複合セクション、海洋酸素同位体ステージ19、酸素同位体、浮遊性有孔虫、北西太平洋、黒潮続流前線
Keywords: China composite section, MIS 19, Oxygen isotope, Planktonic foraminifer, northwestern Pacific, Kuroshio Extension Front

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千葉複合セクションに記録された磁場逆転境界付近における花粉分析を用いた古気候復元

Paleoclimate reconstruction using fossil pollen analyses from a sedimentary sequence around the Matuyama-Brunhes polarity transition in the Chiba composite section

*岡田 誠[1]、滝沢 ひとみ[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4]、シモン クォンタン[5]
*Makoto Okada[1], Hitomi Takizawa[1], Yuki Haneda[2], Yusuke Suganuma[3,4], Quentin Simon[5]

1. 茨城大学理学部理学科、2. 茨城大学大学院理工学研究科、3. 国立極地研究所、4. 総合研究大学院大学、5. エクス−マルセイユ大学
1. Department of Earth Sciences, College of Science, Ibaraki University, 2. Graduate school of Science and Technology, Ibaraki University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Graduate University for Advanced Studies, 5. Aix-Marseille University

本研究では地磁気逆転時におけるいわゆるスベンスマルク効果を検討することを目的として、M-B極性反転境界を含む千葉複合セクションにおいて花粉分析を行い，モダンアナログ法により得られる定量的な古気候変動と古地磁気および10Be記録との対比を行った。

本研究で用いた試料は，先行研究 (Suganuma et al., 2018)で用いられた花粉化石データの採取密度が低かった層準区間 (Byk-Eテフラ層の上位 4-31m）における33層準から採取した．試料に対して，前処理としてKOH-アセトリシス処理（Moore et al., 1991）とフッ化水素酸処理を施し，花粉化石の抽出を行った．光学顕微鏡による検鏡の結果，木本花粉1科24属，草本花粉2科1属，胞子2属の計3科27属を同定した．出現した花粉化石は，いずれの層準もPinus（マツ属）が多産し，その他にPicea（トウヒ属），Tsuga（ツガ属），Fagus（ブナ属）等亜寒帯〜冷温帯を主な分布域とする花粉が多く占める結果となった．

花粉データに対しモダンアナログ法（Nakagawa et al., 2002）を適用したところ，復元した古気候パラメータが，全体的に現在の対象地域周辺より低い気温を示した．モダンアナログ法から復元した各種気候パラメータを酸素同位体比変動や日射量変動，銀河宇宙線量を示す10Be，相対古地磁気強度と比較したところ，年平均気温の変動はおよそ浮遊性有孔虫の酸素同位体変動と同期した変化を示し，Kitaba et al. (2017) で報告されたM-B境界における磁場逆転に伴う気温の低下及び寒冷化の継続は確認できなかった．

キーワード：千葉複合セクション、花粉化石分析、松山ーブルン地磁気逆転
Keywords: Chiba Composite Section, fossil pollen analysis, Matuyama-Brunhes reversal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

過去100万年間の西赤道太平洋暖水塊における鉛直水温構造の復元
Reconstruction of vertical thermal structure in the western Pacific warm pool over the last 1 Myr

*水野 文人[1]、佐川 拓也[2]、向田 圭佑[3]、久保田 好美[4]、山崎 俊嗣[5]、黒田 潤一郎[5]
*Fumito Mizuno[1], Takuya Sagawa[2], Keisuke Mukaida[3], Yoshimi Kubota[4], Toshitsugu Yamazaki[5], Junichiro Kuroda[5]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科、2. 金沢大学理工研究域、3. 金沢大学理工学域、4. 国立科学博物館、5. 東京大学大気海洋研究所
1. Graduate School of Natural Science and Technology. Kanazawa University, 2. Institute of Science & Engineering. Kanazawa University, 3. Collage of Science & Engineering. Kanazawa University, 4. National Museum of Nature & Science, 5. Atmosphere and Ocean Research Institute. The University of Tokyo

太平洋熱帯域には東西方向の大気循環（ウォーカー循環）が存在し，その強弱と東西の表層水温（Sea Surface Temperature: SST）勾配，水温躍層勾配が大気海洋相互作用によって密接に関係している．このような大気海洋相互作用はエルニーニョ南方振動（El Niño Southern Oscillation : ENSO）として知られており，数年スケールの振動が熱帯のみならず広範囲の気候に影響を与えている．過去のSSTプロキシ記録によると東西方向のSST勾配は様々な時間スケールで変化しており，現在のENSOに類似した大気海洋相互作用が長時間スケールにおいても存在したと解釈されている．しかしながら，SST勾配の変化がウォーカー循環の強弱を伴っていた決定的な証拠は無い．そこで，本研究ではウォーカー循環の強弱に敏感に応答する水温躍層の変化を復元し，東西のSST勾配との連動性を調べることによって，ENSOに似た大気海洋相互作用が数万～数十万年スケールにおいても卓越していたかを検証した．試料は西太平洋暖水塊（Western Pacific warm pool: WPWP）に位置するオントンジャワ海台で採取されたMR14-02 PC4ピストンコアを用いた．堆積物から拾い出した浮遊性有孔虫*Globigerinoides ruber*と*Pulleniatina obliquiloculata*のMg/Ca分析によって，表層・躍層水温を過去100万年間にわたって復元した．両者の水温差をWPWPにおける鉛直水温勾配（ΔT_{WPWP}）とし，本研究の*G. ruber* SSTと東赤道太平洋ODP Site 846におけるアルケノンSSTの差を東西水温勾配（ΔSST_{W-E}）として比較を行った．その結果，過去のΔT_{WPWP}とΔSST_{W-E}の関係は，現在の数年スケール変動のそれとは一致しないことが示された．これは熱帯太平洋における数万～数十万年スケールの水温構造の変化が，現在のような東西方向の大気海洋相互作用とは異なるメカニズムによって引き起こされていることを示唆する．また，ΔT_{WPWP}とΔSST_{W-E}には氷期一間氷期サイクルよりも長時間スケールの変化が確認され，その周期はおよそ40万年であった．このことは，赤道太平洋の水温構造がミランコビッチサイクルを反映している可能性を示す．本研究の結果から，過去の大気海洋相互作用の動態を理解するためには，東西SST勾配に加えて，鉛直水温構造や緯度方向の水温変化も合わせて議論する必要性が示された．

キーワード：西赤道太平洋暖水塊、浮遊性有孔虫、古水温復元
Keywords: Western Pacific warm pool, Planktonic foraminifera, Reconstruction of old water temperature

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

13:45 ~ 14:00

[MIS19-07] 大気中二酸化炭素増大に伴う２つの気候変化への海洋石灰化生物の応答に関する将来展望

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:22

[MIS19-08] 生物源炭酸カルシウムのホウ素同位体分析に基づく海水pH・大気中CO_2濃度復元

★招待講演

*窪田 薫[1] (1.海洋研究開発機構 高知コア研究所)

14:22 ~ 14:37

[MIS19-09] サンゴ骨格の化学分析に基づくジャワ海における過去70年の環境変動

*源田 亜衣[1]、鈴木 淳[2]、石村 豊穂[3]、池原 実[4]、井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門、3.独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校、4.高知大学海洋コア総合研究センター)

14:37 ~ 14:52

[MIS19-10] **フィリピンのサンゴ試料を用いた過去220年間の西太平洋熱帯域の古環境復元**

智原 睦美[1]、福嶋 彩香[2]、池原 実[3]、川幡 穂高[2]、鈴木 淳[4]、*井上 麻夕里[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

14:52 ~ 15:15

[MIS19-11] Ocean deoxygenation from the Last Glacial Maximum to the future global warming: inshight from model simulations

★Invited Papers

*山本 彬友[1]、阿部 彩子[2,1]、大垣内 るみ[1]、伊藤 彰記[1]、重光 雅仁[1]、山中 康裕[3]、岡 顕[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所、3.北海道大学大学院地球環境科学研究院統合環境科学部門)

大気中二酸化炭素増大に伴う２つの気候変化への海洋石灰化生物の応答に関する将来展望

Future perspective on the response of marine calcifiers to “evil twins” of climate change due to increased PCO2

*川幡 穂高[1]
*Hodaka Kawahata[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所
1. Atmosphere Ocean Research Institute, the University of Tokyo

This talk is developed from our comprehensive review paper of PEPS: Kawahata, H., Fujita, K., Iguchi, A, Inoue, M., Iwasaki, S., Kuroyanagi, A., Maeda, A., Manaka, T., Moriya, K., Takagi, H., Toyofuku, T., Yoshimura, T., Suzuki, A. (2019) Perspective on the response of marine calcifiers to global warming and ocean acidification –Behavior of corals and foraminifera in a high CO2 world “hot house”. Progress in Earth and Planetary Science 6: 5 (p.1-37).

Our planet will experience global warming and ocean acidification due to increased partial pressure of CO2 in the atmosphere. They are often referred to as the “evil twins” of climate change, potentially inducing severe threats in the near future.

Generally, majority of marine calcifying organisms show decreases in calcification rates in response to acidified seawater by increased pCO2. However, the response often differs depending on situations, species, and life-cycle stage. Calcification of Calcarina gaudichaudii, generally increased with increased pCO2. As one possible cause of these different sensitivities, Calcarina hosts diatoms as its symbiotic algae. High-CO2 seawater is favorable to diatom growth.

X-ray micro-computed tomography will provide valuable information regarding biomineralization including calcification of planktic and benthic foraminifera in response to ocean acidification as well as regarding carbonate dissolution.

Based upon the analysis of the biogeochemical cycle (today, at P/E boundary and in Cretaceous), “high speed” and “high level” pCO2 are the primary and secondary factors, respectively, leading to acidification in the Earth surface’s system. Over the long-term, it is well known that alkalinity has fluctuated largely in the Earth’s surface environment. Therefore, it is important to quantitatively reconstruct alkalinity, which is another key factor determining the saturation state of carbonate minerals.

キーワード：地球温暖化、海洋酸性化、石灰化生物、炭酸塩、アルカリ度
Keywords: global warming, ocean acidification , calcifiers, carbonate, alkalinity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

生物源炭酸カルシウムのホウ素同位体分析に基づく海水pH・大気中CO_2濃度復元

Reconstruction of seawater pH and atmospheric CO_2 concentration based on boron isotopic composition of biogenic calcium carbonate

*窪田 薫[1]
*Kaoru Kubota[1]

1. 海洋研究開発機構 高知コア研究所
1. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC

造礁サンゴや有孔虫に代表される生物源炭酸カルシウムには微量元素や同位体の形で様々な海洋環境情報が記録されている。中でも、**ホウ素同位体（$\delta^{11}B$）**は海水のpH、さらには大気中CO_2濃度を記録する代替指標として古気候・古海洋学研究で大きな関心を集めている。近年の人為的なCO_2排出のもたらす環境問題（地球温暖化、海洋酸性化など）への関心の高まりとともに、過去の炭素循環研究が盛んに行われており、その中でもホウ素同位体指標は中心的な役割を果たしている。同指標は1980年代にその適用可能性が予見されたものの、当時は微量かつ高精度にホウ素同位体を分析することは困難であった。ホウ素は身の回りにありふれた元素であり（代表的なものはホウケイ酸ガラス）、また生物源炭酸カルシウム中のホウ素の含有量が極めて小さいことから、クリーン環境の向上とともに分析技術が進化して来たという経緯がある。表面電離型質量分析計（**TIMS**）を用いた測定技術が最初に開発され、現在までにマルチコレクター型ICP質量分析計（**MC-ICPMS**）、二次イオン質量分析計（SIMS）、レーザーアブレーション型ICP質量分析計（LA-ICPMS）を用いた測定が可能になっている（他にも多数）。それぞれの分析法で測定可能量・達成できる精度・空間分解能が大きく異なるが、現在なおより微量・より高精度に同位体を測定するための技術開発努力が世界中の研究機関で続けられている。**海洋研究開発機構高知コア研究所**においては、TIMSとMC-ICPMSの二種類を用いた測定が可能になっており、前者は世界最高精度、後者も世界に引けを取らない測定精度・測定可能量を実現している。本講演では、海洋生物の炭酸カルシウム骨格のホウ素同位体が海水pHの指標になる原理と各分析法の特性を説明するとともに、発表者がこれまでに高知コア研究所において行なってきた研究・現在継続中の研究計画について簡単に紹介する。近年、サンゴや有孔虫の石灰化母液のpH可視化技術の進展とともに、ホウ素の取り込みに関するメカニズムの理解もより精緻化しつつある。造礁サンゴについては、ホウ素同位体は石灰化母液のpHの直接指標になる可能性が指摘されており、一方で有孔虫に関しても微小領域のpH変化がホウ素同位体に影響していることが明らかになりつつある。いずれにしても、様々な試料（飼育実験・最近野外で採取された個体・化石試料など）に対して、ホウ素同位体と海水pHとの間の明瞭な相関が確認されており、経験則を正確に把握することで古気候・古海洋学研究に応用されているのが現状である。

キーワード：ホウ素同位体、サンゴ、有孔虫、炭素循環、石灰化、二酸化炭素
Keywords: boron isotope, coral, foraminifera, carbon cycle, calcification, carbon dioxide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サンゴ骨格の化学分析に基づくジャワ海における過去70年の環境変動
A 70 years changes of the Java Sea surface condition based on geochemical analyses of a coral core

*源田 亜衣[1]、鈴木 淳[2]、石村 豊穂[3]、池原 実[4]、井上 麻夕里[1]
*Ai Genda[1], Atsushi Suzuki[2], Toyoho Ishimura[3], Minoru Ikehara[4], Mayuri Inoue[1]

1. 岡山大学大学院自然科学研究科、2. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門、3. 独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校、4. 高知大学海洋コア総合研究センター
1. Graduate School of National Science and Technology, Okayama University, 2. Geological Survey of Japan Natinal Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. National Institute of Technology, Ibaraki College, 4. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

インドネシア多島海は、地形の複雑性などから海洋観測データの蓄積が少ない海域である。そのため、過去数十年以上にわたる海洋環境の変化を理解するためには、間接指標を用いた環境復元が必要である。そこで本研究では、サンゴ骨格中のSr/Ca比, U/Ca比および炭素同位体比（$\delta^{13}C$）の分析から過去70年間の海洋環境の復元を行った。

本研究では、インドネシア・ジャワ海に位置するセリブ諸島周辺の海域から採取された塊状ハマサンゴ（*Porites* sp.）の骨格コアを使用した。骨格中のSr/Ca比は誘導結合プラズマ（ICP）発光分光分析装置、U/Ca比はICP質量分析計、$\delta^{13}C$は安定同位体比質量分析計によって、それぞれ約2か月の時間分解能で分析を行った。

これまでにSr/Ca比とU/Ca比は、水温の指標になることが報告されているが[Beck et al., 1992; Min et al., 1995]、U/Ca比は海水温以外にも、海水のpH [Inoue et al., 2011]や炭酸イオン濃度（$[CO_3^{2-}]$）[Anagnostou et al., 2011]にも依存することが報告されている。したがって、これらの組み合わせから、海水温および炭酸系の復元を試みた。その結果、1970年以降、骨格中のU/Ca比に対する海水のpHあるいは$[CO_3^{2-}]$の影響が大きくなった可能性が考えられ、海洋酸性化の影響が示唆される。同様に、骨格中の$\delta^{13}C$には、^{13}Cスース効果が反映されており、特に1970年以降に$\delta^{13}C$の減少が大きいことが認められた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピンのサンゴ試料を用いた過去220年間の西太平洋熱帯域の古環境復元

Reconstruction of paleoenvironments in the western Pacific for the last 220 years

智原 睦美[1]、福嶋 彩香[2]、池原 実[3]、川幡 穂高[2]、鈴木 淳[4]、*井上 麻夕里[1]
Mutsumi Chihara[1], Ayaka Fukushima[2], Minoru Ikehara[3], Hodaka Kawahata[2], Atsushi Suzuki[4], *Mayuri Inoue[1]

1. 岡山大学大学院自然科学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 高知大学海洋コア総合研究センター、4. 産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Department of Earth Sciences, Okayama University, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 4. Geological Survey of Japan, AIST

サンゴ骨格の酸素同位体比（$\delta^{18}O$）やストロンチウム・カルシウム比（Sr/Ca）は海洋表層の温度などに関する定量的な情報を得られるため、熱帯から亜熱帯域における気候の経年変動を復元するのに適した古気候・古環境指標であるとされている。しかしサンゴ骨格を用いて200年以上にわたる連続的な環境復元を行った研究は限られている。そこで本研究では西太平洋熱帯域のフィリピンで採取されたサンゴ骨格試料について、約2ヶ月の時間分解能でSr/Ca比と、酸素・炭素同位体比($\delta^{13}C$)の分析を行い、過去約220年間の古環境復元を行った。

海水温のみの指標とされているSr/Ca比の測定の結果、複数の寒冷化イベントが認められ、寒冷化の年代から大規模な火山活動との関係が示唆された。同様に、$\delta^{18}O$の結果からも特に19世紀前半に$\delta^{18}O$の急激な上昇が認められ、これは複数の西太平洋の長尺サンゴ記録においても確認されることから、小氷期末にあたるこの時期において西太平洋熱帯域が寒冷・乾燥であった可能性がある。一方、1950年以降においては温暖・湿潤な環境へのシフトが見られた。また$\delta^{13}C$の結果からは20世紀後半に急激な減少傾向が見られ、$\delta^{13}C$値の低い化石燃料放出の影響により大気や海洋表層の$\delta^{13}C$が軽くなるスース効果を反映していると考えられた。時系列解析の結果からは、本研究地域の海水温や$\delta^{18}O$の変動は、ENSOに関連した3~7年程度の変動周期が検出され、本海域はアジアモンスーンなど複数の気候要素が影響しているものの、ENSOの影響が支配的である可能性が示された。

キーワード：西太平洋、サンゴ骨格、古気候
Keywords: the western Pacific, coral skeleton, paleoclimate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean deoxygenation from the Last Glacial Maximum to the future global warming: inshight from model simulations

*山本 彬友[1]、阿部 彩子[2,1]、大垣内 るみ[1]、伊藤 彰記[1]、重光 雅仁[1]、山中 康裕[3]、岡 顕[2]
*Akitomo Yamamoto[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1], Rumi Ohgaito[1], Akinori Ito[1], Masahito Shigemitsu[1], Yasuhiro Yamanaka[3], Akira Oka[2]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 北海道大学大学院地球環境科学研究院統合環境科学部門
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and TechnologyAtmosphere and Ocean Research Institute, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

Global warming is expected to decrease ocean oxygen concentration by less solubility of surface ocean, reduced ventilation and enhanced stratification. The associated expansion of the oxygen minimum zone would have adverse impact on marine organisms and ocean biogeochemical cycles. Earth system models show a consistent deoxygenation trend over the twenty-first century; however, longer-term changes in ocean oxygen are still unclear due to the uncertain response of deep ocean circulation.

During the Last glacial maximum, recent proxy data show that, despite greater oxygen solubility due to sea surface cooling, the oxygen concentrations throughout the deep ocean were generally lower. These records provide the response of oxygen content to climate forcing that are comparable in magnitude to the expected future changes. Therefore, the understanding of glacial deoxygenation will help us to better understand and predict future oxygen changes. In addition, glacial deep-water deoxygenation is crucial to understand glacial-interglacial CO_2 change, since glacial deoxygenation reflects increased accumulation of respired carbon in the glacial deep ocean. However, the mechanisms of deep-water deoxygenation and contribution form the biological pump to glacial CO_2 drawdown are poorly understood due to the difficulties in reproducing glacial deoxygenation.

In this study, we report the importance of glaciogenic dust for the glacial deep-water deoxygenation from our numerical simulation which successfully reproduces the magnitude and large-scale pattern of the observed oxygen changes from the present to Last Glacial Maximum. Sensitivity experiments reveal that physical changes (e.g., more sluggish ocean circulation) contribute to only half of all glacial deep deoxygenation, whereas the other half is driven by enhanced efficiency of the biological pump. We found that iron input from the glaciogenic dust with higher iron solubility is the most significant factor for enhancement of the biological pump and global deep-water deoxygenation. The model-proxy agreement of oxygen change supports the simulated contribution of the enhanced biological pump to the decrease of more than 30 ppm of glacial CO_2.

On the other hand, our model underestimates deoxygenation in the deep Southern Ocean due to enhanced ventilation in the Southern Ocean. Our results suggest that the stratified Southern Ocean is required for reproducing glacial deoxygenation in the Southern Ocean. However, present climate models cannot reproduce the stratified Southern Ocean. A possible reason is that climate models are too coarse to capture the process of dense water formation on the Antarctic shelf and tend to underestimate the strength of stratified Southern Ocean. Similar to glacial oxygen changes, our global warming simulation show that changes in ocean circulation in the Southern Ocean are crucial for long-term projecting future oxygen changes associated with global warming. Therefore, the understanding of glacial oxygen changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

will help us to better understand and predict future oxygen changes.

キーワード：溶存酸素、氷期一間氷期サイクル、地球温暖化、海洋炭素循環、海洋生物地球化学モデル
Keywords: Dissolved oxygen, Glacial-interglacial cycle, Global warming, Ocean carbon cycle, Ocean biogeochemical model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

コンビーナ:岡崎 裕典(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、岡 顕(東京大学大気海洋研究所)、加 三千宣(愛媛大学沿岸環境科学研究センター)、長谷川 精(高知大学理工学部)、座長:岡 顕

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

15:30 ~ 15:52

[MIS19-12] 湖底堆積物の花粉化石から高精度^{14}C年代を抽出する

★招待講演

*大森 貴之[1]、山田 圭太郎[2]、北場 育子[2]、中川 毅[2] (1.東京大学総合研究博物館、2.立命館大学古気候学研究センター)

15:52 ~ 16:07

[MIS19-13] 水月湖に保存された花粉化石の酸素安定同位体比変動

*山田 圭太郎[1]、大森 貴之[2]、北場 育子[1]、中川 毅[1] (1.立命館大学総合科学技術研究機構、2.東京大学総合研究博物館)

16:07 ~ 16:22

[MIS19-14] 珪藻化石記録に基づく最終氷期における琵琶湖湖水位変動の復元

*鈴木 勇志[1]、井内 美郎[2]、大塚 佳祐[1]、川上 薫[3] (1.早稲田大学大学院人間科学研究科、2.早稲田大学人間科学学術院、3.北海道大学大学院環境科学院)

16:22 ~ 16:45

[MIS19-15] 沿岸域におけるマイクロプラスチックの堆積フラックス

★招待講演

*日向 博文[1]、加 三千宣[1]、桝本 一成[1]、川又 勇人[1] (1.愛媛大学)

16:45 ~ 17:00

[MIS19-16] 別府湾堆積物: 人新世-完新世境界の補助ストラトタイプ候補としてのポテンシャル

*加 三千宣[1]、鈴木 克明[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.早稲田大学教育・総合科学学術院地球化学専修)

湖底堆積物の花粉化石から高精度^{14}C年代を抽出する
Extraction of high-quality ^{14}C data from terrestrial sediments containing pollen fossils

*大森 貴之[1]、山田 圭太郎[2]、北場 育子[2]、中川 毅[2]
*Takayuki Omori[1], Keitaro Yamada[2], Ikuko Kitaba[2], Takeshi Nakagawa[2]

1. 東京大学総合研究博物館、2. 立命館大学古気候学研究センター
1. The University Museum, The University of Tokyo, 2. Research Centre for Palaeoclimatology, Ritsumeikan University

堆積物に含まれる花粉化石の高精度放射性炭素（^{14}C）年代測定の実現は，古気候復元の時間解像度を飛躍的に向上させ，古気候学における研究戦略さえも大きく変革させるポテンシャルを秘めている。様々な堆積物で認められる花粉化石を短時間でかつ効率的に回収できれば，堆積物コアの任意の深度で時間情報の抽出が可能となり，年代モデルの高精度化やイベント年代の決定が自由自在となる。花粉化石を用いた^{14}C年代測定の応用研究はこれまでも報告されてきたが，花粉回収法や試料調製法の煩雑さ，試料の高純度化や処理工程の効率化における困難さから，花粉化石が主要な分析対象として認識されるには至っていない。我々は，医学や生物学において特定細胞の選別に利用されるセルソーターを用い，^{14}C年代測定に必要十分な花粉化石を迅速かつ簡便に濃縮し，高精度分析を可能とする手法までを確立した。

セルソーターは，選別対象粒子にレーザーを照査し，得られた蛍光特性や形状をもとに，粒子の選別を可能とする。一般に細胞の選別を行うセルソーターに対し，土壌から抽出した有機質分画を投入すると動作不良を引き起こすが，装置の機能改良および試料調製法の最適化から花粉化石濃縮への実用化を果たし，約半日で純度99%以上の花粉化石を100万粒の濃縮することに成功した。

濃縮花粉化石の^{14}C年代測定は，福井県に所在する水月湖にて掘削され，これまでに800点を超える^{14}Cデータが報告される年縞堆積物コアを用い，分析手法の信頼性を検証した。炭素量で約50-100μgに相当する花粉化石を，およそ20-30gの堆積物コアから濃縮し，^{14}C微量測定のための試料調製を行った後，東京大学総合研究博物館のコンパクトAMSシステム(NEC 0.5 MV 1.5SDH-1)にて分析を行った。花粉化石から得られた^{14}C年代は，先行研究で報告された大型植物化石の^{14}Cデータを完全に復元し，本分析手法が堆積物コアの実用的手段であることが示された。また，花粉化石による^{14}C年代測定の応用は，年代モデルの高精度化に留まらず，大型植物化石や鍾乳石の^{14}Cデータで示される気候変動シグナルを新たな視点で評価する手段を提供する。

キーワード：放射性炭素年代、花粉化石、セルソーター、水月湖
Keywords: Radiocarbon dating, Pollen fossil, Cell sorter, Suigetsu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水月湖に保存された花粉化石の酸素安定同位体比変動
Oxygen isotope fluctuations of pollen fossils from Lake Suigetsu, Japan

*山田 圭太郎[1]、大森 貴之[2]、北場 育子[1]、中川 毅[1]
*Keitaro Yamada[1], Takayuki Omori[2], Ikuko Kitaba[1], Takeshi Nakagawa[1]

1. 立命館大学総合科学技術研究機構、2. 東京大学総合研究博物館
1. Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University, 2. The University museum, The University of Tokyo

大気・海洋・陸域・極域の相互作用は、気候変動メカニズムを考えるうえで重要な要素である（Lowe et al., 2008）。花粉分析は、陸域の古気候情報を復元する手法の一つとして古くから使われてきた。しかしながら、気候変動に対する植生応答は非線形的である。これによって生じる植生の応答ラグは、花粉組成に基づく古気候記録とそれ以外の古気候記録の前後関係の検証を困難にしていた。このような背景の中、花粉化石の安定同位体比は、他の古気候記録とも高精度対比が可能な古気候指標として有力視されてきた（Loader and Hemming, 2004）。しかし、堆積物から花粉化石を単離することは容易ではなく、古気候学研究への応用は実現していなかった。本研究では、“セルソーター”を用いて花粉化石を濃縮し、その安定同位体比を測定することで、年代モデルが確立している福井県水月湖における1-2万年前の古気候変動の復元を試みた。

水月湖は3 km四方の湖で、最大水深は34 mに達する。水月湖では“年縞”と呼ばれる、一年ごとに縞を形成する堆積物が過去7万年間に渡って堆積している。これまで水月湖では、複数の掘削が行われてきた。特に水月湖の中央付近で掘削された、SG93とSG06と呼ばれる二つのコアは、800点を超える放射性炭素年代測定、精密な縞の計数、歴史記録やテフラの対比などに基づき、極めて精密な年代が決定されている（e.g. Staff et al., 2011; Bronk Ramsey et al., 2012; Marshall et al., 2012; Schlolaut et al., 2012）。本研究では、年代や花粉の含有率が既知なSG06コアから花粉化石を抽出した。

花粉の抽出を行ったセルソーターは、導入した粒子のフォトルミネッセンスに基づき、一粒子毎に分別することができる。花粉化石を主として構成するスポロポレニンは、可視光に対して自家蛍光する。そのため、花粉化石は蛍光色素を使わずにセルソーターで分取することが可能で（Tennant et al., 2013）、年代測定や安定同位体比測定用の試料として供することができる。そこで、堆積物試料に対して化学的・物理的な前処理を行ったのち、セルソーターに導入し、1サンプルあたり約50万粒の花粉化石を抽出した。抽出した花粉化石を乾燥及び定量分取したのち、Thermo Scientific社製の熱分解型元素分析計を用いて、酸素の安定同位体比の測定を行った。

得られた花粉化石の酸素安定同位体比は、1-2万年前にかけて大きな増減を示した。変動はNGRIPやHulu Caveの酸素安定同位体比と大局的には同様の変動傾向を示しており、気候変動のシグナルを保存している可能性を示唆している。安定同位体比を用いることで、花粉化石からも各地域間における気候変動の前後関係について、より定量的に見積もれる可能性がある。また、花粉組成に基づく植生復元と組み合わせることで、気候変動とそれに伴う植生の応答ラグを定量化できる可能性がある。今後、花粉化石の安定同位体比を分析することで、新たな陸域の古気候情報を得られる可能性がある。

キーワード：古気候、安定同位体、花粉、セルソーター、水月湖
Keywords: Palaeoclimate, Stable isotope, Pollen, Cell sorter, Suigetsu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

珪藻化石記録に基づく最終氷期における琵琶湖湖水位変動の復元
Reconstruction of lake-level changes during the last glaciation based on fossil diatom record in Lake Biwa

*鈴木 勇志[1]、井内 美郎[2]、大塚 佳祐[1]、川上 薫[3]
*Takashi Suzuki[1], Yoshio Inouchi[2], Keisuke Otsuka[1], Kaoru Kawakami[3]

1. 早稲田大学大学院人間科学研究科、2. 早稲田大学人間科学学術院、3. 北海道大学大学院環境科学院
1. Graduate School of Human Science, Waseda University, 2. Faculty of Human Sciences, Waseda University, 3. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

琵琶湖愛知川河口から北東約5 km沖の水深23.45 mの湖底から採取されたボーリングコア試料と愛知川河口沖の水深5～30 mの湖底から水深5 m毎に採取された湖底表層試料を用いて，珪藻，含砂率，C/N比について分析をおこない，湖底表層試料の分析結果に基づき，珪藻群集中の浮遊性珪藻の相対頻度（%）から水深（m）を導く変換式を作成した．その変換式を，ボーリングコア試料中の珪藻化石群集に適用して，琵琶湖の最終氷期（約1～5万年前）における湖水位変動の復元を試みた．

変換式に基づいて復元した琵琶湖の最終氷期における湖水位の変動と，中国のSanbao & Hulu cave の石筍の酸素同位体比とグリーンランドのNGRIPの酸素同位体比とを対比した結果，琵琶湖における相対的な高湖水位期とハインリッヒ・イベントをはじめとした急激な寒冷期との間には対応関係がみられた．この結果から，最終氷期における琵琶湖の湖水位の変動が，琵琶湖集水域における冬季降雪量の増減を伴う東アジア冬季モンスーンの消長を反映したものであることが示唆される．

キーワード：琵琶湖、浮遊性珪藻、変換式、湖水位変動、東アジア冬季モンスーン
Keywords: Lake Biwa, Planktonic diatom, Transfer Function, Lake-level change, East Asian winter monsoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸域におけるマイクロプラスチックの堆積フラックス
An estimation of microplatcis sedimentation flux in a coastal sea

*日向 博文[1]、加 三千宣[1]、桝本 一成[1]、川又 勇人[1]
*Hirofumi Hinata[1], Michinobu Kuwae[1], Issei Masumoto[1], Hayato Kawamata[1]

1. 愛媛大学
1. Ehime University

1. はじめに

年間480 –1270万トンのプラスチックが海洋へ流出していると見積もられている[1)]．海洋に流出したプラスチックは酸素や紫外線によって性状が劣化し微細化する．微細化したプラスチックのうちサイズが0.3–5mmのものをマイクロプラスチック（以下，MP）と呼ぶ．一般に，プラスチックは漂流中に海水中の残留性有機化合物（POPs）を吸着するため，MPの誤飲誤食等による生態系への悪影響が懸念されている[2)]．海洋生態系への影響を明らかにするためには海洋環境中におけるMPの動態を明らかにすることが必要不可欠である．最近，海底がMPのシンクになっている可能性が示唆されており[3)]，実際に海底から高い数密度でMPが抽出されている[4), 5)]．ただし，沈降フラックスや沈降過程の詳細はほとんど明らかになっていない．これまで，コアサンプリングに基づく底質中での数密度の深度分布を求めた研究例[5)]はあるが，堆積層の年代測定は行われておらず，MPの堆積フラックスは見積もられていない．そこで，我々は，海底堆積層が乱されていない別府湾湾奥部で底質コアを採取し，MPを抽出すると供に，堆積層の年代測定を行い，別府湾におけるMPの堆積フラックスを見積もった．

2. 調査概要

本研究では，海底堆積層が乱されておらず，コアサンプリングによる年代測定の実績[6)] がある別府湾湾奥を調査海域に選定した．別府湾は，湾奥部ですり鉢状の海底地形を有し，最深部は水深70m程度であるのに対し，湾口部は水深45mと比較的浅くなっている．この地形的特徴により，成層期には湾奥部に貧酸素水塊が安定的に形成される．今回の調査（2017/10/12）では別府湾最深部の水深70m地点で調査を行ない，グラビティーコアラー（内径11cm，長さ50cm）を用いて5本のコア資料を採取した．

年代測定サンプル（1本）の堆積層の年代を決定するために^{210}Pb法を用いた．年代測定サンプル以外の4本のサンプルの年代は，各コアサンプルで共通して見られるタービダイト層の年代を用いて決定した．帯磁率（泥を主体とする堆積物で，砂粒子が多く含まれる層で数値は大きい）をもとに各コアサンプルのタービダイト層の同時間面対比を行った[6)]．

３．結果と考察

今回採取した40cmの堆積物は，1998年以降のものであることが明らかになった．4本のMP数密度測定用サンプルからMPを抽出した結果，トータルで142 個のMPが検出された．抽出した個数と各底質コアサンプルの年代測定より，2017-1998年間のMP数密度の推移を5年間隔で計算した．その結果，各期間での数密度には有意な差が認められず，20年間の平均堆積フラックスを計算したところ年間223 (個/m^2)となった．日本のプラスチック生産量は1990年頃からほぼ横ばいであるため，1998年以降の堆積フラックスも時間的に大きく変化していないと推察される．

別府湾堆積域の面積（410 km^2）[7)]に，今回の調査で見積もった年間の堆積速度223 (個/m^2・年)を掛けると，年間約900億個のMPが別府湾海底に堆積していることになる．これは全海洋の表層に漂流しているとされるプラスチック量（>5.25兆個）[8)]の1~2%程度に相当する．沿岸域がほとんど含まれていないためこの見積もりは過小評価である可能性は高いが，一方で我々の調査では，堆積フラックスの精度に影響するMP数密度の標準誤差が大きいため，今後，追加調査を行いデータの精度を向上させていく必要がある．将来的には，堆積フラックスの経年変化を明らかにすることで，プラスチック生産量と海底への堆積フラックスとの関係を明らかにしていきたい．そのためには，（1940年代まで遡れるような）より長いコアを用いた底質のサンプリングが必要となる．我々は，2018年の夏季に同じ別府湾で120cmの長さのコアを用いて底質を採取した．可能であれば公演時にはこれらの成果についても報告したいと考えている．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1) Jambeck et al., *Science*, 2015.
2) Andrady, *Marine pollution bulletin*, 2011.
3) Cózar et al., *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014.
4) Sagawa et al., *Marine pollution bulletin*, 2018.
5) Matsuguma et al., *Archives of environmental contamination and toxicology*, 2017.
6) Kuwae et al., *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013.
7) 柳哲雄, 瀬戸内海の海底環境, 恒星社厚生閣, 2008.
8) Eriksen et al., PloS ONE, 2014.

キーワード：マイクロプラスチック、堆積フラックス
Keywords: microplastics, sedimentation flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

別府湾堆積物: 人新世-完新世境界の補助ストラトタイプ候補としてのポテンシャル

Beppu Bay sediments: Potential palaeoenvironmental archives for a candidate auxiliary stratotype for Anthropocene-Holocene boundary

*加 三千宣[1]、鈴木 克明[2]
*Michinobu Kuwae[1], Yoshiaki Suzuki[2]

1. 愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2. 早稲田大学教育・総合科学学術院地球化学専修
1. Center for Marine Environmental Studies, Ehime Univ., 2. Department of Eearth Scieces, Fuculty of Education and Integrated Arts and Sciences, Waseda Univ.

近年著しく増加してきた人間活動による地球システムの撹乱，生態系改変は全球におよび，新しい地質時代「Anthropocene」を提唱するに値するほど大きな地球史イベントであるとして注目されている．Anthropoceneの始まりを示す地質境界の模式地（Global Boundary Stratotype Section and Point: GSSP）について，国際層序委員会（ICS）の下部組織（第四紀層序小委員会）のAnthropocene Working Group (AWG)を中心に現在検討されている．その模式地については，氷床コアやサンゴ骨格，年輪に記録される1950年代に始まる核実験による^{14}C濃度や^{239}Pu濃度の急激な増加が有力な候補としてあがっているが，核実験による放射能汚染が必ずしも地球システムや生物相を大きく変えるほどの影響ではなかったことや，地球温暖化で氷の記録媒体そのものが消失したり，10万年，100万年もの間に半減期の短い^{14}Cのシグナルも消失すると考えられるため，地質学的時間スケールでも安定して存在する記録媒体と補助指標を持つ補助模式地（Auxiliary stratotype）がGSSP設定に不可欠である．地質境界はしばしば海底堆積物の生物群集や大気・海洋環境の劇的な変化で与えられてきたが，その記録媒体の選定対象として貧酸素な海底堆積物記録が注目されている．また，補助指標はPOPsや海洋マイクロプラスチック，化石燃料燃焼起源の球状微粒炭，海洋生態系シフトの指標となる微化石群集，絶滅種など，地球規模でその変化が対比できるものが含まれる(Lewis and Maslin, 2015; Waters et al., 2018)．貧酸素海底堆積物の補助模式地候補として，幾つかの海域の堆積物が検討されているが，日本の貧酸素下海底堆積物の存在は知られておらず，候補にも上がっていない．本研究では，日本の沿岸海洋で唯一貧酸素環境下で年縞に相当する葉理構造が発達する別府湾堆積物に着目し，これまでの層序学的知見とその優位性を述べ，補助模式地候補としてAnthropoceneマーカーのデータセットの構築の必要性について述べる．

キーワード：人新世、別府湾海底堆積物、補助模式地
Keywords: Anthropocene, Beppu Bay sediments, auxiliary stratotype

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月29日(水) 15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[M-IS22] 地震・火山等の地殻活動に伴う地圏・大気圏・電離圏電磁現象

コンビーナ:児玉 哲哉(宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)、長尾 年恭(東海大学海洋研究所)、座長:児玉 哲哉、長尾 年恭

地震および火山噴火に先行した電磁現象の報告は古くから存在し、特に電離層に関する異常については、統計的有意性を示す論文が多数出版されてい る。しかしながら先行現象を説明するメカニズムは依然として仮説の段階である。本セッションでは震源域や火山からの電磁放射や地震・火山噴火前の大気圏・電離圏異常などの電磁現象を総合的に論じる。また近年，地震活動を臨界現象として扱い、地震活動度変化等に長距離相関という概念が持ち込まれるようになった。このようなアプローチも歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[MIS22-01] **高温火成岩の圧力誘起電荷計測: 地震前電離層擾乱への影響**

*山中 千博[1]、前薗 大聖[1] (1.大阪大学大学院　理学研究科)

15:45 ~ 16:00

[MIS22-02] 1983〜2018年の柿岡観測点におけるULF磁場の異常変動と地震との相関に関する統計解析と地震前兆性の評価

*服部 克巳[1]、高橋 恵[2]、韓 鵬[3] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.千葉大学理学部、3.中国南方科技大学)

16:00 ~ 16:15

[MIS22-03] 2011東北沖地震発生薬10分後のパルス津波・電磁気現象について

*榎本 祐嗣[1]、山辺 典昭[1]、杉浦 繁貴[2]、近藤 斎[2] (1.信州大学　上田キャンパス　Fii、2.コンポン研究所)

16:15 ~ 16:30

[MIS22-04] なまずの会による地下水異常と地震との関係についての再調査

*織原 義明[1]、鴨川 仁[2]、長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所、2.東京学芸大学物理学科)

16:30 ~ 16:45

[MIS22-05] S-Booster2018参加報告

*児玉 哲哉[1] (1.宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット)

16:45 ~ 17:00

[MIS22-06] IUGGインターナショナルワーキング・グループ, EMSEVの目指すもの

*長尾 年恭[1] (1.東海大学海洋研究所)

高温火成岩の圧力誘起電荷計測: 地震前電離層擾乱への影響

Stress-induced charges in gabbro at high temperature

*山中 千博[1]、前薗 大聖[1]
*Chihiro Yamanaka[1], Daiki Maezono[1]

1. 大阪大学大学院　理学研究科
1. Graduate School of Science, Osaka University

2011年に日置によって報告された巨大地震直前の30-40分前における電離層総電子密度（TEC）異常現象（Heki’s TEC anomalies）は、巨大地震との相関が高く、強い関心をもたれている。TECは日常的に変動していることが知られているが、この現象は地震震源上空に固定された空間で見られることから、全地球的な磁気嵐や局所的な移動性電離層擾乱（TID）とは区別が可能である。また1994年以来の18回の地震で観測されており、地震の規模が大きいほど観測の確率が高く、Mw8.5を越えた5回の地震ではその全てでこの現象が見られている。さらにTEC異常の大きさ（地震直前のTEC増大量）と現象の先行時間において、地震のM依存性が見られる事も興味深い。観測的には、電離層のトモグラフィー観測や磁気共役点での同時観測データーなどが報告され、電離層下部における電子密度上昇現象であること、その領域の大きさ、地磁気に沿った電磁気的な現象であることなどが判明している。

我々は地殻の応力誘起の結果、地表面に薄く広く分布した電荷が電離層下部に影響を与える可能性を考え、室内実験による岩石の応力誘起分極を実測するとともに、関与する電磁場シミュレーションを行ってきた。今回、圧電効果を持たない斑レイ岩を用い、含水率をゼロとした上で、試料を震源地殻の温度となる350℃付近まで加温し、冷却中における誘起分極を測定した。本実験では、試料岩石（10×10×3 cm^3）の両端にタンタル電極を固定し、その間に流れるピコアンペア相当の電流をエレクトロメーターで測定した。

まず予備加圧として、一軸圧縮試験機を用いて、試料左端付近の位置の上下面から0.56 MPa を印加して、エレクトロメーターの応答が安定したのちに、荷重速度0.24 MPa/secで10 MPaまで加圧し、そこで200秒静止した。次いで同じ荷重速度で減圧し、0.56 MPaで100秒静止後、再荷重を繰り返し室温まで冷却した。

結果は、加圧時、減圧時ではそれぞれ等しい大きさの反対電流が流れること、また室温から470Kまでは、電流が増大（～250 pA）するが、それ以上の温度では、電流は減少し、550Kでは室温と同程度の電流（～50 pA）となった。このときの電荷の拡散に必要な活性化エネルギーとして0.27-028 eV　が得られた。高温における電流量の抑制は、電気伝導度ではなく、電荷発生の抑制であると考えられる。講演では実験結果と計算機シミュレーションを用いてHeki’s TEC anomalyのメカニズムを議論する。

[1] K. Heki, (2011), *Geophys. Res. Lett. 38*, L17312.
[2] L. He and K. Heki（2017), J. Geophys. Res. Space Phys., 122, 8659-8678.
[3] K. Heki and Y. Enomoto（2015) , J. Geophys. Res. Space Phys., 120, 7006-7020.
[4] L. He and K. Heki（2017), J. Geophys. Res. Space Phys., 123, 4015-4025.

キーワード：電離層擾乱、日置テック異常現象、応力誘起電荷
Keywords: Ionosphere disturbance, Heki’s TEC anomaly, stress induced charges

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1983～2018年の柿岡観測点におけるULF磁場の異常変動と地震との相関に関する統計解析と地震前兆性の評価
Evaluation of ULF seismo-magnetic precursor phenomena at Kakioka, Japan over 1983 –2018 by using SEA and Molchan’s error diagram

*服部 克巳[1]、高橋 恵[2]、韓 鵬[3]
*Katsumi Hattori[1], Kei Takahashi[2], Peng Han[3]

1. 千葉大学大学院理学研究院、2. 千葉大学理学部、3. 中国南方科技大学
1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University, 3. Southern University of Science and Technology, China

To clarify and verify the ultralow frequency (ULF) seismo-magnetic phenomena, we have performed statistical studies on the geomagnetic data observed at the Kakioka (KAK) station, Japan, during 1983-2017. We investigated the energy of ULF geomagnetic signals of the frequency around 0.01 Hz using wavelet transform analysis. To minimize the influences of artificial noises and global magnetic perturbations, we used only the geomagnetic data observed at midnight time (LT 2:30 A.M. to 4:00 A.M.).We define the geomagnetic anomalies when the Z components of geomagnetic data exceeds median + 1.5 IQR, where IQR is the interquartile range. Considering that ionospheric disturbances may also lead to enhancements in the Z component, we exclude the anomaly when the energy of H component exceeds median + 3.0 IQR. Statistical analysis of superposed epoch analysis have indicated that ULF magnetic anomalies are more likely to appear before sizable isolated earthquake events (Es>−−−−−−−−−− and no earthquake events during ±45 days) rather than after them, especially 6-10 days before the events. Finally, we have evaluated the precursory information of ULF geomagnetic signals for local sizable earthquakes using Molchan’s error diagram. The results show that the ULF seismo-magnetic phenomena at Kakioka clearly contain precursory information and have a possibility of improving forecasting of large earthquakes. The details will be given in the presentation.

キーワード：地震前兆現象、統計的有意性、Molchan's Error Diagram Analysis
Keywords: Earthquake Precursor Phenomena, Statistical Significance, Molchan's Error Diagram Analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011東北沖地震発生薬10分後のパルス津波・電磁気現象について
On the tsunami and electromagnetic pulses appeared abound 10min. after the 2011 Tohoku earthquake

*榎本 祐嗣[1]、山辺 典昭[1]、杉浦 繁貴[2]、近藤 斎[2]
*Yuji Enomoto[1], Tsuneaki Yamabe[1], Shigeki Sugiura[2], Hitoshi Kondo[2]

1. 信州大学　上田キャンパス　Fii、2. コンポン研究所
1. Shinshu Univeristy, Ueda Campus Fii, 2. Genesis Reserach Institute, Inc.

2011年東北沖地震発生から約7-10分経って津波の発生とそれに伴って地磁気（偏角と水平成分）や電離層電子数に正のピーク変動（Heki, GRL, 2011;Utada et al. EPS　Lett., 2011;Tsunagawa et al. EPS Lett., 2011）が現れた。電離層への擾乱は津波による大気重力波が影響したと考えられている。しかしこのモデルで、江刺で観測された地磁気の変動は説明できていない。そこで地磁気変動の説明のために筆者らは津波パルスの発生に伴って正帯電のミストが大気重力波とともに大気電場に沿って上昇したとのモデルを提示する。

キーワード：地震電磁気、津波、地磁気変動
Keywords: Seismo-electromagneic phenomena, Tsunami, Geomagnetic change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なまずの会による地下水異常と地震との関係についての再調査
Reinvestigation of correlation between groundwater anomalies and earthquakes carried out by an amateur network in Japan

*織原 義明[1]、鴨川 仁[2]、長尾 年恭[1]
*Yoshiaki Orihara[1], Masashi Kamogawa[2], Toshiyasu Nagao[1]

1. 東海大学海洋研究所、2. 東京学芸大学物理学科
1. Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University, 2. Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ.

地震予知を目指した一般民間人による地下水観測のグループ「なまずの会」は1976年に始まった。神奈川県・東京都・静岡県の住民を中心に、のべ200以上の個人や団体が参加して主に浅井戸の水位観測が行われた。観測者は定期的に観測結果をハガキで事務局へ報告し、集計されたデータは神奈川県温泉地学研究所報告（観測だより）で公表された。この「観測だより」にある地下水観測データは、観測者ごとに日毎に異常あり・なしの形で示されている。「観測だより」にあるデータは1977年2月から1987年12月までの10年10ヶ月分である。期間中に地震先行異常を捉えたとする地震としては、1978年の伊豆大島近海地震（M7.0）、同年の宮城県沖地震（M7.4）などである。これらの地下水異常と地震との関係については、Oki and Hiraga (1988) で紹介されている。しかし、地震前に着目した分析が中心であり、異常あり・なしと、地震あり・なしとの4つの組み合わせすべてを比較した検証とはなっていない。そこで、本研究では「観測だより」に示されたデータを用いて統計的な検証を行うこととした。本発表ではその結果を報告する。

謝辞：本研究は東京大学地震研究所共同利用の援助をうけました。

キーワード：なまずの会、地震予知、地下水、統計的検証
Keywords: the catfish club, earthquake prediction, groundwater, statistical evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-Booster2018参加報告
Participation Report of S-Booster 2018

*児玉 哲哉[1]
*Tetsuya Kodama[1]

1. 宇宙航空研究開発機構研究開発部門第一研究ユニット
1. Research Unit I, Research and Development Directorate, Japan Space Exploration Agency

内閣府主催のS-Booster2018（宇宙ビジネスアイデアコンテスト）に応募した「静止測位衛星による津波早期警戒サービス」と「超小型衛星群とグローバル地上局ネットワークによる地震発生予測」はいずれも最終選考に残った。経緯と結果について報告する。

キーワード：S-Booster、津波、地震予測、みちびき3号、超小型衛星
Keywords: S-Booster, tsunami, earthquake prediction, QZS-3, microsatellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IUGGインターナショナルワーキング・グループ, EMSEVの目指すもの
The future direction of EMSEV, IUGG International Working Group

*長尾 年恭[1]
*Toshiyasu Nagao[1]

1. 東海大学海洋研究所
1. Institute of Oceanic Research and development, Tokai University

EMSEV（Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes）は国際測地学・地球物理学連合(IUGG)傘下の３協会（IAGA:国際地球電磁気・超高層物理学協会、IASPEI:国際地震学・地球内部物理学会および`IAVCEI:国際火山学および`地球内部科学協会）を母体として2001年に発足した。それまで地震予知研究において、電磁気学的な先行現象の報告が多数なされていたが、決して地震学コミュニティーに認められるような状況ではなかった。

そのため、国際的に研究をプロモートする必要があると草の根的な動きが広がってきた。そこでIUGGの中に電磁気学的な現象を中心として、地震予知ならびに火山噴火予知を研究する団体の設立を働きかけ、２００１年に正式に発足の運びとなった。その後、2003年のIUGG札幌大会で正式な第１回会合を持った。

そしてEMSEVの初代議長を東京大学名誉教授の上田誠也氏が務める事となり、その後、2007年からはフランス国立科学研究センターのJacques Zlotnicki博士が議長を務めた。

2018年にイタリア、ポテンザでEMSEVの２年に一度の総会が開催され、2019年からは長尾年恭が議長を務める事が提案され、その後メーリングリストを通じての議論で承認の運びとなった。
今後のEMSEVでは、近年活発な議論が行われ、データの蓄積も進んでいる電離圏の異常と地震との間の統計的な相関関係をまず示し、その後、なぜ電離圏にまで地震の先行現象が発現するのかといった地圏ー大気圏ー電離圏カップリング仮説を証明していくという事になろう。特に衛星からの観測では2004年にフランスがDEMETER衛星を打ち上げ、地震直前のVLF帯の異常の統計的有意性を示し、それに触発された中国が2018年にCSES（Chinese Seismo-Electromagnetic Satellite）衛星を打ち上げるなど新しい段階に入っている。また次回EMSEVの総会は2020年秋に台湾で開催される事も決定している。

キーワード：IUGG、EMSEV、地震予知
Keywords: IUGG, EMSEV, Earthquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

2019年5月29日(水) 9:00 ~ 10:30 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:本多 嘉明

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。
この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TF）」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。
ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

9:00 ~ 9:05

Introduction

9:05 ~ 9:20

[MSD44-01] 気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム

*三好 建正[1]、小槻 峻司[1]、寺崎 康児[1]、大塚 成徳[1]、本田 匠[1]、岡崎 淳史[1]、高玉 孝平[1] (1.理化学研究所)

9:20 ~ 9:35

[MSD44-02] 次世代降水観測レーダの技術実証ミッション

*牛尾 知雄[1]、井口 俊夫[2]、中村 健治[4]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、上土井 大介[3] (1.首都大学東京（東京都立大学）、2.情報通信研究機構、3.宇宙航空研究開発機構、4.獨協大学)

9:35 ~ 9:50

[MSD44-03] 災害およびモニタリングへの公共インフラとしてのベースマップ作成ミッション

*石塚 直樹[1] (1.日本リモートセンシング学会)

9:50 ~ 10:05

[MSD44-04] 多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視，同化予測および再解析プロダクトの作成

*弓本 桂也[1,2]、眞木 貴史[2]、田中 泰宙[2]、関山 剛[2]、竹村 俊彦[1] (1.九州大学、2.気象研究所)

10:05 ~ 10:20

[MSD44-05] 衛星搭載多波長偏光高スペクトル分解ライダーによる全球エアロゾル・雲観測

*西澤 智明[1]、岡本 創[2]、石井 昌憲[3]、神 慶孝[1] (1.国立環境研究所、2.九州大学、3.情報通信研究機構)

10:20 ~ 10:30

Discussion

気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム

Experimental platform for design and advance evaluation of frequent satellite observations to innovate weather, ocean and land surface predictions

*三好 建正[1]、小槻 峻司[1]、寺崎 康児[1]、大塚 成徳[1]、本田 匠[1]、岡崎 淳史[1]、高玉 孝平[1]
*Takemasa Miyoshi[1], Shunji Kotsuki[1], Koji Terasaki[1], Shigenori Otsuka[1], Takumi Honda[1], Atsushi Okazaki[1], Kohei Takatama[1]

1. 理化学研究所
1. RIKEN

天気予報、水文災害予測や水産資源の維持管理等の実応用のために、衛星によってどのような物理量をどの程度の頻度で観測することが有効か、データ同化技術により衛星計画の事前評価を行う仮想実験プラットフォームを開発する。発表者らは、主に気象学に関する数値計算シミュレーションと観測データを最適に繋ぐデータ同化研究で、スーパーコンピュータ「京」や衛星ひまわり8号などの最先端技術を駆使して世界をリードしてきた。これにより、ひまわり8号の10分毎の高頻度観測により台風や集中豪雨の大幅予測改善が得られ、30分毎では不十分であることが分かった。高頻度観測は、海洋や陸面の予測にも有効だと期待できる。そこで本ミッションは、気象・海洋・陸面予測革新のため，準天頂軌道衛星や多数の小型低高度軌道衛星など日本域を高頻度に観測する衛星観測網の可能性を探るため、先端的データ同化技術を駆使した衛星計画事前評価のための仮想実験プラットフォームを開発する。これにより、費用対効果の高い衛星ミッションの実現に貢献する。

キーワード：衛星観測計画、仮想数値実験、データ同化
Keywords: satellite mission planning, numerical simulation experiment, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

次世代降水観測レーダの技術実証ミッション
Technology demonstration mission for next generation precipitation observation radars

*牛尾 知雄[1]、井口 俊夫[2]、中村 健治[4]、古川 欣司[3]、沖 理子[3]、上土井 大介[3]
*Tomoo Ushio[1], Toshio Iguchi[2], Kenji Nakamura[4], Kinji Furukawa[3], Riko Oki[3], Daisuke Jodoi[3]

1. 首都大学東京（東京都立大学）、2. 情報通信研究機構、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 獨協大学
1. Tokyo Metropolitan University, 2. NICT, 3. JAXA, 4. Dokkyo University

We have studied doppler velocity measurement for precipitation particles using a precipitation observation radar in a low Earth orbit as a post-mission of Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) on the Global Precipitation Measurement (GPM) core satellite. Also, we have studied Geostationary Precipitation Radar (GPR) which can observe precipitation continuously and flexibly from a geostationary orbit as a future mission. In this study, we have studied the method which can separate precipitation echoes from ground/sea clutters by the doppler velocities in order to observe high latitude areas. Therefore, we need to verify the feasibility of the doppler velocity measurement for precipitation particles. Additionally, we need to improve antenna performance drastically in order to observe precipitation from a geostationary orbit which is far away from a low Earth orbit. Therefore, we need to verify the feasibility of upsizing an antenna for the GPR.

Based on the above background, the purpose of the proposed mission is to demonstrate that it is possible to measure the doppler velocity of precipitation particles from an orbit by a pulse compression radar using a planar antenna and to operate antenna deployment and connection mechanisms normally in an orbit. Also, we aim to get data regarding antenna deployment behavior and structural characteristics.

We consider the value of the proposed mission as follows. Firstly, the value of the doppler velocity measurement demonstration is as follows.
This demonstration contributes to realize post-GPM/DPR mission. If the doppler velocity measurement becomes possible in the mission, it is expected to understand the mechanical structure of a precipitation system globally and to improve the accuracy of weather and flood forecasts. This demonstration contributes to realize the GPR mission. If the GPR becomes possible, it is expected to identify the forming process of a typhoon and to improve the accuracy of weather and flood forecasts.
Next, the value of the antenna deployment and connection demonstration is as follows.
This demonstration contributes to improve the performance of satellite antennas for earth observation, communication, radio astronomy, disaster monitoring, national security, etc. because the deployment and connection mechanisms make it possible to enlarge planar antennas. This demonstration contributes to realize innovative missions like the GPR because the deployment and connection mechanisms make it possible to construct a 30-m-class large planar antenna. The deployment and connection mechanisms have the potential to construct super large space structures like Space Solar Power Systems (SSPS).
We consider the feasibility of the proposed mission as follows. When we assume that the size of a demonstration system is 1.2m x 2.2m x 0.7m in storage state and 1.2m x 2.2m x 4.4m in deployment state, we expect that the system meets the installation condition for HTV-X which has been developed as a post-KOUNOTORI (HTV) by JAXA. Also, as a result of thermal analysis for the system, we expect that the system meets the thermal condition for HTV-X. Furthermore, we demonstrated that it is possible to operate the half size deployment and connection mechanisms of the system normally by a ground

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

experiment in FY2017.
As future works, we will study the feasibility of the doppler velocity measurement from the aspect of HTV-X attitude control performance. Also, we will improve the function and performance of the deployment and connection mechanisms.

キーワード：降水観測レーダ、技術実証、ドップラー速度、展開アンテナ、GPM/DPR後継
Keywords: Precipitation Radar, Technology Demonstration, Doppler Velocity, Deployable Antenna, GPM/DPR Follow on

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

災害およびモニタリングへの公共インフラとしてのベースマップ作成ミッション
Mission of creating base maps as public infrastructures for disaster and monitoring

*石塚 直樹[1]
*ISHITSUKA Naoki[1]

1. 日本リモートセンシング学会
1. The Remote Sensing Society of Japan

我が国として実現すべき衛星地球観測ミッションとして、災害対応・ベースマップおよび環境モニタリングに関するミッションを提案する。

本提案のミッションの目的は、大規模災害時の観測およびベースマップ作製、ならびに長期・継続的な定量的モニタリングによる地球資源の監視・解明である．ALOSの系譜となる光学およびSARセンサは高い空間分解能で観測することにより，基盤情報（土地被覆、地形、標高）、防災・減災（変化抽出、地盤変動、浸水、不法投棄）、農林水産業（精密農業、食料安全保障、森林、漁業）、エネルギー（地質、埋蔵量、資源管理、汚染監視）、気候変動（氷河、流氷、洪水）、環境（沿岸環境、炭素ストック）など実利用的なものから、地球科学にいたるまで多岐にわたる分野で利用されてきている。

Landsatシリーズが高く評価されるのは、継続性によるところも大きい。地球温暖化による環境変動、地球資源（鉱物資源、生物資源、水資源など）の長期モニタリングという観点からも、高分解能センサを搭載したALOSシリーズの途絶えない継続が望まれ、結果的にプレゼンス向上に繋がると考える。

光学に関しては、日本が優位性を有する数m～サブメートル級の高分解能画像を数十kmという広範囲で観測する性能が必要である。さらに、常時立体視機能の後継機による復活が望まれる。SARについては、DBF技術による数m解像度で数百kmといった広域の高分解能観測が継続可能と考える。

併せて、データ伝送の高速化、データオンボード処理、データ中継衛星などや地上局といったデータダウンリンク環境も含めた通信インフラの整備、データ圧縮技術の基礎研究なども併せて取り組んでいくことが重要であり、宇宙システムとしての検討が必要である。

また、観測頻度確保のために、機数の増大やコンステレーション、広観測幅、姿勢マヌーバなどの従来技術の検討を進めるとともに、革新的な解決方法として、静止軌道衛星からの高分解能観測などについても検討を進める必要がある。

キーワード：高空間分解能、広域観測、ALOSシリーズ
Keywords: High resolution, wide swath, ALOS series

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視，同化予測および再解析プロダクトの作成

Aerosol monitoring, forecasting and estimate of its impacts with multispectral imager data

*弓本 桂也[1,2]、眞木 貴史[2]、田中 泰宙[2]、関山 剛[2]、竹村 俊彦[1]
*Keiya Yumimoto[1,2], Takashi Maki[2], Taichu Y Tanaka[2], Thomas Sekiyama[2], Toshihiko Takemura[1]

1. 九州大学、2. 気象研究所
1. Kyushu University, 2. Meteorological Research Institute

自然現象や人為活動によって発生する大気エアロゾルは，大気環境のみならず，気候・海洋・陸域生態系および人の健康等，多岐にわたって影響を与えている。これらの実態把握，被害軽減のため，以下の様な研究・取り組みが行われている。

(1) モニタリング：大気環境および気候変動の進行状況の監視（エアロゾルの時空間分布の把握）
(2) 同化予測：PM2.5および黄砂等の短期間予測による（早期警戒による社会・健康被害の軽減）
(3) 気候データ：再解析プロダクト等の長期気候データセットの作成（気候影響評価や疫学研究等への貢献）

これらの中で，多波長光学イメージャ（近紫外～近赤外）による観測は核をなす部分であり，欠かすことが出来ない。地球システムの一部である大気エアロゾルの把握および影響評価を継続的に，より正確に行うために，多波長光学イメージャによる観測の継続が必要である。

キーワード：エアロゾル、衛星観測
Keywords: Aerosol, Satellite observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星搭載多波長偏光高スペクトル分解ライダーによる全球エアロゾル・雲観測

Global aerosol and cloud observation by space-borne multi-wavelength polarization high-spectral-resolution lidar

*西澤 智明[1]、岡本 創[2]、石井 昌憲[3]、神 慶孝[1]
*Tomoaki Nishizawa[1], Hajime Okamoto[2], Syoken Ishii[3], Yoshitaka Jin[1]

1. 国立環境研究所、2. 九州大学、3. 情報通信研究機構
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Kyushu University, 3. National Institute of Information and Communication Technology

高スペクトル分解ライダー技術（High spectral resolution lidar (HSRL)技術）と偏光測定技術を複合利用した、多波長偏光HSRLによるエアロゾル・雲（以下、大気粒子）の鉛直プロファイルの衛星全球観測を提案する。紫外・可視・近赤外波長域における多波長（355、532、1064nm）での偏光・HSRL測定を実現し、大気粒子の多波長・多パラメータ同時測定を行う。

既存の衛星ライダー観測に比して倍以上の観測情報を有した、大気粒子の全球３次元（鉛直＋水平）分布を得ることにより、多種多様にわたる大気粒子の光学・微物理特性（消散係数、粒径分布、化学種など）の同時把握を実現し、これまでにない量的・質的に確かな大気粒子情報を獲得する。これらの全球３次元大気粒子データと数値モデル（エアロゾル化学輸送モデル、雲解像モデル等）を複合利用した観測・モデル研究により、エアロゾル・雲相互作用のプロセス理解の高度化、大気粒子の気候影響評価の不確実性の低減、気候変動予測精度の向上が見込まれる。また、大気粒子の気候影響だけではなく、大気質を悪化させるエアロゾル（火山噴煙、黄砂、バイオマス燃焼粒子、大気汚染粒子等）の輸送・拡散の監視・予測やそれらの影響評価（健康、植生への影響等）への活用も見込まれる。これらの科学的知見の向上は、地球温暖化問題の解決に向けた国際的な合意形成や国内外での環境施策の高度化への貢献となる。

本提案のライダーは、CALIPSO衛星搭載ライダーCALIOP（2006年以降、現在も運用中）やEarthCARE衛星搭載ライダーATLID（2021年打ち上げ予定、運用計画は３年）による国際的な全球大気粒子ライダー観測ミッションの後継センサーとしての役割も担うものであり、EarthCARE以降計画のない衛星搭載ライダーによる全球大気粒子の国際観測ミッションを牽引するものともなる。本提案では、地上で開発が進められている多波長HSRL技術の応用と、植生ライダーMOLIミッションで確立される宇宙でのレーザー・ライダー技術を発展させることで、本提案で必須となる宇宙でのより高度なレーザー技術（単一波長・高出力レーザーの多波長同時発振技術）とライダー技術（干渉計による多波長高スペクトル分解技術）を実現する。これらのレーザー・ライダー技術は、ライダーによる気象要素測定（気温、風速、水蒸気など）の根幹技術でもある。よって、本提案は宇宙からの気象要素測定ライダーの技術開発への架け橋ともなっている。

キーワード：衛星ライダー、エアロゾル、雲、高スペクトル分解ライダー、多波長
Keywords: Space-borne lidar, Aerosols, Clouds, HSRL, multi-wavelength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

2019年5月29日(水) 10:45 ~ 12:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:浅井 和弘(東北工業大学)、木村 俊義(宇宙航空研究開発機構)

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。
この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TF）」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。
ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

10:45 ~ 11:00

[MSD44-06] 雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション

*岡本 創[1]、鈴木 健太郎[2]、西澤 智明[3]、石井 昌憲[4] (1.九州大学、2.東京大学、3.国立環境研究所、4.情報通信研究機構)

11:00 ~ 11:15

[MSD44-07] 数値予報精度向上のための衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測

*石井 昌憲[1]、岡本 幸三[2,1]、久保田 拓志[3]、佐藤 篤[4,1]、境澤 大亮[3]、西澤 智明[5]、松本 紋子[6]、津上 哲也[6]、石橋 俊之[2]、田中 宙中[2]、Philippe Baron[1]、青木 誠[1]、沖 理子[3]、佐藤 正樹[7]、岩崎 俊樹[8] (1.情報通信研究機構、2.気象庁気象研究所、3.宇宙航空研究開発機構、4.東北工業大学、5.国立環境研究所、6.ANAホールディングス株式会社、7.東京大学、8.東北大学)

11:15 ~ 11:30

[MSD44-08] 衛星搭載水蒸気分布観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証

*阿保 真[1]、長澤 親生[1]、柴田 泰邦[1]、内野 修[2]、柴田 隆[3] (1.首都大学東京大学院システムデザイン研究科、2.国立環境研究所、3.名古屋大学)

11:30 ~ 12:00

[MSD44-09] ポスターセッションのショートプレゼンテーション

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

12:00 ~ 12:15

Discussion

雲レーダ・ライダによるデュアルドップラー観測ミッション
Dual-Doppler-velocity-mission using cloud radar and lidar

*岡本 創[1]、鈴木 健太郎[2]、西澤 智明[3]、石井 昌憲[4]
*Okamoto Hajime[1], Kentaroh Suzuki[2], Tomoaki Nishizawa[3], Shoken Ishii[4]

1. 九州大学、2. 東京大学、3. 国立環境研究所、4. 情報通信研究機構
1. Kyushu University, 2. The university of Tokyo, 3. National Instuitute for Environmental Studies, 4. National Institute of Information and Communications Technology

Dual-Doppler velocity measuring mission from space-borne cloud radar and lidar is proposed. 94GHz cloud radar and lidar with Doppler function will measure three-dimensional air motion in clouds as well as in clear sky, respectively. High spectral resolution functions at 355nm and 532nm with polarization are planned to distinguish cloud particle type and aerosols. The lidar will have multiple field of views in order to penetrate relatively thick clouds. Since the radar will have capability to observe clouds and lidar will measure aerosols, it will be a successor mission to CloudSat and CALIPSO launched in 2006 and EarthCARE satellite in 2021. The mission will also serve to construct continuous records of clouds and aerosols for climate change studies.

キーワード：ドップラー、雲レーダ、ライダ、雲、風
Keywords: Doppler, cloud radar, lidar, clouds, wind

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

数値予報精度向上のための衛星搭載ドップラー風ライダーによる全球風観測

Global wind profiling with space-based Doppler wind lidar for improvement of numerical weather prediction

*石井 昌憲[1]、岡本 幸三[2,1]、久保田 拓志[3]、佐藤 篤[4,1]、境澤 大亮[3]、西澤 智明[5]、松本 紋子[6]、津上 哲也[6]、石橋 俊之[2]、田中 宙中[2]、Philippe Baron[1]、青木 誠[1]、沖 理子[3]、佐藤 正樹[7]、岩崎 俊樹[8]
*Shoken Ishii[1], Kozo Okaoto[2,1], Takuji Kubota[3], Atsushi Sato[4,1], Daisuke Sakaizaw[3], Tomoaki Nishizawa[5], Ayako Matsumoto[6], Tetsuya Tugami[6], Toshiyuki Ishibashi[2], Taichu Y Tanaka[2], Philippe Baron[1], Makoto Aoki[1], Riko Oki[3], Masaki Satoh[7], Toshiki Iwasaki[8]

1. 情報通信研究機構、2. 気象庁気象研究所、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 東北工業大学、5. 国立環境研究所、6. ANAホールディングス株式会社、7. 東京大学、8. 東北大学
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. JMA/MRI, 3. JAXA, 4. TIT, 5. NIES, 6. ANA, 7. University of Tokyo, 8. Tohoku University

数値予報において衛星観測システムの役割は、年々大きくなるばかりである。しかし、現在の衛星観測システムは、風観測に比べて温度や水蒸気に関連した観測に偏重しているという課題がある。また、既存の衛星風観測システムは、高い時間分解能で広範囲を面状に観測できるが、風速観測精度や高度分解能は十分ではない。世界気象機関は，WMO technical report 2012-1において「気象予測精度をさらに向上するために、全球規模で風の高度分布を得ることが出来るセンサーの開発が望まれる」と述べている。レーザを用いるドップラー風ライダー（Doppler Wind Lidar：DWL）は、衛星軌道に沿った狭い範囲の観測ではあるものの、高精度かつ高い分解能で風の高度分布が得られることから、現在の衛星観測システムの問題点（透き間）を解決する能動型光センサーとして期待されている。ESAは2018年8月に世界初の衛星搭載ドップラー風ライダーAeolusを打ち上げた。Aeolusはミッション期間が3年間であるため、次のドップラー風ライダーが期待される。日本でも衛星搭載度ドップラー風ライダーを実現するために、2011年度より、情報通信研究機構、宇宙航空研究開発機構、気象庁・気象研究所I、大学他とともに、衛星搭載ドップラー風ライダーのシステム検討や数値予報への影響評価を実施し、衛星搭載化の知見を取り込み、より技術的実現性が高まっている。また、2017年度に、内閣府の宇宙ビジネス促進イベント「S-Booster」にて、衛星搭載度ドップラー風ライダーの観測データを航空航路最適化に用いるというANAホールディングス社のの社員による提案が大賞を受賞しており、衛星搭載ドップラー風ライダーに社会的注目が集まっている。本提案は、ドップラー風ライダーによる風の高度分布の全球観測を実現し数値予報の精度向上を目的としている。また、気象による自然災害発生や気候変動のメカニズムの分析を通して台風・集中豪雨等の予報精度を向上させることを目的とする。そして、宇宙データの利活用の観点から数値予報の風精度向上による航空機の飛行経路や高度最適化による燃料削減やCO_2削減に資することを目的とする。

キーワード：ライダー、ドップラー風ライダー、衛星観測、全球風高度分布
Keywords: Lidar, Doppler Wind Lidar, space-based observation, global wind profiling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星搭載水蒸気分布観測用差分吸収ライダー(DIAL)の技術実証
Technology demonstration of space-borne water vapor DIAL

*阿保 真[1]、長澤 親生[1]、柴田 泰邦[1]、内野 修[2]、柴田 隆[3]
*Makoto Abo[1], Chikao Nagasawa[1], Yasukuni Shibata[1], Osamu Uchino[2], Takashi Shibata[3]

1. 首都大学東京大学院システムデザイン研究科、2. 国立環境研究所、3. 名古屋大学
1. Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Nagoya University

世界的な水蒸気分布データの質の向上は、長期の気候変動解析と短期の数値予報のどちらにも有用である。現在の水蒸気計測は、地表面や船での直接測定、ラジオゾンデ観測、地上リモートセンシングシステム（ライダー、分光計、GPSによるトータル量測定）、衛星による受動的な赤外線とマイクロ波センサーによる測定が行われているが、地表面観測は鉛直方向のカバーレンジが、ラジオゾンデと地上リモートセンシングでは水平方向のカバーレンジが、受動センサーでは鉛直分解能に問題がある。さらにこれらを組み合わせたとしても、上部対流圏・下部成層圏の境界領域に空白域が生じる。したがって、現状ではグローバルな水蒸気循環を精度よく定量的に評価するには、精度、鉛直分解能及びカバーレンジとも不足している。

地球の3分の2が海であることから、宇宙からのリモートセンシングが水平、垂直及び時間分解能を確保する唯一の方法である。しかし、従来は大気の循環を決める風と温度の計測が優先され、水蒸気の計測は進んでいない。現在の数値モデルでは、対流圏の1kmの層を1.5Kの精度で再現できるが、対照的に比湿の６時間予報値の相対誤差は20-40%になる (English 1999) 。全地球大気モデルの鉛直分解能は境界層附近の100mから成層圏の1kmの間にあるが、現在のリモートセンシング水蒸気観測データはこれより荒く、逆に水蒸気や雲はしばしばこれより狭い層構造を形成する。

衛星搭載水蒸気差分吸収ライダー（DIAL: Differential absorption lidar）は以下のような特徴がある。①高精度、低バイアス、高鉛直分解能で水蒸気の高度プロファイルが地上から上部対流圏、下部成層圏まで得られる。②水蒸気の各高度プロファイルにエラープロファイルが得られる。③低温領域で測定が困難なラジオゾンデと異なり、どんな温度領域でも湿度が得られる。④光学的厚さの小さい雲では、雲底から雲頂までの水蒸気プロファイルが得られる。⑤水蒸気、雲頂高度、エアロゾルの光学的厚さ、境界層高度などの情報が同時に得られる。⑥他のリモートセンシング測定法では問題となる、他のパラメータの影響（例えば表面の放射率、温度プロフィール、他のガスの濃度、エアロゾル）に鈍感であるため、他の赤外線やマイクロ波のパッシブリモートセンシング機器の校正に利用できる。これは、特にモデルのバイアス誤差の検出に有効となる。⑦厚い雲の雲頂より低高度は測定できない。⑧高い水平分解能・時間分解能データは軌道直下のみという制約がある。このように制約はあるが他の測定法にない特徴が多くあるため、相補的な利用が有効である。

水蒸気のライダーによる観測手法としては、これまで波長760nm及び820nm付近の吸収線を利用した水蒸気DIALの開発が行なわれてきた。NASAではLASEとして航空機搭載水蒸気DIALの実用化が行われ、多くの成果を得ている(Browell et al. 1998)。また、ESAではWALES（Water Vapour Lidar Experiment in Space）と呼ばれる衛星搭載水蒸気DIALが提案されたが、現時点で具体的な計画はない。我々（Nagasawa et al. 1995）もこれまで、この波長帯を利用した航空機搭載水蒸気DIALの開発をJAXAとともに行なってきた。また、Wulfmeyer and Walther(2001)は波長945nmまたは1.4μmの吸収線を用いた航空機水蒸気DIALを提唱した。これは、波長が長い程水蒸気の吸収が強いことを利用して希薄な水蒸気の測定を可能にする近赤外領域まで感度の良い光検出器が実用化されてきたことと高出力なレーザーが開発されてきたことに連動している。

衛星搭載と対流圏界面高度の水蒸気量の観測を考慮した場合は、レーザーの効率が良く、かつより吸収量の大きい945nm又は1350nm付近の吸収線を利用した水蒸気測定用DIALを提案する。測定誤差のシ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ミュレーションより高度分解能1km、地表付近から高度20kmまで、３つの吸収線を用いることにより誤差10%以下で計測可能である。また、ライダーで技術的に最も困難なレーザー光源については、1.57μmのCO2-DIALの技術で開発したOPG/OPA技術の採用を提案する。このレーザーは世界的にもトップクラスの技術である（Shibata et al, 2017）。

衛星搭載水蒸気DIALでは以下のような成果が期待できる。①現在十分信頼すべき十分なデータの無い上部対流圏・下部成層圏領域における水蒸気の高精度、高鉛直分解能観測による気候フィードバックの理解とモデル化の進展、②全地球域の高品質データによる数値予報の精度向上、③集中豪雨、竜巻、台風などの予報精度の向上。

参考文献

Browell, E.V., et al. Appl. Physics B, 67, 399-410, 1998.

English, S.J., J. Appl. Meteor.,38, 1526-1541, 1999.

Nagasawa, C., M. Abo, T. Sugisaki and O. Uchino, SPIE 2581, 161, 1995.

Shibata, Y. et al., Appl. Opt., 56, 1194-1201, 2017.

Wulfmeyer, V. and C. Walther, Appl. Opt.,40, 30, 5321, 2001.

キーワード：差分吸収ライダー、水蒸気、衛星搭載
Keywords: DIAL, water vapor, space-borne

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ポスターセッションのショートプレゼンテーション
Short presentation of poster session

*本多 嘉明[1]
*Yoshiaki HONDA[1]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

本セッション「M-SD44将来の衛星地球観測」のポスターセッションにて発表される論文のショートプレゼンテーションを著者が行います。

キーワード：地球環境、衛星地球観測、地球観測グランドデザイン
Keywords: Global environmental, Satellite Earth Observation, Grand Design of Earth Observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-SD 宇宙開発・地球観測

2019年5月29日(水) 13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[M-SD44] 将来の衛星地球観測

コンビーナ:本多 嘉明(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、高薮 縁(東京大学 大気海洋研究所)、Shinichi Sobue(Japan Aerospace Exploration Agency)、金子 有紀(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)、座長:沖 理子(宇宙航空研究開発機構)

急速に進行する地球環境の変化に対して、人類が持続的に発展していくために衛星による地球観測は有効な手段となりうる。そのためには継続すべき観測を維持するとともに、その時代の社会的・科学的要求に応える観測の実施、及びそれらを支える技術開発が必要とされている。
この課題に対し、25の学会・関連団体からなる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（TF）」では、近い将来実現すべき我が国の衛星地球観測ミッションについて学術的立場から提言する「地球観測グランドデザイン」を2017年度に策定した。そして科学研究・実利用の両分野から新たなアイデアを吸い上げ、分野横断的に議論し精練する事を目的として、2018年9月から11月に地球観測ミッション提案の試行公募を行った。最終的に採択された提案はグランドデザインに反映し、政府の宇宙基本計画工程表見直しの際の基礎資料となるよう、TFとして尽力していく。
ここでは、書面による一次審査を通過した提案の発表および議論を行う。各提案の検討深化のための重要なステップとなるため、幅広い分野からの参加者による積極的な議論を期待する。

13:45 ~ 14:00

[MSD44-10] **ひまわり後継衛星計画の概要**

*別所 康太郎[1] (1.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[MSD44-11] ひまわり後継衛星に向けたハイパースペクトル赤外サウンダのインパクト調査

*岡本 幸三[1]、大和田 浩美[2]、計盛 正博[2]、大塚 道子[1]、太田 芳文[2]、上清 直隆[1]、瀬古 弘[1]、安藤 昭芳[2]、吉田 良[2]、石元 裕史[1]、林 昌宏[1]、石田 春磨[3]、佐藤 芳昭[2]、国松 洋[2]、別所 康太郎[2]、横田 寛伸[2] (1.気象研究所、2.気象庁、3.気象衛星センター)

14:15 ~ 14:30

[MSD44-12] 静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダの観測システムシミュレーション実験

*大和田 浩美[1]、岡本 幸三[2]、計盛 正博[1]、上清 直隆[2]、石元 裕史[2]、林 昌宏[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MSD44-13] 静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現

*本多 嘉明[1] (1.千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

14:45 ~ 15:00

[MSD44-14] **Geostationary Optical Earth Observation Satellite**

*沖 一雄[1]、木村 俊義[2]、水谷 忠均[2]、田殿 武雄[2] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

Discussion

ひまわり後継衛星計画の概要
Himawari-8/9 follow-on satellites program

*別所 康太郎[1]
*BESSHO Kotaro[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

１．はじめに

気象庁の静止気象衛星ひまわり８号は、2015年７月より運用を開始し、同９号についても2017年3月よりバックアップ機としての運用を開始している。両号は、2022年頃にその役割を交代しつつ、2029年頃まで運用を続ける予定である。ひまわりについては、2018年からは、アジア太平洋諸国の気象水文機関の要望に応じて領域観測を行う「ひまわりリクエスト」を開始したり、フルディスク・領域観測の結果から海上付近の風分布を推定し、台風の強風域を推定する手法の現業運用を始めるなど、気象業務での利活用を着実に進めている。また、気象集誌2018年特別号「静止気象衛星『ひまわり８号』を用いた気象学・気候変動研究」や、気象研究ノート第238号「静止気象衛星ひまわり８号・９号とその利用」が刊行されるなど、学術面での利用も進められている。特にPutri et al. (2018)にあるように、メソスケール現象の解析をひまわり８号の高頻度・高解像度の観測結果を利用して行うなど、いわば「メソスケール衛星気象学」とでも呼べるような新しいパラダイム構築の動きが見られる。

一方、宇宙開発戦略本部で決定された宇宙基本計画工程表では、ひまわり８号・９号の後継の静止気象衛星は、遅くとも2023年度までに製造に着手し、2029年度頃に運用を開始することを目指す、とされている。2018年、気象庁ではひまわり８号・９号の後継衛星について、その仕様などの検討を開始した。本発表では、後継衛星の観測性能の仕様に関する検討状況を報告する。

２．検討中の観測性能

静止気象衛星については、世界気象機関が2040年には具備するのが望ましい要件として、高頻度観測機能を備えた多バンドの可視・赤外イメージャや、ハイパースペクトル赤外サウンダ、雷イメージャ、紫外/可視/近赤外サウンダを列挙している。このうち可視・赤外イメージャについては、後継衛星では、現行の８号・９号の観測性能からの機能強化ができないかを検討している。具体的にはバンドの追加や、領域観測の拡大、観測・処理時間の短縮、精度の向上などである。

ハイパースペクトル赤外サウンダについては、これまでのひまわりには搭載されていないため、当庁としてはその搭載の可能性について、一から検討を始めている。同センサーについては、欧州気象衛星開発機構が次の静止気象衛星に搭載を予定しており、その経験に学びつつ、当庁でも数値予報に与える効果を見極めるために観測システムシミュレーション実験を実施している。また、実況監視・ナウキャスト等にも利用できないか調査を行っている。

雷イメージャについては、航空ユーザーへの情報提供や、台風の強度予報への活用などが考えられるが、こちらもこれまでのひまわりには搭載されていない。米国の新しい静止気象衛星には搭載され、観測データも公開が始まっているため、それらのデータを利用して、同センサーの性能や利用法などについて調査検討を進める予定である。

紫外/可視/近赤外サウンダについては、オゾン、微量気体、エーロゾルの監視などに主として利用され

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る。こちらも当庁では利用した経験がないため、基礎的なところから調査を始めている。

また、ひまわりの後継衛星については、想定される運用開始年まで10年ほどしかないため、現業運用という意味ではとても間に合わないと思われるが、マイクロ波サウンダを搭載した静止気象衛星や、同じくマイクロ波サウンダを搭載した小型衛星群によるコンステレーション観測についても、もっと先の将来を見越して、この機会にあわせて検討している。マイクロ波サウンダなどで得られる大気下層の水蒸気分布は、集中豪雨や台風をより高精度に予測するためには不可欠な情報であるにも関わらず、地上・衛星を含めた現行の観測システムでは、広く一様に常時監視することができない。特に現行のマイクロ波サウンダは極軌道衛星に搭載されているため、衛星直下の観測領域を１日２回程度しか観測できない。マイクロ波サウンダを搭載した静止気象衛星や小型衛星群は、どちらも下層の水蒸気分布をどのような状態でもあまねく観測できるシステムであり、実現すれば実況監視・ナウキャストや数値予報に与える効果は絶大であろう。

３．おわりに

ひまわりは気象業務だけでなく、国民にひろく利用されており、我が国の重要な社会資本となっている。その一方、気象庁では後継衛星の検討を始めたばかりであるが、その仕様検討のための時間は限られたものとなっている。本発表を機会に、気象学会の会員諸氏からの積極的な情報提供や、コメント、あるいは具体的な利用目的にもとづく要望などを期待している。

キーワード：衛星、ひまわり、気象庁
Keywords: Satellite, Himawari, JMA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ひまわり後継衛星に向けたハイパースペクトル赤外サウンダのインパクト調査

Impact assessment of hyperspectral infrared sounders toward Himawari-8/9 follow-on satellites

*岡本 幸三[1]、大和田 浩美[2]、計盛 正博[2]、大塚 道子[1]、太田 芳文[2]、上清 直隆[1]、瀬古 弘[1]、安藤 昭芳[2]、吉田 良[2]、石元 裕史[1]、林 昌宏[1]、石田 春磨[3]、佐藤 芳昭[2]、国松 洋[2]、別所 康太郎[2]、横田 寛伸[2]
*Kozo OKAMOTO[1], Hiromi Owada[2], Masahiro Kazumori[2], Michiko Otsuka[1], Yoshifumi Ota[2], Naotaka Uekiyo[1], Hiromu Seko[1], Akiyoshi Ando[2], Ryo Yoshida[2], Hiroshi Ishimoto[1], Masahiro Hayashi[1], Haruma Ishida[3], Yoshiaki Sato[2], Hiroshi Kunimatsu[2], Kotaro Bessho[2], Hironobu Yokota[2]

1. 気象研究所、2. 気象庁、3. 気象衛星センター
1. Meteorological Research Institute, 2. Japan Meteolological Agency, 3. Meteorological Satellite Center

気象庁では、2028年の打上げを目指して、静止気象衛星ひまわり８・９号の後継衛星の検討を開始した。後継衛星搭載センサとして、ハイパースペクトル赤外サウンダ（HSS）も候補との一つとなっており、その有効性を調査するため観測システムシミュレーション実験（OSSE）を行っている。HSSは、高波数分解能で1000以上のチャンネルを用いることにより、高精度な気温・水蒸気の高鉛直分解能プロファイル情報を取得できる。低軌道衛星に搭載されたIASIやCrISなどのHSSは既に現業的に利用されているが、新たに静止衛星に搭載し高頻度な観測情報を有効に活用することにより、数値予報精度をさらに改善することが期待できる。

目標とする後継衛星搭載ハイパースペクトルサウンダ(GeoHSS)は、欧州気象衛星開発機構（EUMETSAT）が開発しているIRSというHSSを参考に、1738チャンネルでのフルディスクの毎時観測を行うことを想定する。GeoHSSの疑似観測輝度温度データは、気象庁システムと独立した高精度な解析場である欧州中期予報センター（ECMWF）の再解析（ERA5）と、高速放射伝達モデルRTTOV v12.2を用いて作成する。このデータを、気象庁の現業システムで運用されている全球およびメソデータ同化システムを用いて同化する。全球データ同化システムでは、既に現業同化されているHSSの処理（チャンネル選択、雲判定、間引き、観測誤差設定、水平間引き）をGeoHSSにも適用する。メソ同化システムではまだHSSは同化されていないので、今回新たに開発を行っている。さらに気温と水蒸気の鉛直プロファイルも同化し、より直接的な観測情報のインパクトを評価する。

構築したGeoHSSのOSSEが正常に動作しているかを確認するため、全球同化システムを用い、2018年6月15日～7月8日を対象にデータ同化実験を行った。GeoHSSの疑似輝度温度データを同化した場合、高度場などの解析・予報場がECMWFの解析・予報場に近づくなど、想定した結果が得られることを確認した。現在、同化実験結果の評価、GeoHSSシミュレーションの高度化、メソ同化システムを用いた同化実験、気温・水蒸気プロファイルの同化などを進めている。会合ではこれらの結果について紹介する。

キーワード：ひまわり後継衛星、データ同化、観測システムシミュレーション実験、ハイパースペクトル赤外サウンダ
Keywords: Himawari follow-on satellite, data assimilation, OSSE , hyperspectral infrared sounder

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダの観測システムシミュレーション実験

Observation system simulation experiments for a hyperspectral infrared sounder onboard geostationary satellite

*大和田 浩美[1]、岡本 幸三[2]、計盛 正博[1]、上清 直隆[2]、石元 裕史[2]、林 昌宏[2]
*HIROMI OWADA[1], Kozo OKAMOTO[2], Masahiro Kazumori[1], NAOTAKA UEKIYO[2], Hiroshi Ishimoto[2], Masahiro Hayashi[2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

気象庁では、静止気象衛星ひまわり８・９号に続く後継衛星の検討を開始した。後継衛星への搭載を検討する測器の候補の一つにハイパースペクトル赤外サウンダ（HSS）がある。HSSを新たに静止衛星に搭載することで、気温と水蒸気の高精度なプロファイルに関する情報を高頻度で取得することができ、これをデータ同化で利用することにより数値予報の予測精度が大幅に改善すると期待される。この想定を確認するため、HSSを後継衛星に搭載してそのデータを同化した場合の、数値予報へのインパクトの評価を観測システムシミュレーション実験（OSSE）で行う。

OSSEの実施には、疑似観測データの作成（シミュレーション）とそれを同化するシステムの構築が必要である。HSSの疑似観測データの作成は、欧州で計画されているMTG衛星のIRSが後継衛星に搭載された場合を仮定して行う。シミュレーションには高精度な放射伝達モデルと、それに与える気象庁の数値予報システムとは独立した入力値が必要であり、放射伝達モデルにはRTTOV12.2を、入力値にはECMWFの再解析（ERA5）の137層のモデル面データを使用する。疑似観測の個々の観測点はERA5の格子点の位置としたため、擬似観測の水平解像度はERA5のそれ（およそ31km）に相当する。OSSEで使用するチャンネルとしては、13-14.2μmの気温に感度があるチャンネルと、5-6.25μmの水蒸気に感度があるチャンネルを検討している。

疑似観測を同化するシステムには、気象庁の現業全球データ同化システムを用いる。疑似観測の利用方法については、基本的には、既に現業利用されている低軌道衛星搭載のHSSのチャンネル選択や品質管理を適応する。現時点では気温に感度のある36チャンネルと、水蒸気に感度のある25チャンネルを、測器誤差なしの理想的な条件で同化するOSSEを実施している。この結果、擬似観測を同化することにより、解析場と予報場のそれぞれの気温と比湿の鉛直分布が、想定どおりECMWFの解析に近づくことを確認している。今後は、IRSの仕様に基づいた測器誤差を各チャンネルに与えて現実的な疑似観測データを作成し、新たにOSSEを実施しすることを予定している。

本発表ではHSSの疑似観測データの作成と、気象庁の現業全球データ同化システムにおけるOSSEの初期結果について報告する。

キーワード：ひまわり８・９号後継衛星、ハイパースペクトル赤外サウンダ、観測システムシミュレーション実験
Keywords: Himawari-8/9 follow-on satellites, Hyperspectral infrared sounder, Observation system simulation experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

静止衛星と周回衛星複合観測による擬似高頻度高解像度観測の実現
Realization of pseudo high frequency high resolution observation by geostationary satellite and orbiting satellite combined observation

*本多 嘉明[1]
*Yoshiaki HONDA[1]

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

地球科学・実利用の両分野から地球観測光学センサデータは、より高頻度かつ、より高解像度の観測データが望まれる。しかし、この高頻度観測と高解像度観測を同時に実現するためには、一つの衛星では不可能で、超小型衛星の多数運用で実現されつつある。しかし、一般的に超小型衛星は設計寿命が短く、校正システムを有さないなどの問題がある。一方、静止衛星を含む中型以上の衛星は、設計寿命が長く、校正システムを有している。しかし、中型以上の規模の衛星で高頻度かつ高解像度を実現するため、衛星数を確保しようとするとその予算は莫大なもので現実的ではない。本提案は、我が国が打ち上げる衛星群（ひまわり、GCOM-C、ALOSなどの後継機を想定）の中で比較的解像度の低い静止衛星の高頻度観測と解像度は高いが低頻度の周回衛星観測から各衛星のセンサ仕様の一部を相互調整することと観測ジオメトリーの違いを調整するモデルを介して擬似高頻度高解像度観測データを製造することを目指し、このような高品質で長期に提供する枠組みを構築する。これにより地球科学および実利用分野での衛星光学センサデータ利用を拡大させ、科学の進展および実利用の拡大を目的とする。この枠組みは計画されている予算規模で、より大きな成果を得る一歩であり、実利用分野の拡大は、我が国における地球観測の継続性を担保することにも資する。さらに、新たに計画される他国の衛星もこの枠組みに取り込むことにより、地球科学および実利用の分野における我が国の地球観測のプレゼンスを高めることを目指す。

キーワード：静止衛星、周回衛星複合観測、擬似高頻度高解像度観測
Keywords: Geostationary satellite, Orbiting satellite combined observation, Pseudo High Frequency High Resolution Observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geostationary Optical Earth Observation Satellite

*沖 一雄[1]、木村 俊義[2]、水谷 忠均[2]、田殿 武雄[2]
*Kazuo Oki[1], Toshiyoshi Kimura[2], Tadahito Mizutani[2], Takeo Tadono[2]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構
1. The University of Tokyo, 2. JAXA

Geostationary satellite is the most practical Earth Observation for its instantaneous observation and ability to choose target area on demand. Some kind of users, especially disaster monitoring, agriculture and national security users are demanding such unique character crucially. However, technical difficulties prevent from realization of the system, so far. Practical observation needs a certain fine ground resolution. But it means necessity for huge main mirror for the satellite optics. For an example, 5~7m resolution at Nadir position needs 3.6m diameter mirror. So far, 1~2m diameter one-piece mirrors were studied, in contrast. Recent optical technologies make it possible to have an extra large telescope using segmented mirrors for astronomical telescope on the ground, like Keck astronomy or TMT project. Using such technologies, we studied geostationary satellite telescope system with 3.6m diameter segmented telescope to materialize 7m ground resolution at Nadir position. Observation bands should have good correlation with ALOS-3 satellite on low Earth orbit, i.e. panchromatic, RGB, NIR and additional bands. To ensure the night observation, IR band is under consideration in addition. Such new Earth observation scheme improves time resolution dramatically, and it will make possible to observe movement of target like video camera. It will reveal many motile phenomena including Tsunami, Typhoon and human activities like car traffics. Also, it is expected that various social services unprecedented in cities, forests, agriculture, water (rivers and oceans), etc. are expected to be offered, and we believe that many users will appear in the field of science and practical use. The study started in 2018 and will end in 2020 to confirm the technical readiness level of required technologies, observation plan and algorithms for new earth observation data products.

キーワード：静止衛星、特大望遠鏡、静止衛星望遠鏡システム、ALOS-3、社会サービス、新しい地球観測データプロダクト
Keywords: Geostationary Satellite, Extra large telescope, Geostationary satellite telescope system, ALOS-3, Social services, New earth observation data products

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.