2019年5月26日(日)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[O-01] ブラタモリの探究-「つたわる科学」のつくりかた

コンビーナ:萬年 一剛(神奈川県温泉地学研究所)、尾方 隆幸(琉球大学島嶼防災研究センター)、座長:尾方 隆幸

13:45 ~ 14:00

[O01-01] ブラタモリに学ぶ―本セッションの趣旨説明

★招待講演

*萬年 一剛[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

14:00 ~ 14:15

[O01-02] **「ブラタモリ」の歴史と現状**

★招待講演

*林 幹雄[1] (1.日本放送協会)

14:15 ~ 14:30

[O01-03] 地球科学者がブラタモリを案内して考えたこと

★招待講演

*小山 真人[1] (1.静岡大学)

14:30 ~ 14:45

[O01-04] ブラタモリが可視化する歴史

★招待講演

*松田 法子[1] (1.京都府立大学)

14:45 ~ 15:15

[O01-05] 総合討論１

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

15:30 ~ 17:00 | 国際会議室 2F

[O-01] ブラタモリの探究-「つたわる科学」のつくりかた

コンビーナ:萬年 一剛(神奈川県温泉地学研究所)、尾方 隆幸(琉球大学島嶼防災研究センター)、座長:萬年 一剛(神奈川県温泉地学研究所)

15:30 ~ 15:45

[O01-06] NHK総合テレビのエンターテインメント・教養番組「ブラタモリ」における実験の役割

★招待講演

*林 信太郎[1] (1.秋田大学大学院教育学研究科)

15:45 ~ 16:00

[O01-07] 中高生を対象とした「地域」を総合的に捉えるフィールドワークの試み

★招待講演

*上村 剛史[1]、横井 成行[2] (1.大阪府立大手前高等学校　定時制、2.海城中学高等学校)

16:00 ~ 16:15

[O01-08] ブラタモリ番組制作に学ぶ博物館のアウトリーチ活動の在り方

★招待講演

*井上 素子[1] (1.埼玉県立自然の博物館)

16:15 ~ 16:30

[O01-09] ブラタモリにみる地球科学のアウトリーチ手法

★招待講演

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

16:30 ~ 17:00

[O01-10] 総合討論２

*萬年 一剛[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

10:15 ~ 11:25 | 国際会議室 2F

[O-02] 地球・惑星科学トップセミナー

コンビーナ:原 辰彦(建築研究所国際地震工学センター)、道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、成瀬 元(京都大学大学院理学研究科)、関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、座長:山田 耕

10:15 ~ 10:50

[O02-01] 小惑星探査ミッション「はやぶさ２」の挑戦と現在までの結果

★招待講演

*吉川 真[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

10:50 ~ 11:25

[O02-02] 超高圧実験で見る地球中心核（コア）

★招待講演

*廣瀬 敬[1,2] (1.東京工業大学大学　地球生命研究所、2.東京大学　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 O (パブリック)：パブリック

11:30 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[O-03] 高校生によるポスター発表

コンビーナ:原 辰彦(建築研究所国際地震工学センター)、道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)、山田 耕(早稲田大学政治経済学術院)、座長:山田 耕、道林 克禎、成瀬 元(Kyoto University)、紺屋 恵子、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)

11:30 ~ 12:15

[O03-01] Poster presentations by senior high school students

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[O-04] 社会とＪｐＧＵとの相互交流によって創る新しい地球惑星科学教育

コンビーナ:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学経済学部)、座長:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学)

13:45 ~ 14:15

[O04-01] 次期学習指導要領で世界標準の地学・地理教育を日本から発信するために

★招待講演

*滝川 洋二[1] (1.NPO法人理科カリキュラムを考える会 NPO法人ガリレオ工房)

14:15 ~ 14:30

[O04-02] 地球内部マントル研究者が望む地学・地理教育

★招待講演

*阿部 なつ江[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター)

14:30 ~ 14:45

[O04-03] 高校必修科目「地理総合」の実施を踏まえた地理と地学の連携強化と人材育成

★招待講演

*小口 高[1] (1.東京大学空間情報科学研究センター)

14:45 ~ 15:00

[O04-04] 赤色立体地図による地形の可視化と地学教育

★招待講演

*千葉 達朗[1] (1.アジア航測株式会社)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

15:30 ~ 17:00 | 106 1F

[O-04] 社会とＪｐＧＵとの相互交流によって創る新しい地球惑星科学教育

コンビーナ:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学経済学部)、座長:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学)

15:30 ~ 15:45

[O04-05] 新学習指導要領「地学基礎」で付加された「資料に基づいて」探究する力を養う「津波」の学習実践

★招待講演

*小玉 秀史[1] (1.千葉県立松戸国際高等学校)

15:45 ~ 16:00

[O04-06] 「地理総合」で付けさせたい力と授業構想

★招待講演

*小河 泰貴[1] (1.岡山県立津山高等学校)

16:00 ~ 16:15

[O04-07] 現役学生が考える現在の地球惑星科学教育

★招待講演

*大塚 英人[1] (1.国立大学法人信州大学理学部理学科地球学コース)

16:15 ~ 16:30

[O04-08] 地理への誘い―日常生活における知的好奇心と地理―

★招待講演

*宮尾 拓也[1] (1.筑波大学大学院教育研究科)

16:30 ~ 16:45

[O04-09] 理科と世間を新しい地理・地学で結ぼう

★招待講演

*保坂 直紀[1] (1.サイエンスライター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[O-05] 日本人がやりがちなおかしな英語

コンビーナ:吉川 知里(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、宋 苑瑞(早稲田大学)、大垣内 るみ(海洋研究開発機構)、座長:吉川 知里(海洋研究開発機構)、宋 苑瑞、大垣内 るみ (海洋研究開発機構)

10:45 ~ 11:05

[O05-01] Giving a successful presentation in English: Mission Possible!

★Invited Papers

*Joel Laurier[1] (1.University of Tsukuba)

11:05 ~ 11:25

[O05-02] How to deliver good presentations in a foreign language

★Invited Papers

*S. Lan Smith[1] (1.Marine Ecosystem Dynamics Research Group, Research Centre for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[O-06] 激甚化する風水害にどう対応するか

コンビーナ: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)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、和田 章(東京工業大学)、座長:松本 淳(首都大学東京)

13:45 ~ 14:00

[O06-01] 平成30年7月豪雨と猛暑：異常気象の連鎖と地球温暖化の影響

★招待講演

*中村 尚[1] (1.東京大学先端科学技術研究センター)

14:00 ~ 14:15

[O06-02] **台風等の気象災害が海洋生態系に与える影響**

★招待講演

*梅澤 有[1,2] (1.東京農工大学、2.日本海洋学会 海洋環境問題研究会)

14:15 ~ 14:30

[O06-03] 水害に関連する地形条件の把握とハザードマップ

★招待講演

*熊木 洋太[1] (1.専修大学文学部)

14:30 ~ 14:45

[O06-04] 2018年7月豪雨を事例とした無料衛星リモートセンシングデータの役割

★招待講演

*作野 裕司[1] (1.広島大学大学院工学研究科)

14:45 ~ 15:00

[O06-05] 2018年西日本豪雨におけるクライシスマッピング活動の現状

★招待講演

*古橋 大地[1] (1.青山学院大学)

15:00 ~ 15:15

[O06-06] 避難情報の時間・空間解像度と避難行動に関する考察

★招待講演

*畑山 満則[1] (1.京都大学防災研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[O-06] 激甚化する風水害にどう対応するか

コンビーナ: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)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、和田 章(東京工業大学)、座長:和田 章(東京工業大学)、高橋 幸弘(北海道大学)

15:30 ~ 15:45

[O06-07] 大規模広域豪雨災害と多層的な対策

★招待講演

*小池 俊雄[1] (1.国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター)

15:45 ~ 16:00

[O06-08] 洪水から命と生活を守る建築の技術と知恵

★招待講演

*田村 和夫[1] (1.建築都市耐震研究所)

16:00 ~ 16:15

[O06-09] 災害廃棄物管理の現状と課題－近年の災害からの教訓－

★招待講演

*森口 祐一[1]、大迫 政浩[2] (1.東京大学大学院工学系研究科、2.国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター)

16:15 ~ 16:30

[O06-10] 児童生徒と地域住民のための避難計画

★招待講演

*佐藤 健[1]、矢崎 良明[2] (1.東北大学、2.学校安全教育研究所)

16:30 ~ 16:45

[O06-11] 激甚化する水害における健康危機と看護

★招待講演

*神原 咲子[1]、山本 あい子[2] (1.高知県立大学、2.四天王寺大学)

16:45 ~ 17:00

[O06-12] 総合討論

*松本 淳[1,2]、高橋 幸弘[3]、和田 章[4] (1.首都大学東京、2.JAMSTEC、3.北海道大学、4.東京工業大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[O-07] キッチン地球科学：手を動かす実験で頭脳を刺激しよう！

コンビーナ:熊谷 一郎(明星大学理工学部)、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)、栗田 敬、市原 美恵(東京大学地震研究所)、座長:熊谷 一郎(明星大学理工学部)、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)、市原 美恵(東京大学地震研究所)、栗田 敬

9:00 ~ 9:15

[O07-01] ゼロカロリー甘味料を使った火成岩の結晶成長を理解する実験

*古川 邦之[1]、渡部 里々花[1]、伊藤 季紗[1]、小谷 沙織[1] (1.愛知大学経営学部)

9:15 ~ 9:30

[O07-02] Making volcanic edifice with edible lava

*金丸 龍夫[1]、藤縄 明彦[2] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)

9:30 ~ 9:45

[O07-03] 柱状節理の幾何パターン解析と澱粉ペーストによるアナログ実験

*秋葉 祐里[1]、高島 愛果[1]、島 弘幸[2] (1.山梨大学 医工農学総合教育部 生命環境学専攻、2.山梨大学 大学院総合研究部 生命環境学域)

9:45 ~ 10:00

[O07-04] Viscoelastic characterization of a solid projectile impact onto a dense potato starch suspension

江川 嘉寿也[2]、*桂木 洋光[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学理学部地球惑星科学科)

10:00 ~ 10:15

[O07-05] 混合粉体がつくる砂山のパターン形成ー縞パターンと分離パターンの選択メカニズムー

★招待講演

*下川 倫子[1]、坂口 英継[2] (1.福岡工業大学、2.九州大学)

10:15 ~ 10:30

[O07-06] 電子工作キットGC10のガイガー＝ミュラー計数管で放射線量を測る

*はしもと じょーじ[1]、小汐 由介[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[O-08] ジオパークで地球活動をイメージする ージオ多様性の大切さを知ろうー

コンビーナ:松原 典孝(兵庫県立大学大学院　地域資源マネジメント研究科)、市橋 弥生(佐渡ジオパーク推進協議会)、小原 北士(Mine秋吉台ジオパーク推進協議会)、大野 希一(島原半島ジオパーク協議会事務局)、座長:市橋 弥生、小原 北士、今井 ひろこ、郡山 鈴夏(山陰海岸ジオパーク推進協議会)、松原 典孝(兵庫県立大学大学院)

10:45 ~ 11:15

[O08-01] 景色を何倍も面白く見せるガイドの役割

★招待講演

*福島 大輔[1] (1.NPO法人桜島ミュージアム)

11:15 ~ 11:45

[O08-02] "ジオ"の理解に難しい説明はいらない。～地質現象はモデル実験で伝えよう～

★招待講演

*横山 光[1] (1.北翔大学)

11:45 ~ 12:15

[O08-03] 外国人スタッフから見た日本のジオパークの魅力と課題

★招待講演

*ヴォウォシェン ヤゴダ[1] (1.隠岐ユネスコ世界ジオパーク推進協議会)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールB 2F

[O-08] ジオパークで地球活動をイメージする ージオ多様性の大切さを知ろうー

コンビーナ:松原 典孝(兵庫県立大学大学院　地域資源マネジメント研究科)、市橋 弥生(佐渡ジオパーク推進協議会)、小原 北士(Mine秋吉台ジオパーク推進協議会)、大野 希一(島原半島ジオパーク協議会事務局)、座長:市橋 弥生、小原 北士、今井 ひろこ、松原 典孝(兵庫県立大学大学院)、郡山 鈴夏(山陰海岸ジオパーク推進協議会)

13:45 ~ 14:15

[O08-04] ジオツアーで「楽しく地球を伝える」ために必要なことは？

★招待講演

*西谷 香奈[1] (1.グローバルネイチャークラブ)

14:15 ~ 14:45

[O08-05] 地域住民に地球活動を伝える際に大切なこと
〜地球科学系ポスドクから学芸員（補）へ転職して４年間の気づき〜

★招待講演

*金山 恭子[1] (1.鳥取県生活環境部山陰海岸ジオパーク海と大地の自然館)

14:45 ~ 15:15

[O08-06] **「ブラタモリ」案内人が大切にする地球活動の伝え方**

★招待講演

*蓮岡 真[1]、鈴木 雄介[2]、今井 ひろこ[3] (1.磐梯山ジオパーク協議会、2.伊豆半島ジオパーク推進協議会、3.コムサポートオフィス)

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

15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[P-PS07] 太陽系物質進化

コンビーナ:癸生川 陽子(横浜国立大学 大学院工学研究院)、藤谷 渉(茨城大学 理学部)、小澤 信(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、松本 恵(東北大学大学院)、座長:松本 恵、藤谷 渉

15:30 ~ 15:45

[PPS07-01] Investigation of sugars in meteorites

★Invited Papers

*古川 善博[1]、力石 嘉人[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、中村 智樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.北海道大学低温科学研究所、3.海洋研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[PPS07-02] 南極氷中に含まれる可溶性有機物の検出のための氷昇華手法の確立

*石川 裕偉[1]、山本 康太[1]、奈良岡 浩[2]、矢田 達[3]、岡田 達明[1,3] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.九州大学大学院理学研究院、3.宇宙航空研究開発機構)

16:00 ~ 16:15

[PPS07-03] Magnesium-containing organic compounds in the Tagish Lake and Murchison meteorites.

*橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[2,1] (1.九州大学惑星微量有機化合物研究センター、2.九州大学大学院理学研究院)

16:15 ~ 16:30

[PPS07-04] 隕石母天体での熱プロセスにおける鉱物と有機物の相互作用

*平川 尚毅[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学)

16:30 ~ 16:45

[PPS07-05] Organic matter in carbonaceous chondrite lithologies of Almahata Sitta meteorite, a polymict ureilite

*癸生川 陽子[1]、Zolensky Michael [2]、Goodrich Cyrena Anne[3]、伊藤 元雄[4]、小川 奈々子[5]、高野 淑識[5]、大河内 直彦[5]、菅 大暉[9]、Marcus Matthew[6]、Kilcoyne David[6]、大東 琢治[7]、Rahman Zia[2]、Shaddad Muawia[8]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.NASA Johnson Space Center、3.Lunar and Planetary Institute、4.海洋研究開発機構　高知コア研究所、5.海洋研究開発機構　、6.Lawrence Berkeley National Laboratory、7.分子科学研究所、8.University of Khartoum、9.東京大学)

16:45 ~ 17:00

[PPS07-06] 小惑星での含水鉱物の熱進化: Ryugu, Bennuの熱史の理解に向けて

*石丸 夏奈[1]、橘 省吾[2] (1.東京大学、2.東京大学大学院理学系研究科宇宙惑星科学機構)

[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

15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM19] 太陽物理学の最前線

コンビーナ:今田 晋亮(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、横山 央明(東京大学大学院理学系研究科)、清水 敏文(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、勝川 行雄(自然科学研究機構国立天文台)、座長:今田 晋亮

15:30 ~ 15:45

[PEM19-01] 太陽-ジオスペース結合過程の理解に向けて：第25太陽活動周期の課題

★招待講演

*三好 由純[1]、今田 晋亮[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

15:45 ~ 16:00

[PEM19-02] 太陽風乱流の未解決問題

★招待講演

*庄田 宗人[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:00 ~ 16:15

[PEM19-03] 公募型小型Solar-C_EUVSTミッション

*清水 敏文[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[PEM19-04] Advanced Observations of the Solar Atmosphere by a Balloon-Borne Telescope SUNRISE-3

*勝川 行雄[1]、Quintero Noda Carlos[2]、久保 雅仁[1]、原 弘久[1]、清水 敏文[2] (1.国立天文台、2.JAXA宇宙科学研究所)

16:30 ~ 16:45

[PEM19-05] Radiation magnetohydrodynamic modeling of solar coronal dynamics

*飯島 陽久[1] (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[PEM19-06] Detection and energy derivation of nano-flares based on deep learning

*河合 敏輝[1]、今田 晋亮[1] (1.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-AE 天文学・太陽系外天体

9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[P-AE20] 系外惑星

コンビーナ:生駒 大洋(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、成田 憲保(東京大学)、座長:成田 憲保(東京大学)、生駒 大洋(東京大学)

9:00 ~ 9:15

[PAE20-01] Gravitational Microlensing Surveys for Exoplanets

★Invited Papers

*鈴木 大介[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

9:15 ~ 9:30

[PAE20-02] Doppler planet searches targeting stars in solar neighborhood

★Invited Papers

*佐藤 文衛[1] (1.東京工業大学)

9:30 ~ 9:45

[PAE20-03] TESS惑星候補の地上フォローアップ観測に向けたMuSCAT3の開発

*成田 憲保[1,2,3]、福井 暁彦[2]、生駒 大洋[2]、田村 元秀[1,2]、日下部 展彦[1]、森 万由子[2]、山室 智康[4] (1.アストロバイオロジーセンター、2.東京大学、3.科学技術振興機構、4.オプトクラフト)

9:45 ~ 10:00

[PAE20-04] Effect of metallicity and eddy diffusion on transmission spectra of hazy exoplanet atmospheres

*川島 由依[1]、生駒 大洋[2] (1.SRON Netherlands Institute for Space Research、2.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[PAE20-05] Mineral clouds of fluffy aggregates: how they form in exoplanetary atmospheres and influence transmission spectra

*大野 和正[1]、奥住 聡[1]、田崎 亮[2] (1.東京工業大学 理学院 科地球惑星科学系、2.東北大学天文学教室)

10:15 ~ 10:30

[PAE20-06] 巨大衝突によって形成される惑星系の軌道構造

★招待講演

*小久保 英一郎[1] (1.自然科学研究機構国立天文台理論研究部)

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-AE 天文学・太陽系外天体

10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[P-AE20] 系外惑星

コンビーナ:生駒 大洋(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、成田 憲保(東京大学)、座長:生駒 大洋(東京大学)、成田 憲保(東京大学)

10:45 ~ 11:00

[PAE20-07] スーパーアースのマントル対流シミュレーション

★招待講演

*宮腰 剛広[1]、亀山 真典[2]、小河 正基[3] (1.海洋研究開発機構、2.愛媛大学、3.東京大学)

11:00 ~ 11:15

[PAE20-08] Atmospheric escape from M-dwarf exoplanets and implications for habitability

*Chuanfei Dong[1] (1.Princeton University)

11:15 ~ 11:30

[PAE20-09] 中心星近傍岩石スーパーアースの放射スペクトル推定：大気散逸によるアルカリ金属の枯渇

*伊藤 祐一[1,2]、生駒 大洋[2] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.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

[PAE20-10] Hot Rocky Super-Earthsにおける金属気体を含む大気化学モデルの構築

*Danielache Sebastian[1,2]、高橋 遊大[1]、Miguel Yamila[3]、Simoncini Eugenio[4]、Grassi Tommaso[5] (1.上智大学 理工学部 物質生命理工学科、2.東京工業大学　地球生命研究所、3.Leiden Observatory, Leiden University、4.Simoncini Telai Gambassi Terme、5.University Observatory Munich, Ludwig-Maximilians-University)

11:45 ~ 12:00

[PAE20-11] 潮汐固定された地球型水惑星の気候

*小玉 貴則[1] (1.ボルドー大学)

12:00 ~ 12:15

[PAE20-12] 地球類似惑星の発見に向けたWSO-UV/UVSPEX計画の現状

*亀田 真吾[1]、長田 直也[1]、小玉 貴則[2]、村上 豪[3]、塩谷 圭吾[3]、生駒 大洋[4]、成田 憲保[5]、寺田 直樹[6]、藤原 均[7] (1.立教大学理学部、2.ボルドー大学、3.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4.東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻、5.国立天文台、6.東北大学大学院理学研究科、7.成蹊大学理工学部)

[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 | 201B 2F

[P-CG23] 宇宙における物質の形成と進化

コンビーナ:三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、野村 英子(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、大坪 貴文(宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)、瀧川 晶(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、座長:田崎 亮、高橋 葵

9:00 ~ 9:15

[PCG23-01] 宇宙塵の起源：銀河スケールからの考察

★招待講演

*井上 昭雄[1,2] (1.大阪産業大学、2.早稲田大学)

9:15 ~ 9:30

[PCG23-02] SPICA and future infrared observations of cosmic matters

★Invited Papers

*山村 一誠[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

9:30 ~ 9:45

[PCG23-03] Engineering first light of a new mid-infrared instrument MIMIZUKU

*上塚 貴史[1]、宮田 隆志[1]、酒向 重行[1]、大澤 亮[1]、内山 允史[1]、森 智宏[1]、吉田 泰[1] (1.東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター)

9:45 ~ 10:00

[PCG23-04] 急冷窒素含有炭素質物質の性質と宇宙曝露実験

*遠藤 いずみ[1]、左近 樹[1]、尾中 敬[1]、癸生川 陽子[2]、小林 憲正[2]、三田 肇[4]、矢野 創[3] (1.東京大学、2.横浜国立大学、3.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所、4.福岡工業大学)

10:00 ~ 10:15

[PCG23-05] Shape dependence of dust absorption opacity in the Rayleigh domain

*田崎 亮[1]、田中 秀和[1] (1.東北大学理学研究科)

10:15 ~ 10:30

[PCG23-06] 星・惑星形成領域におけるダスト表面上での水素分子のオルソ・パラ変換

*古家 健次[1]、Sameera W. M. C.[2]、羽馬 哲也[2]、渡部 直樹[2]、相川 祐理[3] (1.筑波大学　計算科学研究センター、2.北海道大学　低温科学研究所、3.東京大学)

[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 | 201B 2F

[P-CG23] 宇宙における物質の形成と進化

コンビーナ:三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、野村 英子(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、大坪 貴文(宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)、瀧川 晶(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、座長:古家 健次、日比谷 由紀

10:45 ~ 11:00

[PCG23-07] 非晶質ケイ酸塩と水蒸気との酸素同位体交換速度論から制約される始原的ケイ酸塩ダストの原始惑星系円盤での熱的プロセス

★招待講演

*山本 大貴[1]、橘 省吾[2]、川崎 教行[1]、黒田 みなみ[1]、坂本 直哉[3]、圦本 尚義[1,4] (1.北海道大学 大学院理学院 自然史科学専攻 地球惑星システム科学講座、2.東京大学 大学院理学系研究科 宇宙惑星科学機構、3.北海道大学 創成研究機構、4.宇宙航空研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[PCG23-08] Birth-place of comet 17P/Holmes from its mass fractions of minerals

★Invited Papers

*新中 善晴[1]、大坪 貴文[2]、河北 秀世[1]、山口 充[1]、本田 充彦[3]、渡部 潤一[4] (1.京都産業大学、2.宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、3.久留米大学、4.国立天文台)

11:15 ~ 11:30

[PCG23-09] 「あかり」中間赤外線分光観測による異なる母天体起源の惑星間塵の性質比較

*高橋 葵[1]、大坪 貴文[2]、松原 英雄[2]、臼井 文彦[3]、左近 樹[4]、茅原 弘毅[5] (1.総合研究大学院大学、2.JAXA宇宙科学研究所、3.神戸大学、4.東京大学、5.大阪産業大学)

11:30 ~ 11:45

[PCG23-10] アモルファスMg_2SiO_4微粒子を覆った氷の光化学反応によるフォルステライト結晶の生成

*香内 晃[1]、木村 勇気[1]、大場 康弘[1]、羽馬 哲也[1]、渡部 直樹[1]、橘 省吾[2]、土山 明[3]、延寿 里美[3]、大坪 貴文[4] (1.北海道大学低温科学研究所、2.東京大学理学系研究科、3.京都大学理学研究科、4.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[PCG23-11] 誘導熱プラズマ装置を用いたFe-Mg-Si-O-S系での凝縮実験：GEMS形成環境の解明に向けて

*延寿 里美[1]、河野 颯[1]、小牧 久[2]、土山 明[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.日本電子株式会社)

12:00 ~ 12:15

[PCG23-12] 外側太陽系におけるニオブ-92の初生存在度

*日比谷 由紀[1,2]、飯塚 毅[2]、榎本 葉月[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大学院理学系研究科)

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

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

[A-AS06] ミクロスケール気象の稠密観測・数値モデリングの新展開

コンビーナ:伊藤 純至(東京大学大気海洋研究所)、荒木 健太郎(気象研究所)、古本 淳一(京都大学生存圏研究所)、東 邦昭(京都大学生存圏研究所・メトロウェザー株式会社)、座長:伊藤 純至(東京大学)、荒木 健太郎(気象研究所)

13:45 ~ 14:00

[AAS06-01] 地上付近の直接詳細観測ための多点型地上観測システム

★招待講演

*楠 研一[1]、猪上 華子[1]、石津 尚喜[2]、藤原 忠誠[3] (1.気象研究所、2.アルファ電子／気象研究所、3.東日本旅客鉄道)

14:00 ~ 14:15

[AAS06-02] ドローン艦隊によるメソスケール定点気象観測アーキテクチャ

*矢口 勇一[1]、板羽 昌之[4]、中野 修三[3]、山岸 和彦[2]、五百部 達也[5] (1.会津大学、2.株式会社eロボティクス福島、3.株式会社東日本計算センター、4.株式会社日本環境調査研究所、5.五百部商事有限会社)

14:15 ~ 14:30

[AAS06-03] 地表光ファイバーケーブルとDASテクノロジーを使った稠密気象イベント観測の可能性

*木村 恒久[1] (1.シュルンベルジェ)

14:30 ~ 14:45

[AAS06-04] Case study of environmental conditions and cloud microphysical properties of winter convective clouds developed in the Kanto plain

*荒木 健太郎[1]、佐藤 晋介[2]、田尻 拓也[1] (1.気象研究所、2.情報通信研究機構)

14:45 ~ 15:00

[AAS06-05] 都市キャノピースキームSPUCを用いた数値シミュレーションによる首都圏の大気境界層構造の解析

*清野 直子[1] (1.気象研究所)

15:00 ~ 15:15

[AAS06-06] 瞬時的な風速に適用可能な接地境界層モデルの深層学習による構築

*伊藤 純至[1,2]、毛利 英明[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象研究所)

[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 | 303 3F

[A-OS21] インド洋域の物理・生物地球化学・生態系と相互連関

コンビーナ:升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、齊藤 宏明(東京大学大気海洋研究所)、植木 巌(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、座長:升本 順夫

15:30 ~ 15:45

[AOS21-01] Coastal upwelling events and barrier layer observed along the southwestern coast of Sumatra

*堀井 孝憲[1]、植木 巌[1]、安藤 健太郎[1] (1.海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)

15:45 ~ 16:00

[AOS21-02] Mechanisms of the sea surface temperature cooling in the Somalia-Oman upwelling region during the summer monsoon

*久住 空広[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、升本 順夫[1] (1.東京大学)

16:00 ~ 16:15

[AOS21-03] インド洋南東部の中規模渦の生成機構

*松田 拓朗[1]、升本 順夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[AOS21-04] 東部インド洋における物理・生物地球化学・生態系の統合的研究に関する白鳳丸観測航海(KH-18-6)の概要

*升本 順夫[1]、齊藤 宏明[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京大学大気海洋研究所)

16:30 ~ 16:45

[AOS21-05] 東部インド洋における蛍光性溶存有機物の分布と光分解性

*武田 重信[1] (1.長崎大学)

16:45 ~ 17:00

[AOS21-06] Observed subsurface Chlorophyll maximum in the tropical eastern Indian Ocean during KH18-6 Leg3 cruise

*植木 巌[1]、笹岡 晃征[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[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

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

[A-CG43] 気候変動への適応とその社会実装

コンビーナ:石川 洋一(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)、大楽 浩司(防災科学技術研究所)、座長:大楽 浩司(防災科学技術研究所)、石川 洋一(海洋研究開発機構)

9:00 ~ 9:15

[ACG43-01] **チャオプラヤ川上流域において温暖化と植林が流出と蒸発散に及ぼす影響**

*高田 久美子[1]、花崎 直太[1] (1.国立環境研究所)

9:15 ~ 9:30

[ACG43-02] 高解像RCM実験の情報を用いたハイブリッドダウンスケーリングと降雨流出氾濫モデルによる河川水位・氾濫リスク評価

*若月 泰孝[1,2]、阿部 紫織[4]、中村 要介[3,4] (1.国立大学法人茨城大学、2.海洋研究開発機構、3.土木研究所、4.三井共同建設コンサルタント)

9:30 ~ 9:45

[ACG43-03] 企業の適応策検討支援を目的とした世界水リスク評価ツールの開発：近似ベイズ計算による全球水資源モデルのパラメータ同定

*花崎 直太[1] (1.国立環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG43-04] 日本周辺のSI-CAT海洋プロダクトの検証

*山中 吾郎[1]、中野 英之[1]、坂本 圭[1]、豊田 隆寛[1]、浦川 昇吾[1]、辻野 博之[1]、西川 史朗[2]、若松 剛[2,3,4]、石川 洋一[2] (1.気象庁気象研究所、2.海洋研究開発機構、3.ナンセン環境リモートセンシングセンター、4.ビヤークネス気候研究センター)

10:00 ~ 10:15

[ACG43-05] Downscaling and Reanalysis of Coastal Current System on the Ibaraki Coast with Included Freshwater Impact

*Josko Troselj[1]、Yuki Imai[2]、Junichi Ninomiya[3]、Nobuhito Mori[1] (1.Coastal Engineering Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University、2.Graduate School of Engineering, Kyoto University、3.Kanazawa University)

10:15 ~ 10:30

[ACG43-06] 近未来の温暖化環境下における黒潮域のマイワシ資源量予測

*西川 悠[1]、西川 史朗[1]、若松 剛[2,3]、石川 洋一[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.Nansen Environmental and Remote Sensing Center、3.Bjerknes Center for Climate Research)

[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

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

[A-CG43] 気候変動への適応とその社会実装

コンビーナ:石川 洋一(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)、大楽 浩司(防災科学技術研究所)、座長:石川 洋一(海洋研究開発機構)、大楽 浩司(防災科学技術研究所)

15:30 ~ 15:45

[ACG43-07] Recent progress of Japan’s regional downscaling project (SI-CAT) and CORDEX Asia Empirical-Statistical Downscaling (ESD)

*大楽 浩司[1] (1.防災科学技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[ACG43-08] 北海道における気候変動に伴う洪水リスクの変化

*星野 剛[1]、山田 朋人[1]、Dzung Nguyen-Le[1]、稲津 將[1]、佐藤 友徳[1]、川瀬 宏明[2] (1.北海道大学、2.気象研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG43-09] Intensification of sub-daily and daily rainfall extremes from densely distributed records for Japan

*渡辺 恵[1]、吉川 沙耶花[1]、鼎 信次郎[1] (1.東京工業大学環境・社会理工学院)

16:15 ~ 16:30

[ACG43-10] 大規模アンサンブル気候データの効率的な解析に向けたコンテンツベース検索システム

*中川 友進[1]、川原 慎太郎[1]、荒木 文明[1]、松岡 大祐[1]、石川 洋一[1]、藤田 実季子[1]、杉本 志織[1]、岡田 靖子[1]、川添 祥[1]、渡辺 真吾[1]、石井 正好[2]、水田 亮[2]、村田 昭彦[2]、川瀬 宏明[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.気象庁気象研究所)

16:30 ~ 16:45

[ACG43-11] アンサンブル気候予測データベースd4PDFを活用した四国での気候変動影響評価

*吉村 耕平[1]、那須 清吾[1]、Sanchez Patricia[2] (1.高知工科大学、2.フィリピン大学ロス バニョス校)

16:45 ~ 17:00

[ACG43-12] 気候変動に対する土砂災害適応策に向けた警戒区域のリスク定量化

*川越 清樹[1]、齋藤 洋介[1]、鈴木 皓達[1] (1.福島大学)

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

15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[H-GG02] 自然資源・環境の利用・変化・管理：社会科学と地球科学の接点

コンビーナ:大月 義徳(東北大学大学院理学研究科地学専攻環境地理学講座)、上田 元(一橋大学・大学院社会学研究科)、古市 剛久(北海道大学理学研究院)、佐々木 達(宮城教育大学)、座長:大月 義徳、上田 元

15:30 ~ 15:45

[HGG02-01] 火山ガラスのWDS分析に基づく土器の生産地同定
～中米・エルサルバドル、チャルチュアパ周辺地域のウスルタン式土器の分析事例～

*北村 繁[1]、村野 正景[2] (1.弘前学院大学社会福祉学部、2.京都文化博物館)

15:45 ~ 16:00

[HGG02-02] Preliminary magnetic biomonitoring study of the spatial distribution of roadside pollution using *Cryptomeria japonica* tree bark

*澤田 渚[1]、川崎 一雄[1] (1.富山大学)

16:00 ~ 16:15

[HGG02-03] Preliminary environmental magnetic results from heavy metal contamination around the Erdenet Cu-Mo deposit, Mongolia.

*川崎 一雄[1]、砺波 竜樹[2]、ツェツェゲー ソロンゴ[3]、ガンフレル バーサンスレン[3]、福士 圭介[4] (1.富山大学大学院理工学研究部（都市デザイン学）、2.富山大学理学部地球科学科、3.金沢大学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター)

16:15 ~ 16:30

[HGG02-04] 自然資源・環境としての土砂と土砂移動

*古市 剛久[1]、若狭 幸[2]、水垣 滋[3]、布川 雅典[3] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.秋田大学大学院国際資源学研究科、3.土木研究所寒地土木研究所)

16:30 ~ 16:45

[HGG02-05] 牡蠣養殖業より発生する竹廃材の地域資源化の試み

*西城 潔[1] (1.宮城教育大学)

16:45 ~ 17:00

[HGG02-06] 宮城県大崎市における世界農業遺産の認定とその地域的影響

*佐々木 達[1] (1.宮城教育大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-QR 第四紀学

10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[H-QR05] 第四紀：ヒトと環境系の時系列ダイナミクス

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)、池原 研(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、兵頭 政幸(神戸大学　内海域環境教育研究センター)、座長:池原 研(産総研)、青木 かおり

10:45 ~ 11:00

[HQR05-01] 地震による海底の擾乱とイベント堆積物の形成：海底堆積物を用いた地震履歴の解明に適した場所はどこか？

★招待講演

*池原 研[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

11:00 ~ 11:15

[HQR05-02] 珪藻遺骸群集を指標とした巨大津波襲来時における気仙沼湾における急激な環境変動とその後の環境復旧過程の復元

*鹿島 薫[1]、塩見 良三、福本 侑[3]、原口 強[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.大阪市立大学大学院理学研究科、3.立命館大学)

11:15 ~ 11:30

[HQR05-03] **Niger Delta dynamic phase in the Gulf of Guinea during the last 20 ka: Panacea for the sustainable development of the region**

*Onema Christopher Adojoh[1]、Marret-Davies Fabienne[2]、Tetsuji Muto[3] (1.Missouri Univetrsity of Science and Technology, Rolla, USA, Dept of Geoscience, Geological and Petroleum Engineering, 1400 North Bishop, Post Code 65401、2.School of Environmental Sciences, University of Liverpool, L69 7ZT, UK、3.Nagasaki University, Japan, Dept of Environmental Science and Fisheries, 1-14 Bunkyomachi, Nagasaki, 8528521)

11:30 ~ 11:45

[HQR05-04] 関東平野東縁にMIS 5a-c海成段丘は存在するか？

★招待講演

*田村 亨[1,2]、岡崎 浩子[3]、中里 裕臣[4]、納谷 友規[1]、中島 礼[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.東京大学新領域創成科学研究科、3.千葉県立中央博物館、4.農研機構)

11:45 ~ 12:00

[HQR05-05] 房総沖掘削コアC9010Eに介在するテフラ層序－速報として－

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、村田 昌則[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京火山災害研究センター)

12:00 ~ 12:15

[HQR05-06] 久慈川上流部棚倉付近における第四紀後期の河成段丘と河川争奪について

*加藤 佑一[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-QR 第四紀学

13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[H-QR05] 第四紀：ヒトと環境系の時系列ダイナミクス

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)、池原 研(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、兵頭 政幸(神戸大学　内海域環境教育研究センター)、座長:小荒井 衛(茨城大学)、納谷 友規(産業技術総合研究所)

13:45 ~ 14:00

[HQR05-07] 宗像市沖ノ島の地形の特徴

*黒木 貴一[1] (1.福岡教育大学教育学部)

14:00 ~ 14:15

[HQR05-08] 東京台地部・低地部の地形・地質の再検討:大量ボーリング解析と精密地形解析に基づく

★招待講演

*遠藤 邦彦[1]、杉中 佑輔[2]、堀 伸三郎[2]、須貝 俊彦[3]、鈴木 毅彦[4]、石綿 しげ子、上杉 陽、近藤 玲介[5]、千葉 達朗[6]、中山 俊雄[7]、大里 重人[8]、野口 真利江[9]、佐藤 明夫[3]、竹村 貴人[10] (1.日本大学、2.計算力学研究センター、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科、4.首都大学東京都市環境学部、5.皇學館大学教育開発センター、6.アジア航測、7.東京都土木技術支援・人材育センター、8.土質リサーチ、9.パレオ・ラボ、10.日本大学文理学部)

14:15 ~ 14:30

[HQR05-09] 武蔵野台地西縁部で観察される青梅層の堆積学的特徴

*宇津川 喬子[1]、白井 正明[2]、加藤 寛佳[2]、加藤 早百合[3] (1.立正大学地理学科、2.首都大学東京地理学教室、3.羽村市)

14:30 ~ 14:45

[HQR05-10] 東京層の層序の再検討：北区中央公園コアの再解析

*納谷 友規[1]、坂田 健太郎[1]、中澤 努[1]、鈴木 毅彦[2]、中山 俊雄[3] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.首都大学東京都市環境学部、3.東京都土木技術支援・人材育成センター)

14:45 ~ 15:00

[HQR05-11] “ローム台地”のS波速度構造と地盤震動特性：宇都宮市東部地域を例に

★招待講演

*中澤 努[1]、長 郁夫[1]、坂田 健太郎[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

15:00 ~ 15:15

[HQR05-12] 1948 年福井地震の液状化分布と微地形分類との関係−液状化ハザードマップの改善に向けて−

*谷 はるか[1]、宍倉 正展[2] (1.法政大学、2.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 104 1F

[H-CG30] 内陸地震と原子力発電所の安全性

コンビーナ:末次 大輔(海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)、金嶋 聰(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、鷺谷 威(名古屋大学減災連携研究センター)、寿楽 浩太(東京電機大学工学部人間科学系列)、座長:末次 大輔、寿楽 浩太

15:30 ~ 15:45

[HCG30-01] 日本列島下の地震発生層の厚さと内陸地震

*中島 淳一[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:45 ~ 16:00

[HCG30-02] 原発の安全規制における活断層評価の課題

*鈴木 康弘[1] (1.名古屋大学)

16:00 ~ 16:15

[HCG30-03] 断層が長いほど地震動は大きいのか？ - 地表断層と潜在断層による地震動-

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

16:15 ~ 16:30

[HCG30-04] 内陸地殻内地震に対する原子力発電所の安全性と「理学・工学問題」

*石橋 克彦[1] (1.神戸大学名誉教授)

16:30 ~ 16:45

[HCG30-05] 原子力発電所の地震安全確保の要件

*糸井 達哉[1] (1.国立大学法人　東京大学)

16:45 ~ 17:00

[HCG30-06] 大飯原子力発電所の強震動

*島崎 邦彦[1] (1.東京大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[H-CG32] 堆積・侵食・地形発達プロセスから読み取る地球表層環境変動

コンビーナ:清家 弘治(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、山口 直文(茨城大学　広域水圏環境科学教育研究センター)、成瀬 元(京都大学大学院理学研究科)、高柳 栄子(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:清家 弘治

13:50 ~ 14:20

[HCG32-01] Long-term beach observation and future shoreline prediction

★Invited Papers

*伴野 雅之[1] (1.国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所)

14:20 ~ 14:35

[HCG32-02] 大阪湾の海底に見られるサンドウェーブの移動

*小島 響[1]、松野 哲男[2,3]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、遠藤 徳孝[4]、大串 健一[1]、谷 篤史[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科、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、4.金沢大学　理工研究域地球社会基盤学系)

14:35 ~ 14:50

[HCG32-03] 火星のガリー・ローブ状地形の逆解析：２次元フェルミ流体モデルからの検討

納村 恭平[1]、*成瀬 元[1] (1.京都大学大学院理学研究科)

14:50 ~ 15:05

[HCG32-04] 石英粒子の形状と表面構造を利用した後背地推定のための検討

*板宮 裕実[1]、杉田 律子[1]、須貝 俊彦[2] (1.科学警察研究所、2.東京大学大学院)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 105 1F

[H-CG32] 堆積・侵食・地形発達プロセスから読み取る地球表層環境変動

コンビーナ:清家 弘治(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、山口 直文(茨城大学　広域水圏環境科学教育研究センター)、成瀬 元(京都大学大学院理学研究科)、高柳 栄子(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:高柳 栄子(東北大学)、清家 弘治

15:30 ~ 15:45

[HCG32-05] ベンガルファン堆積物における砕屑性重鉱物とNd-Sr同位体の特徴

*吉田 孝紀[1]、Cruz Jarrett[2]、M.C. Manoj [3]、葉田野 希[5]、France-Lanord Christian[4]、栗谷 豪[6] (1.信州大学理学部理学科地球学コース、2.フロリダ州立大学、3.Birbal Sahni Institute of Palaeosciences、4.CNRS- Universite de Lorraine、5.信州大学総合工学系研究科、6.北海道大学大学院理学研究院)

15:45 ~ 16:00

[HCG32-06] 北海道夕張地域中新統川端層のBoumaシークエンスを示す混濁流堆積層の有機物分析による植物片濃集機構の解明

*朝日 啓泰[1]、風呂田 郷史[2]、沢田 健[3] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

16:00 ~ 16:15

[HCG32-07] タービダイトに記録された前弧海盆の沈降変遷: 鮮新-更新統掛川層群

*曾根 明樹[1] (1.島根大学大学院　自然科学研究科　環境システム科学専攻　地球科学コース)

16:15 ~ 16:30

[HCG32-08] Most benthos floats up in liquefied sandy substrates: quantitative evaluation by measuring living-organism density

*清家 弘治[1]、佐々 真志[2]、白井 厚太朗[3]、窪田 薫[4] (1.産業技術総合研究所・地質調査総合センター、2.Port and Airport Institute、3.東京大学大気海洋研究所、4.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 202 2F

[H-CG33] 圏外環境における閉鎖生態系と生物システム

コンビーナ:富田ー横谷 香織(筑波大学生命環境系)、篠原 正典(帝京科学大学)、木村 駿太(筑波大学大学院生命環境科学研究科)、座長:木村 駿太

15:32 ~ 15:47

[HCG33-01] 閉鎖生態系における生物システム

*富田ー横谷 香織[1] (1.筑波大学生命環境系)

15:47 ~ 16:07

[HCG33-02] 宇宙における水産養殖の概念と研究 ―これまで、そしてこれから―
★招待講演

*遠藤 雅人[1] (1.東京海洋大学)

16:07 ~ 16:27

[HCG33-03] 酸化ストレスから身体を守る生体内ガス状シグナル伝達物質
★招待講演

*吉田 滋樹[1] (1.国立大学法人　筑波大学)

16:27 ~ 16:42

[HCG33-04] 宇宙居住における健康維持ための栄養摂取と食材選択に関する検討

*木村 靖子[1]、木村 駿太[2,3]、加藤 浩[4]、富田ー横谷 香織[2] (1.十文字学園女子大学、2.筑波大学、3.東京大学、4.三重大学)

16:42 ~ 16:57

[HCG33-05] 合理的楽観主義は”閉鎖生態系”地球でどこまで通用するのか　～人類が持続可能な生存を続けるために必要なこと～

*篠原 正典[1] (1.帝京科学大学)

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

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:林 能成(関西大学社会安全学部)、具 典淑(株式会社大崎総合研究所)

9:00 ~ 9:15

[SSS13-01] 三次元弾塑性解析を用いたRiedelせん断の形成に及ぼすjogの逸脱量の影響に関する検討

*豊田 智大[1]、野田 利弘[2]、山田 正太郎[1]、浅岡 顕[3] (1.名古屋大学大学院　工学研究科、2.名古屋大学　減災連携研究センター、3.地震予知総合研究振興会)

9:15 ~ 9:30

[SSS13-02] 地震学者を対象とした南海トラフ地震の事前予測の可能性に関するアンケート調査

*林 能成[1] (1.関西大学社会安全学部)

9:30 ~ 9:45

[SSS13-03] プレート三重会合点付近の地震により東京湾岸で観測される長周期地震動

*植竹 富一[1] (1.東京電力ホールディングス株式会社　経営技術戦略研究所　技術開発部)

9:45 ~ 10:00

[SSS13-04] **Time-frequency and engineering characteristics on offshore ground motion**

*CHEN Su[1]、FU Lei[1]、LI Xiaojun[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

10:00 ~ 10:15

[SSS13-05] **Long-period Ground Motion from Hypothetical Megathrust Earthquakes along the Nankai Through using the Ambient Seismic Field**

*Loic Viens[1]、Tomotaka Iwata[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

10:15 ~ 10:30

[SSS13-06] 断層破壊が地表まで達するプレート境界地震の断層モデルの設定方法による南海トラフ巨大地震の断層モデルおよび強震動評価

*具 典淑[1]、藤原 広行[2]、森川 信之[2] (1.株式会社　大崎総合研究所、2.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

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:倉橋 奨(愛知工業大学大学院工学研究科)、是永 将宏(公益財団法人鉄道総合技術研究所)

10:45 ~ 11:00

[SSS13-07] One cause of the strong ground motion characteristics in Mukawa town during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*高井 伸雄[1]、重藤 迪子[2]、前田 宜浩[3]、一柳 昌義[1]、高橋 浩晃[1] (1.北海道大学、2.九州大学、3.防災科学技術研究所)

11:00 ~ 11:15

[SSS13-08] 2018年北海道胆振東部地震（Mw6.6）の強震動生成域震源モデルの構築

*倉橋 奨[1]、入倉 孝次郎[1] (1.愛知工業大学)

11:15 ~ 11:30

[SSS13-09] 布田川断層帯・日奈久断層帯を震源断層とした強震動予測（１）－対象地域での新たな深部地盤構造モデルの作成－

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1]、吉見 雅行[2]、三宅 弘恵[3]、関口 春子[1]、松島 信一[1]、川瀬 博[1]、長嶋 史明[1]、山中 浩明[4]、地元 孝輔[4]、山田 伸之[5]、神野 達夫[6]、重藤 迪子[6]、先名 重樹[7]、前田 宜浩[7]、若井 淳[7]、岩城 麻子[7]、神 薫[9]、竿本 英貴[2]、津野 靖士[8]、是永 将宏[8]、杉山 長志、鈴木 晴彦[9]、松山 尚典[9]、眞鍋 俊平[9]、谷田貝 淳[9]、岡本 茂[10]、末廣 匡基[10] (1.京都大学防災研究所、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.東京大学大学院情報学環／地震研究所、4.東京工業大学環境・社会理工学院、5.高知大学、6.九州大学大学院人間環境学研究院、7.国立研究開発法人防災科学技術研究所、8.公益財団法人鉄道総合技術研究所、9.応用地質株式会社、10.株式会社阪神コンサルタンツ)

11:30 ~ 11:45

[SSS13-10] 布田川断層帯・日奈久断層帯を震源断層とした強震動予測（２）－強震動予測－

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、三宅 弘恵[3]、関口 春子[1]、松島 信一[1]、川瀬 博[1]、長嶋 史明[1]、山中 浩明[4]、地元 孝輔[4]、山田 伸之[5]、神野 達夫[6]、重藤 迪子[6]、先名 重樹[7]、前田 宜浩[7]、岩城 麻子[7]、神 薫[7]、竿本 英貴[2]、津野 靖士[8]、是永 将宏[8]、眞鍋 俊平[9]、鈴木 晴彦[9]、松山 尚典[9]、谷田貝 淳[9] (1.京都大学防災研究所、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.東京大学大学院情報学環／地震研究所、4.東京工業大学環境・社会理工学院、5.高知大学、6.九州大学大学院人間環境学研究院、7.国立研究開発法人防災科学技術研究所、8.公益財団法人鉄道総合技術研究所、9.応用地質株式会社)

11:45 ~ 12:00

[SSS13-11] 2016年熊本地震被災地益城町安永地区における地盤建物被害調査

*稲崎 富士[1]、小河原 敬徳[1]、木佐貫 寛[2] (1.土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ、2.土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）))

12:00 ~ 12:15

[SSS13-12] 地中地震計データを用いた熊本平野の地震動特性に対する浅部地盤構造の影響評価

*是永 将宏[1]、津野 靖士[1]、山中 浩明[2]、地元 孝輔[2] (1.公益財団法人鉄道総合技術研究所、2.東京工業大学環境・社会理工学院)

[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 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:笠松 健太郎(鹿島建設株式会社)、引間 和人(東京電力ホールディングス株式会社)

13:45 ~ 14:00

[SSS13-13] 中小地震が励起した大振幅地震動の発生要因
～2013年栃木県北部の地震（Mj6.3）のKiK-net栗山西の検討～

*笠松 健太郎[1]、加藤 研一[2]、渡辺 哲史[2]、塩田 哲生[3] (1.鹿島建設、2.小堀鐸二研究所、3.四国電力)

14:00 ~ 14:15

[SSS13-14] 震度インバージョン解析に基づく1923年関東地震の震源モデルの構築と首都圏の強震動評価

*鈴木 文乃[1]、加藤 研一[1]、神田 克久[1]、池田 孝[1] (1.小堀鐸二研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS13-15] フリングステップを含む強震動を計算するための簡便な震源モデル－2016年熊本地震本震の場合

*野津 厚[1]、長坂 陽介[1]、呉 双蘭[1] (1.港湾空港技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SSS13-16] Fling-steps displacements by the discrete wavenumber method

*SHUANGLAN WU[1]、Atsushi Nozu[1]、Yosuke Nagasaka[1] (1.PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE)

14:45 ~ 15:00

[SSS13-17] 地表地震断層近傍の長周期地震動評価のための特性化震源モデルの拡張

*入倉 孝次郎[1]、倉橋 奨[1]、松元 康広[2] (1.愛知工業大学、2.構造計画研究所（株）)

15:00 ~ 15:15

[SSS13-18] 2014年長野県北部の地震(M_J6.7)で生じた地震被害の要因に関する考察　～強震動シミュレーションによる検討～

*引間 和人[1]、中村 亮一[2]、植竹 富一[1] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東京大学地震研究所)

[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 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:長坂 陽介(港湾空港技術研究所)、山田 真澄(京都大学防災研究所)

15:30 ~ 15:45

[SSS13-19] 2018年6月18日大阪府北部の地震の強震動シミュレーション

*長坂 陽介[1]、野津 厚[1] (1.港湾空港技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS13-20] **Strong Motion of the 2018 Mw 6.4 Hualien, Taiwan Earthquake and Its Impact on Seismic Design Code in Taiwan**

*Chun-Hsiang Kuo[1]、Jyun-Yan Huang[1]、Che-Min Lin[1]、Kuo-Liang Wen[2] (1.NCREE National Center for Research on Earthquake Engineering of Taiwan、2.NCU National Central University)

16:00 ~ 16:15

[SSS13-21] Simulation of Rupture Directivity Effect for the February 6, 2018 Hualien, Taiwan Earthquake

*Cheng-Feng Wu[1]、Huey-Chu Huang[1] (1.Department of Earth and Environmental Sciences, National Chung Cheng University)

16:15 ~ 16:30

[SSS13-22] 2018年台湾花蓮地震の地震動と花蓮市の地盤構造推定

*山田 真澄[1]、長 郁夫[2]、郭 俊翔[3]、林 哲民[3]、宮腰 研[4]、郭 雨佳[4]、林田 拓己[5]、松元 康広[6]、Mori James[1]、顔 銀桐[7]、郭 耕杖[8] (1.京都大学防災研究所、2.産業技術総合研究所、3.国家地震工程研究中心、4.地域地盤環境研究所、5.建築研究所、6.構造計画研究所、7.中興公司、8.国立高雄科技大学)

16:30 ~ 16:45

[SSS13-23] **Effect of Near Surface Geology on the Recorded Ground Motion of the Nepal Earthquake in Kumaon Himalaya**

*SOHAN LAL[1]、Anand Joshi[1]、M.L. Sharma[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

16:45 ~ 17:00

[SSS13-24] ヒマラヤ衝突帯における広帯域震源モデル構築

*三宅 弘恵[1]、Babita Sharma[2]、纐纈 一起[1]、Soma Nath Sapkota[3] (1.東京大学地震研究所、2.National Centre for Seismology, Ministry of Earth Sciences, India、3.Department of Mine and Geology, Nepal)

[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 | A03 東京ベイ幕張ホール

[S-SS16] 地殻変動

コンビーナ:大園 真子(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、落 唯史(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)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:田中 愛幸(東京大学理学系研究科)、加納 将行(東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻)

9:00 ~ 9:15

[SSS16-01] GEONET新解析ストラテジの開発

*撹上 泰亮[1]、阿部 聡[1]、大橋 和幸[1]、濱崎 英夫[1]、田中 和之[1]、川元 聡[1]、畑中 雄樹[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:15 ~ 9:30

[SSS16-02] 西南日本前弧ウエッジの変形と1707年宝永地震の関係

*岡村 行信[1]、宍倉 正展[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

9:30 ~ 9:45

[SSS16-03] 1970年代の傾斜記録に基づく紀伊半島でのスロースリップイベントの可能性

*加納 将行[1]、加納 靖之[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS16-04] The effect of the steady plate subduction in the case of southwest Japan

*岩瀬 裕斗[1]、伊藤 武男[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

10:00 ~ 10:15

[SSS16-05] 沈み込むプレート境界面における力学的カップリングモデルの構築

*木村 洋[1]、伊藤 武男[1]、田所 敬一[1]、篠島 僚平[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.京都大学防災研究所附属 地震予知研究センター)

10:15 ~ 10:30

[SSS16-06] 光格子時計を利用した上下変動のモニタリング―相対論的測地学の応用

*田中 愛幸[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3] (1.東京大学理学系研究科、2.東京大学地震研究所、3.国立天文台水沢VLBI観測所)

[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 | A03 東京ベイ幕張ホール

[S-SS16] 地殻変動

コンビーナ:大園 真子(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、落 唯史(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)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:姫松 裕志(北海道大学大学院理学院)、向井 厚志(福山市立大学都市経営学部)

10:45 ~ 11:00

[SSS16-07] SARで捉えた2016年熊本地震の前後の地表変動

*橋本 学[1] (1.京都大学防災研究所)

11:00 ~ 11:15

[SSS16-08] ALOS-2/PALSAR-2データによる2016年熊本地震に伴う地震時・地震後地殻変動の比較

*姫松 裕志[1]、古屋 正人[1] (1.北海道大学大学院理学院)

11:15 ~ 11:30

[SSS16-09] GNSS観測に基づく2016年熊本地震 (M7.3) の余効変動時系列解析

*不破 智志[1]、大園 真子[1] (1.北海道大学)

11:30 ~ 11:45

[SSS16-10] 上部地殻でのマグマ流入出に対する粘弾性地殻の応答：1914年桜島噴火前後の姶良カルデラの隆起について

*山崎 雅[1]、Freysteinn Sigmundsson[2]、井口 正人[3] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.アイスランド大学ノルディック火山センター、3.京都大学防災研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS16-11] 万福寺断層の断層破砕帯における地下水流動の年周変化を制御する要因

*向井 厚志[1]、大塚 成昭[2]、福田 洋一[3] (1.福山市立大学都市経営学部、2.神戸学院大学人文学部、3.京都大学大学院理学研究科)

[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 | A03 東京ベイ幕張ホール

[S-SS16] 地殻変動

コンビーナ:大園 真子(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、落 唯史(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)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:田部井 隆雄(高知大学理工学部地球環境防災学科)、伊藤 武男

13:45 ~ 14:00

[SSS16-12] 褶曲の発達に伴う台湾南西部の急速な上下変動

*竹井 義貴[1]、高田 陽一郎[2] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院)

14:00 ~ 14:15

[SSS16-13] ヒマラヤ前縁帯の地震ポテンシャル評価に向けたネパール国内のGNSS観測システムの構築

*田部井 隆雄[1]、大園 真子[2]、纐纈 一起[3]、三宅 弘恵[3]、Rajendra Bhandari[4]、Janak B. Chand[4]、Bishow R. Silwal[4]、Soma N. Sapkota[4] (1.高知大学理工学部地球環境防災学科、2.北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター、3.東京大学地震研究所、4.ネパール鉱山地質局)

14:15 ~ 14:30

[SSS16-14] The kinematic model along the Sumatran fault using a new dense GNSS observation (AGNeSS+) in Banda Aceh

*伊藤 武男[1]、田部井 隆雄[2]、木股 文昭[3]、大久保 慎人[2]、山品 匡史[2]、Cecep Pratama[4]、Didik Sugiyanto[5]、Mukusin Umar[5]、Nazli Ismail[5]、Irwandi Nurdin[5] (1.名古屋大学、2.高知大学、3.東濃地震科学研究所、4.ガジャマダ大学、5.シアクラ大学)

14:30 ~ 14:45

[SSS16-15] Mechanical modeling of interseismic deformation in the Central Andes: implications for back-arc shortening

*Shaoyang Li[1,2]、Fuqiang Shi[3]、Marcos Moreno[4]、Jun'ichi Fukuda[1] (1.Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, Japan、2.Department of Earth and Environmental Sciences, The University of Iowa, Iowa City, IA, USA、3.Shaanxi Earthquake Agency, Xi'an, China、4.Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile)

14:45 ~ 15:00

[SSS16-16] Inferring regional stress field based on SAR analysis and dynamic simulation of the 2018 Palu earthquake

*横田 貴史[1]、安藤 亮輔[1]、青木 陽介[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京大学地震研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-EM 固体地球電磁気学

9:00 ~ 10:30 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-EM18] 地磁気・古地磁気・岩石磁気

コンビーナ:清水 久芳(東京大学地震研究所)、佐藤 雅彦(東京大学地球惑星科学専攻学専攻)、座長:佐藤 雅彦(東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、馬場 章(山梨県富士山科学研究所)

9:00 ~ 9:15

[SEM18-01] 古地磁気学的手法を用いた富士火山，宝永山の形成過程の解明

*馬場 章[1]、渋谷 秀敏[2]、藤井 敏嗣[1]、千葉 達朗[3] (1.山梨県富士山科学研究所、2.熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門地球環境科学分野、3.アジア航測株式会社)

9:15 ~ 9:30

[SEM18-02] 富士山溶岩を用いた5〜9世紀の古地磁気強度の復元

小松 弘路[2]、*畠山 唯達[1,4]、馬場 章[3] (1.岡山理科大学情報処理センター、2.岡山理科大学生物地球学部、3.山梨県富士山科学研究所、4.岡山理科大学大学院生物地球科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SEM18-03] 東アジアにおける西暦200 年から1100 年の3 次元考古地磁気永年変化曲線の復元

*北原 優[1]、西山 大樹[2]、大野 正夫[1]、山本 裕二[3]、畠山 唯達[4] (1.九州大学 大学院 比較社会文化研究院、2.高知大学 理学部、3.高知大学 海洋コア総合研究センター、4.岡山理科大学 情報処理センター)

9:45 ~ 10:00

[SEM18-04] 千葉複合セクションから得られた松山ーブルン境界およびその周辺の高解像度古地磁気変動記録

*岡田 誠[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4] (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)

10:00 ~ 10:15

[SEM18-05] 黒部川花崗岩を取り巻くブルンー松山接触変成帯

*福間 浩司[1]、伊藤 久敏[2]、竹原 真美[3]、山田 隆二[4]、久保 貴志[5] (1.同志社大学理工学部環境システム学科、2.電力中央研究所、3.国立極地研究所、4.防災科学技術研究所、5.まいぶんKAN)

10:15 ~ 10:30

[SEM18-06] 東赤道太平洋 IODP Site U1335 堆積物の古地磁気学的研究 ー 過去800万年間の相対古地磁気強度と伏角異常

*山本 裕二[1]、山崎 俊嗣[2] (1.高知大学 海洋コア総合研究センター、2.東京大学大気海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-EM 固体地球電磁気学

10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-EM18] 地磁気・古地磁気・岩石磁気

コンビーナ:清水 久芳(東京大学地震研究所)、佐藤 雅彦(東京大学地球惑星科学専攻学専攻)、座長:北原 優(九州大学大学院比較社会文化研究院)、清水 久芳(東京大学地震研究所)

10:45 ~ 11:00

[SEM18-07] 超伝導岩石磁力計のセンサー感度曲線の推定と校正

*小田 啓邦[1]、Chuang Xuan[2] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.サザンプトン大学)

11:00 ~ 11:15

[SEM18-08] ポケットサイズの磁気回路を用いた反磁性粒子および常磁性粒子の磁気分離と物質同定

*植田 千秋[1] (1.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻)

11:15 ~ 11:30

[SEM18-09] Experimental evaluation of remanence carriers in coercivity-blocking temperature diagram

*佐藤 雅彦[1]、寺田 卓馬[2]、望月 伸竜[3]、伊藤 理子[2]、綱川 秀夫[2] (1.東京大学、2.東京工業大学、3.熊本大学)

11:30 ~ 11:45

[SEM18-10] **磁鉄鉱離溶相と斜長石結晶に関する鉱物学的研究**

*田村 裕二郎[1]、中田 亮一[2]、佐藤 雅彦[3]、山本 伸次[4] (1.横浜国立大学環境情報学府自然環境専攻、2.海洋研究開発機構高知コア研究所、3.東京大学地球惑星科学専攻、4.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

11:45 ~ 12:00

[SEM18-11] レス中白雲母が含有する大量の磁鉄鉱・赤鉄鉱ナノ粒子

*兵頭 政幸[1]、佐野 拓郎[2]、松本 恵[3]、瀬戸 雄介[2]、鈴木 康太[2]、楊 天水[4] (1.神戸大学内海域環境教育研究センター、2.神戸大学大学院理学研究科、3.東北大学大学院理学研究科、4.中国地質大学)

12:00 ~ 12:15

[SEM18-12] 磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離と磁気測定

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-EM 固体地球電磁気学

13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-EM18] 地磁気・古地磁気・岩石磁気

コンビーナ:清水 久芳(東京大学地震研究所)、佐藤 雅彦(東京大学地球惑星科学専攻学専攻)、座長:佐藤 雅彦(東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、清水 久芳(東京大学地震研究所)

13:45 ~ 14:05

[SEM18-13] 固有磁場が地球型惑星からの大気散逸に与える影響

★招待講演

*関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、乾 彰悟[1]、坂田 遼弥[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、David Brain[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.情報通信研究機構、4.コロラド大学ボルダー校 LASP)

14:05 ~ 14:20

[SEM18-14] Numerical modeling of a lunar dynamo and its long-term evolution

*兵藤 史[1]、高橋 太[2]、金嶋 聰[2]、清水 久芳[3]、綱川 秀夫[4] (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、3.東京大学地震研究所、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

14:20 ~ 14:40

[SEM18-15] Investigation of sub-grid scale (SGS) model in dynamo simulations with small Ekman and magnetic Prandtl numbers

★Invited Papers

*松井 宏晃[1] (1.Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis)

14:45 ~ 15:00

[SEM18-16] 有限領域内の運動学的ダイナモの成長率

*櫻庭 中[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

15:00 ~ 15:15

[SEM18-17] Detection of jerk-like magnetic field variation in a numerical dynamo model using wavelet analysis

*高橋 太[1]、眞鍋 佳幹[2] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学理学府地球惑星科学専攻)

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

9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC36] 火山・火成活動と長期予測

コンビーナ:及川 輝樹(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、長谷川 健(茨城大学理学部地球環境科学コース)、三浦 大助(大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻)、下司 信夫(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:三浦 大助、下司 信夫(産総研　活断層・火山研究部門)

9:00 ~ 9:15

[SVC36-01] ジルコンのU-Pb年代測定から推定される人類史上最大の噴火が起きたトバカルデラの噴火史

*伊藤 久敏[1] (1.一般財団法人電力中央研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC36-02] "箱根東京軽石噴火"の噴火準備過程

*辻原 諒[1,2]、小木曽 哲[1]、佐野 貴司[3]、石橋 秀巳[4] (1.京都大学大学院人間・環境学研究科、2.アジア航測株式会社、3.国立科学博物館、4.静岡大学理学部地球科学科)

9:30 ~ 9:45

[SVC36-03] 阿蘇中央火口丘群起源のテフラに含まれる鉱物のメルト包有物から推定したマグマ供給系の変遷

*永石 良太[1]、長谷中 利昭[2]、鳥井 真之[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.熊本大学大学院自然科学研究科、2.くまもと水循環・減災研究教育センター、3.東京大学地震研究所)

9:45 ~ 10:00

[SVC36-04] 洞爺カルデラ噴火をもたらしたマグマシステム

*東宮 昭彦[1]、後藤 芳彦[2]、檀原 徹[3]、デ・シルヴァ シャナカ[4] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.室蘭工業大学、3.(株) 京都フィッション・トラック、4.オレゴン州立大学)

10:00 ~ 10:15

[SVC36-05] Voluminous silicic magma formation for the 30 ka Aira catastrophic caldera-forming eruption: contributions of crust-derived mafic and felsic magmas

*西原 歩[1]、巽 好幸[2,1]、鈴木 桂子[2,1]、金子 克哉[1,2]、木村 純一[3]、常 青[3]、日向 宏伸[4]、宮崎 隆[3]、Bogdan Stefanov Vaglarov[3] (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.海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野、4.神戸市立垂水中学校)

10:15 ~ 10:30

[SVC36-06] 南阿蘇村立野に分布する先阿蘇溶岩の層序と化学組成

*十川 翔太[1]、長谷中 利昭[2]、鳥井 真之[2]、森 康[3] (1.熊本大学　自然科学教育部、2.熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター、3.北九州市立自然史・歴史博物館)

[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 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC36] 火山・火成活動と長期予測

コンビーナ:及川 輝樹(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、長谷川 健(茨城大学理学部地球環境科学コース)、三浦 大助(大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻)、下司 信夫(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:下司 信夫(産総研　活断層・火山研究部門)、三浦 大助

10:45 ~ 11:00

[SVC36-07] 空中重力偏差法探査からみたカルデラ構造

*二ノ宮 淳[1]、石川 弘真[1]、野上 俊介[1]、中里 佳央[1] (1.住鉱資源開発株式会社)

11:00 ~ 11:15

[SVC36-08] カルデラ形成噴火最初期の細粒流れ堆積物

*富島 千晴[1]、三浦 大助[1]、上澤 真平[2]、宮坂 瑞穂[3] (1.大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻、2.電力中央研究所　地球工学研究所　地圏科学領域、3.北海道大学大学院理学研究院)

11:15 ~ 11:30

[SVC36-09] 口永良部島で2018年12月から2019年1月に発生した火砕流の特徴

*古川 竜太[1]、及川 輝樹[1]、下司 信夫[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

11:30 ~ 11:45

[SVC36-10] 富士山の成因とフィリピン海プレートの形状

*原田 靖[1]、高橋 美優[1] (1.東海大学 海洋学部 海洋地球科学科)

11:45 ~ 12:00

[SVC36-11] 非地震性ベーリングスラブの沈み込みによるカムチャッカ最北端における島弧火成活動

*西澤 達治[1]、中村 仁美[2,3,4,5]、Tatiana Churikova[6,7]、Boris Gordeychik[6,8]、Maria Pevzner[9]、石塚 治[2,10]、岩森 光[3,4,11] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター、2.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、3.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系、5.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、6.ゲッティンゲン大学地球科学センター、7.ロシア科学アカデミー極東支部火山地震研究所、8.ロシア科学アカデミー実験鉱物研究所、9.ロシア科学アカデミー地質学研究所、10.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、11.東京大学地震研究所)

12:00 ~ 12:15

[SVC36-12] 東北日本弧地殻深部におけるマグマの酸化還元状態: 一の目潟マール産沈積岩捕獲岩からの制約

*津島 直哉[1]、中村 美千彦[1]、柳田 泰宏、吉田 武義[1] (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講座)

[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 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC36] 火山・火成活動と長期予測

コンビーナ:及川 輝樹(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、長谷川 健(茨城大学理学部地球環境科学コース)、三浦 大助(大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻)、下司 信夫(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:古川 竜太、及川 輝樹

13:45 ~ 14:00

[SVC36-13] キュリー温度以下における流紋岩溶岩の変形：神津島砂糠山溶岩

*神尾 匠真[1]、古川 邦之[2]、金丸 龍夫[3]、宇野 康司[1] (1.岡山大学、2.愛知大学、3.日本大学)

14:00 ~ 14:15

[SVC36-14] Evolution of magmatic chemistry for the Asama-Maekake volcano since 10ka revealed by whole-rock chemical analysis of pumice obtained by the trenching of air-fall tephra deposits

*高橋 正樹[1]、安井 真也[1]、金丸 龍夫[1] (1.日本大学文理学部地球科学科)

14:15 ~ 14:30

[SVC36-15] 恵山火山南麓の後期更新世―完新世テフラ堆積物：トレンチ調査結果報告

*三浦 大助[1]、古川 竜太[2]、荒井 健一[3] (1.大阪府立大学 大学院理学系研究科、2.産総研　活断層・火山研究部門、3.アジア航測)

14:30 ~ 14:45

[SVC36-16] 北海道東部，雌阿寒岳，1.4万年前の中マチネシリ噴火の噴火推移とマグマ供給系の変遷

*石毛 康介[1,2]、中川 光弘[1] (1.北海道大学大学院理学院、2.三菱マテリアル（株）)

14:45 ~ 15:00

[SVC36-17] 諏訪之瀬島火山におけるマグマ供給系と噴火・休止様式の変遷

*嶋野 岳人[1]、安田 敦[2] (1.常葉大学大学院環境防災研究科、2.東京大学地震研究所)

15:00 ~ 15:15

[SVC36-18] 三宅島火山における過去約2700年間のマグマ組成の変化

*下司 信夫[1]、及川 輝樹[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-TT 計測技術・研究手法

15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-TT44] 空中からの地球計測とモニタリング

コンビーナ:楠本 成寿(富山大学大学院理工学研究部(都市デザイン学))、小山 崇夫(東京大学地震研究所)、光畑 裕司(独立行政法人　産業技術総合研究所)、大熊 茂雄(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:楠本 成寿、小山 崇夫(東京大学 地震研究所 火山センター)、大熊 茂雄(産業技術総合研究所)、光畑 裕司(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

15:30 ~ 15:45

[STT44-01] マルチコプター型ドローンに搭載した磁力計による磁気探査の金属鉱床探査への適用例

★招待講演

*志賀 信彦[1]、原田 陽夫[1]、和田 一成[1] (1.三井金属資源開発株式会社)

15:45 ~ 16:00

[STT44-02] 航空写真画像の深層学習を用いた地震による建物被害判別手法の汎化にむけた開発

★招待講演

*内藤 昌平[1]、友澤 弘充[2]、森 悠史[2]、門馬 直一[3]、中村 洋光[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.みずほ情報総研株式会社、3.株式会社パスコ)

16:00 ~ 16:15

[STT44-03] 紀伊山系の岩盤クリープ斜面での空中電磁探査により得られた地盤の比抵抗分布について

*木下 篤彦[1,2]、田中 健貴[2]、桜井 亘[1]、内田 太郎[1]、林 幸一郎[3]、河戸 克志[4]、奥村 稔[4] (1.国土交通省国土技術政策総合研究所、2.国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター、3.応用地質株式会社、4.大日本コンサルタント株式会社)

16:15 ~ 16:30

[STT44-04] Study of UAV photogrammetry toward efficiently grasping volcanic landform

*岩佐 優一[1]、松島 健[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附属地震火山観測研究センター)

16:30 ~ 16:45

[STT44-05] 火山ガス観測における無人機の利用

*橋本 武志[1]、寺田 暁彦[2]、森 俊哉[3]、田中 良[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.東京工業大学火山流体研究センター、3.東京大学理学系研究科附属地殻化学実験施設)

16:45 ~ 17:00

[STT44-06] Repeated Drone Magnetic Survey over Usu Volcano, Hokkaido Japan

*大熊 茂雄[1]、牧野 雅彦[2]、中塚 正[1]、宮川 歩夢[1]、柳田 誠[3]、奥村 稔[4] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.（株）阪神コンサルタンツ、4.大日本コンサルタント（株）)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-TT 計測技術・研究手法

10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[S-TT47] ハイパフォーマンスコンピューティングが拓く固体地球科学の未来

コンビーナ:堀 高峰(独立行政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)、八木 勇治(国立大学法人筑波大学大学院 生命環境系)、汐見 勝彦(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:堀 高峰

10:45 ~ 11:00

[STT47-01] Expectations to more realistic Green's function with modeling errorfor the real-time estimation of the coseismic fault model

*太田 雄策[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)

11:00 ~ 11:15

[STT47-02] Development of high-performance low order unstructured implicit finite-element solvers for solid earth science problems

★Invited Papers

*藤田 航平[1]、市村 強[1]、山口 拓真[1] (1.東京大学 地震研究所)

11:15 ~ 11:30

[STT47-03] 弾性波計算のための最適スペクトル要素法

*長谷川 慶[1]、冨士 延章[2]、小西 健介[3] (1.東京大学地震研究所、2.パリ地球物理研究所、3.台湾中央研究院地球科学研究所)

11:30 ~ 11:45

[STT47-04] Multi scale tsunami simulation from earthquake initiation to tsunami run-up into the coastal area and high performance particle simulator

*浅井 光輝[1]、古市 幹人[2]、西浦 泰介[2] (1.九州大学、2.海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[STT47-05] Digital-Ensemble Concept for Making Resilient Society against Natural Hazard

*大石 哲[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター)

12:00 ~ 12:15

[STT47-06] Expected Role of High Performance Computing to Promote Earthquake Research

★Invited Papers

*平田 直[1] (1.東京大学地震研究所)

[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

9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:戸塚 修平、三澤 文慶

9:00 ~ 9:15

[SCG56-01] The restoration of precipitation record of iron hydroxide about seven years in Nagahama Bay, Satsuma Iwo-jima, Kagoshima.

*酒本 直弥[1]、清川 昌一[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)

9:15 ~ 9:30

[SCG56-02] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下から得られた熱水性堆積物の鉱物学的・地球化学的特徴

*戸塚 修平[1]、石橋 純一郎[2]、島田 和彦[2]、池端 慶[3]、町山 栄章[4]、飯島 耕一[4]、山本 浩文[4]、熊谷 英憲[4]、池原 研[5]、山崎 徹[5]、高谷 雄太郎[6]、長瀬 敏郎[7]、Tindell Thomas[8]、米津 幸太郎[8]、多田 祐輝[8] (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、3.筑波大学生命環境系、4.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5.産業技術総合研究所、6.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、7.東北大学総合学術博物館、8.九州大学工学府地球資源システム工学専攻)

9:30 ~ 9:45

[SCG56-03] 中部沖縄トラフ熱水域の海底下に産する硫酸塩鉱物のストロンチウム同位体組成

堤 映日[1]、塚本 成[1]、島田 和彦[1]、*石橋 純一郎[1]、新城 竜一[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.琉球大学理学部)

9:45 ~ 10:00

[SCG56-04] 沖縄トラフ伊是名海穴における海底熱水系の数値モデリング

*冨田 昇平[1]、小池 克明[1]、後藤 忠徳[1]、鈴木 勝彦[2]、笠谷 貴史[2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構)

10:00 ~ 10:15

[SCG56-05] Electrical conductivity and spectral IP characteristics in the rock samples obtained in seafloor hydrothermal area and interpretation of them

*大田 優介[1]、後藤 忠徳[1]、小池 克明[1]、林 為人[1]、柏谷 公希[1]、多田井 修[3]、笠谷 貴史[2]、金松 敏也[2]、熊谷 英憲[2]、町山 栄章[2] (1.京都大学、2.海洋研究開発機構、3.マリン・ワーク・ジャパン)

10:15 ~ 10:30

[SCG56-06] 反射法地震探査による石垣島北方海域の地質構造

*三澤 文慶[1]、古山 精史朗[2,1]、佐藤 雅彦[3,1]、張 日新[1]、井上 卓彦[1]、荒井 晃作[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.東京海洋大学、3.東京大学大学院理学系研究科)

[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 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:浅見 慶志朗、田中 えりか

10:45 ~ 11:00

[SCG56-07] The first report of the evidence for hydrothermal activity in old oceanic plate

*浅見 慶志朗[1]、町田 嗣樹[2]、平野 直人[3]、小木曽 哲[4]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科 システム創成学専攻、2.千葉工業大学 次世代海洋資源研究センター、3.東北大学 東北アジア研究センター、4.京都大学大学院 人間・環境学研究科)

11:00 ~ 11:15

[SCG56-08] X線CTによる遠洋性粘土中の堆積構造および生物源アパタイト分布の観察

*臼井 洋一[1]、飯島 耕一[1]、町山 栄章[1]、市山 祐司[2,1]、田中 えりか[3]、藤永 公一郎[4,3]、安川 和孝[3,4] (1.海洋研究開発機構、2.千葉大学、3.東京大学、4.千葉工業大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG56-09] 南鳥島EEZの拓洋第5海山東方海域におけるレアアース泥の地球化学的特徴と分布状況

*藤永 公一郎[1,2]、安川 和孝[3,1]、野崎 達生[4,2,1,5]、町田 嗣樹[1,2]、高谷 雄太郎[6,2,1]、大田 隼一郎[1,2]、矢野 萌生[3]、下村 遼[3]、田中 えりか[3]、見邨 和英[3]、堀之内 航一[3]、松本 賢治[3]、臼井 洋一[4]、山本 浩文[4]、中村 謙太郎[3]、加藤 泰浩[2,3,1]、KM17-14C航海 乗船者一同 (1.千葉工業大学 次世代海洋資源研究センター、2.東京大学 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、3.東京大学 大学院工学系研究科 システム創成学専攻、4.海洋研究開発機構、5.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、6.早稲田大学 創造理工学部 環境資源工学科)

11:30 ~ 11:45

[SCG56-10] Extended lateral correlation of deep-sea sediments around the Minamitorishima EEZ based on downhole variation of bulk chemical composition

*田中 えりか[1]、中村 謙太郎[1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2]、飯島 耕一[3]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学・工学系研究科、2.千葉工業大学・次世代海洋資源研究センター、3.海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[SCG56-11] オントンジャワ海台周辺海盆のテクトニクス

*中西 正男[1]、清水 祥伽[2]、末次 大輔[3]、佐野 貴司[4] (1.千葉大学大学院理学研究院 地球科学研究部門、2.千葉大大学院融合理工学府　地球生命圏科学専攻、3.国立研究開発法人　海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、4.国立科学博物館　地学研究部)

12:00 ~ 12:15

[SCG56-12] The Cretaceous Normal Superchron: records from the Pacific, Indian and Atlantic oceanic crust

*島 伸和[1,2]、Jerome Dyment[3]、佐藤 太一[4,5]、Yves Gallet[6]、沖野 郷子[7]、Roi Granot[8]、野木 義史[9]、望月 伸竜[10]、山崎 俊嗣[7] (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.Institut de Physique du Globe de Paris、4.産業技術総合研究所地質情報研究部門、5.The Institute for Geoscience Research (TIGeR), Curtin University 、6.French Centre National de la Recherche Scientifique、7.東京大学大気海洋研究所、8.Department of Geological and Environmental Sciences, Ben-Gurion University、9.国立極地研究所、10.熊本大学大学院先導機構)

[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

13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:本荘 千枝、石川 直史

13:45 ~ 14:00

[SCG56-13] Offshore Postseismic Deformation of the 2011 Tohoku Earthquake Revisited: Application of an Improved GPS-Acoustic Positioning Method Considering Sloping Sound Speed Structure

*本荘 千枝[1]、木戸 元之[2]、富田 史章[3]、内田 直希[1] (1.東北大学理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.東北大学災害科学国際研究所、3.北海道大学大学院理学院)

14:00 ~ 14:15

[SCG56-14] S-netを用いた海域総合解析

*内田 直希[1]、東 龍介[1]、石上 朗[1]、岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、豊国 源知[1]、海野 徳仁[1]、太田 雄策[1]、佐藤 真樹子[1]、鈴木 秀市[1]、高橋 秀暢[1]、立岩 和也[1]、趙 大鵬[1]、中山 貴史[1]、長谷川 昭[1]、日野 亮太[1]、平原 聡[1]、松澤 暢[1]、吉田 圭佑[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)

14:15 ~ 14:30

[SCG56-15] GNSS-A観測から検出した浅部スロースリップ

*石川 直史[1]、横田 裕輔[2] (1.海上保安庁海洋情報部、2.東京大学生産技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG56-16] Assessing strike-slip motion at the Shionomisaki Canyon along the Nankai oblique subduction zone using acoustic ranging system

*木戸 元之[1]、荒木 英一郎[2]、辻 健[3]、山本 龍典[4]、川田 佳史[1] (1.東北大学 災害科学国際研究所、2.海洋研究開発機構、3.九州大学工学研究院、4.東北大学大学院理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[SCG56-17] Development of seafloor realtime observation network for crustal deformation in the Nankai Trough: tiltmeter installation

*荒木 英一郎[1]、横引 貴史[1]、木村 俊則[1]、西田 周平[1]、町田 祐弥[1]、小平 秀一[1] (1.海洋研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

[SCG56-18] Calibration of the DONET pressure sensor network in the Nankai trough seismogenic zone using a mobile pressure gauge

*町田 祐弥[1]、西田 周平[1]、木村 俊則[1]、荒木 英一郎[1] (1.海洋研究開発機構)

[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

15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:今野 美冴、野 徹雄

15:30 ~ 15:45

[SCG56-19] Analysis of GNSS/Acoustic geodetic data including the period of the transponder replacement

*Ikuta Ryoya[1]、Koto Mizuno[1]、Horng-Yue Chen[3]、Masataka Ando[2]、Takeru Komi[1] (1.Faculty of Science, Shizuoka University、2.Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University、3.Institute of Earth Science, Academia Sinica)

15:45 ~ 16:00

[SCG56-20] IPR（Indirect Path Ranging）：中継機を利用した長基線音響測距を可能にする手法

*山本 龍典[1]、日野 亮太[1]、木戸 元之[2] (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)

16:00 ~ 16:15

[SCG56-21] 精密な鉛直変位の測位に向けた拡張カルマンフィルタによるキネマティックGNSS音響測位手法の開発

*富田 史章[1]、木戸 元之[2]、本荘 千枝[3]、松井 凌[3] (1.北海道大学大学院理学研究院、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東北大学大学院理学研究科)

16:15 ~ 16:30

[SCG56-22] DOPを指標とした係留ブイGNSS-A測位精度評価の実データに基づく定量化

*今野 美冴[1]、木戸 元之[2,3]、本荘 千枝[3]、太田 雄策[3]、日野 亮太[3] (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.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知観測研究センター)

16:30 ~ 16:45

[SCG56-23] 海中音速構造の不均質性を考慮したGNSS/音響方式による海底地殻変動解析

*衣笠 菜月[1]、田所 敬一[1]、寺田 幸博[2]、加藤 照之[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知工業高等専門学校、3.神奈川県温泉地学研究所)

16:45 ~ 17:00

[SCG56-24] 石狩海盆でのOBNを用いた海底下構造イメージング

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、清水 賢[2]、横田 哲也[2]、Karl Hosgood[3]、Masako Robb[3]、鶴 哲郎[4] (1.海洋研究開発機構 、2.日本海洋事業、3.Emerson E&P Software、4.東京海洋大)

[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 | 304 3F

[S-CG62] 固体地球科学における機械学習の可能性

コンビーナ:内出 崇彦(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)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:内出 崇彦(国立研究開発法人 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、小田 啓邦

9:00 ~ 9:20

[SCG62-01] The Promise of Machine Learning in Solid Earth Geoscience: Examples from Seismology

★Invited Papers

*Gregory C Beroza[1]、Mostafa Mousavi[1]、Weiqiang Zhu[1]、Karianne J Bergen[2]、Paul A Johnson[3]、Maarten V De Hoop[4] (1.Stanford University、2.Harvard University、3.Los Alamos National Laboratory、4.Rice University)

9:20 ~ 9:35

[SCG62-02] **Automatic Approach to Low-Frequency Earthquakes Detection in Southwest Japan Based on Deep Learning Technique**

*余 君宇[1]、八木 勇治[1]、松澤 孝紀[2]、奥脇 亮[1] (1. 国立大学法人　筑波大学大学院 生命環境科学研究科、2.国立研究開発法人　防災科学技術研究所)

9:35 ~ 9:50

[SCG62-03] AIによるアップサンプリングを活用した広帯域地震動波形合成の試み（2）

*前田 宜浩[1]、岩城 麻子[1]、藤原 広行[1]、松崎 和敏[2]、友澤 弘充[2]、森 悠史[2]、土屋 美恵[2]、宮田 尚史[2] (1.防災科学技術研究所、2.みずほ情報総研株式会社)

9:50 ~ 10:05

[SCG62-04] 再帰型ニューラルネットワークによる2011年東北沖地震後の余効変動予測の試み

*山佳 典史[1]、三井 雄太[2] (1.静岡大学総合科学技術研究科、2.静岡大学理学部地球科学科)

10:05 ~ 10:25

[SCG62-05] 深層学習による桜島噴火予測

★招待講演

*村田 剛志[1] (1.東京工業大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

10:45 ~ 12:15 | 104 1F

[G-01] 災害を乗り越えるための「総合的防災教育」

コンビーナ:中井 仁(小淵沢総合研究施設)、小森 次郎(帝京平成大学)、林 信太郎(秋田大学大学院教育学研究科)、座長:小森 次郎(帝京平成大学)

10:45 ~ 11:00

[G01-01] 高等学校地理総合！：防災教育の強い追い風

*林 信太郎[1] (1.秋田大学大学院教育学研究科)

11:00 ~ 11:15

[G01-02] 原発に近い九州大学の全学教員による熊本地震以降の学生の身を守り方を教える総合防災の取組み

*杉本 めぐみ[1,2]、Peppoloni Silvia[2] (1.九州大学、2.国際地球科学倫理協会)

11:15 ~ 11:30

[G01-03] ダムの限界と洪水の関係が想定される事例と防災教育の意義

*小森 次郎[1]、増原 悠理[1] (1.帝京平成大学)

11:30 ~ 11:45

[G01-04] 四川大地震の被災地における災害伝承と防災教育

★招待講演

*富 思斉[1]、城下 英行[1] (1.関西大学)

11:45 ~ 12:00

[G01-05] 南海トラフ地震に備えるための地震リスクと不確実性：防災教育の在り方を問う

*橋本 学[1]、清水 美香[2] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学学際融合教育研究推進センター)

12:00 ~ 12:15

[G01-06] 地域防災と戸別の避難カード作りの取り組み

★招待講演

*鈴木 茂之[1] (1.岡山大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[G-02] 地球惑星科学のアウトリーチ

コンビーナ:植木 岳雪(千葉科学大学危機管理学部)、小森 次郎(帝京平成大学)、長谷川 直子(お茶の水女子大学)、大木 聖子(慶應義塾大学 環境情報学部)、座長:大木 聖子

9:00 ~ 9:15

[G02-01] 一般書にみる地理学のアウトリーチ

*長谷川 直子[1]、中川 優希[1] (1.お茶の水女子大学)

9:15 ~ 9:30

[G02-02] **博物館展示による地理的・考古学的思考の普及：3Dモデルを用いた実践例**

*早川 裕弋[1,2]、安芸 早穂子[2] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.東京大学空間情報科学研究センター)

9:30 ~ 9:45

[G02-03] 伊豆半島ジオパークにおけるガイドスキルアップ講座の紹介とその効果

*津田 和英[1]、小野 比呂志[1]、山崎 宏[1]、松尾 章史[1]、小野 英樹[2] (1.NPO法人ホールアース研究所、2.伊豆半島ジオパーク推進協議会)

9:45 ~ 10:00

[G02-04] 宇宙地球科学の特性を考慮した対論型サイエンスカフェの試行

*玉澤 春史[1,2]、一方井 裕子[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.東京大学カブリ数物連携宇宙機構)

10:00 ~ 10:15

[G02-05] 地震流言から考えるリテラシー

*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)

10:15 ~ 10:30

[G02-06] **ゴーストフォレストが語る広域地殻変動と巨大津波痕跡群-アウトリーチ活動と防災教育の重要性-**

★招待講演

*重野 聖之[1]、七山 太[2,6]、渡辺 和明[2]、石井 正之[3]、石渡 一人[4]、猪熊 樹人[5]、深津 恵太[7] (1.明治コンサルタント株式会社、2.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 、3.石井技術士事務所、4.別海町郷土資料館、5.根室市歴史と自然の資料館、6.熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター 、7.野付半島ネイチャーセンター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[G-02] 地球惑星科学のアウトリーチ

コンビーナ:植木 岳雪(千葉科学大学危機管理学部)、小森 次郎(帝京平成大学)、長谷川 直子(お茶の水女子大学)、大木 聖子(慶應義塾大学 環境情報学部)、座長:長谷川 直子

10:45 ~ 11:00

[G02-07] 生徒主導の地震震動モデルの実験構築と構造物クラック調査からの防災意識づくりへ

*中村 亮[1] (1.宮城県利府高等学校)

11:00 ~ 11:15

[G02-08] 中学生による「防災小説」が他者に与える影響―高知県土佐清水市での取り組みの考察ー

*所 里紗子[1]、薄井 慧[1]、川崎 彩奈[2]、永松 冬青[3]、大木 聖子[2] (1.慶應義塾大学総合政策学部、2.慶應義塾大学環境情報学部、3.慶應義塾大学SFC研究所)

11:15 ~ 11:30

[G02-09] **写真を用いた防災教育によるリスク認知の向上**

*日向 惠里名[1]、佐々木 瞳[1]、大木 聖子[1] (1.慶應義塾大学)

11:30 ~ 11:45

[G02-10] 標本を使った幼児向け地学教育

*森田 直樹[1,2]、安井 万奈[2,3]、萩谷 宏[2,4] (1.明星大学、2.NPO法人Science and Art、3.早稲田大学理工学術院総合研究所理工学研究所 、4.東京都市大学知識工学部自然科学科 Tokyo City University)

11:45 ~ 12:00

[G02-11] 防災教員研修へのナラティヴ・アプローチの導入 ―埼玉県公立学校での実践を通して―

*パリーク 亜美[1]、大木 聖子[1]、山口 航平[1]、鳥羽 美礼[1] (1.慶應義塾大学 SFC防災社会デザイン研究室)

12:00 ~ 12:15

[G02-12] メキシコでの地震・津波防災教育の実践 ー教育カリキュラムの日墨比較を通したカルチュラル・チューニングー

*岩堀 卓弥[1]、中野 元太[1]、矢守 克也[1] (1.京都大学 防災研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

9:00 ~ 10:30 | 104 1F

[G-03] 小・中・高等学校，大学の地球惑星科学教育

コンビーナ:畠山 正恒(聖光学院中学高等学校)、座長:丹羽 淑博

9:00 ~ 9:15

[G03-01] 隠岐の島図書館における「理科読」「レッツ理科読！光がとどけた物語」隠岐の島図書館での科学読み物と演示実験

*阿部 國廣[1] (1.島根半島・宍道湖中海（国引き）ジオパーク推進協議会)

9:15 ~ 9:30

[G03-02] ICT機器の活用の違いによる小学生の日食の理解について

*今井 弘二[1]、村山 泰啓[1]、山西 孝宜[2] (1.情報通信研究機構、2.三菱みなとみらい技術館)

9:30 ~ 9:45

[G03-03] 地形から災害リスクを学ぼう

*栗栖 悠貴[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:45 ~ 10:00

[G03-04] 理科室で行う蛇紋岩の加熱脱水実験

*大森 聡一[1]、勝又 行信[2] (1.放送大学教養学部自然と環境コース、2.放送大学自然環境科学プログラム)

10:00 ~ 10:20

[G03-05] デジタル立体地球儀を通じた学校、科学館、研究者の連携による地球惑星科学教育

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

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[G-03] 小・中・高等学校，大学の地球惑星科学教育

コンビーナ:畠山 正恒(聖光学院中学高等学校)、座長:畠山 正恒(聖光学院)

13:45 ~ 14:00

[G03-06] **Improving Awareness of Marine Conservation and Sustainability among Taiwanese Middle School Students by Teaching Slow Fish Movement**

*Ya-Yin Liao[1]、Liang-Ting Tsai[2]、Ting-Kuang Yeh[3]、Cheng-Chieh Chang[1] (1.National Taiwan Ocean University Institute of Education 、2.Taiwan Marine Education Center、3.National Taiwan Normal University)

14:00 ~ 14:15

[G03-07] 最近の地震に関するスライド教材の試作 (2) －2019年1月3日熊本地方の地震(M5.1)の例と前試作からの改良－

*小林 励司[1] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科)

14:15 ~ 14:30

[G03-08] 偏光顕微鏡観察の学習のためのWebアプリケーションの開発

*森里 文哉[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

14:30 ~ 14:45

[G03-09] 地形コレクションしませんか　　地理院地図３Ｄの使い方と楽しみ方

*小白井 亮一[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:45 ~ 15:00

[G03-10] Bringing field- and laboratory work into the classroom by using online modules in the edX platform

*Alejandra Quintanilla-Terminel[1]、Matej Pec[1]、Oliver Jagoutz[1] (1.Massachusetts Institute of Technology)

[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

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

[M-IS24] 海底～海面を貫通する海域観測データの統合解析

コンビーナ:有吉 慶介(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、木戸 元之(東北大学 災害科学国際研究所)、稲津 大祐(東京海洋大学)、高橋 成実(防災科学技術研究所)、座長:有吉 慶介、木戸 元之

9:00 ~ 9:15

[MIS24-01] ちきゅう・新青丸・勢水丸と連携した潮岬での陸域気象観測

*吉田 聡[1]、有吉 慶介[2]、小松 幸生[3]、立花 義裕[4]、藤田 実季子[2]、野津 雅人[5]、西川 はつみ[10]、川合 義美[2]、木下 直樹[6]、Lyndon Olaguera[5]、久保 美晴[8]、長谷 健太郎[7]、松山 祐矢[6]、増田 南波[9]、入江 健太[11]、吉田 哲治[10]、渡部 友祐[7]、松田 康佑[12]、青木 俊輔[7]、渡辺 真吾[2]、栗栖 朗[13]、山崎 聖太[7]、平田 英隆[14]、秋山 静佳[7]、重田 祥範[15]、宮田 昌[15]、松原 甲斐[15]、多田 楽空[15]、渡来 靖[16]、中村 祐輔[16] (1.京都大学防災研究所、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科、4.三重大学大学院生物資源学研究科、5.首都大学東京、6.九州大学、7.京都大学、8.琉球大学、9.弘前大学、10.北海道大学、11.東京学芸大学、12.東京海洋大学、13.岡山大学、14.名古屋大学、15.公立鳥取環境大学、16.立正大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS24-02] GNSS-A海底地殻変動観測による海中音速構造の推定

*石川 直史[1]、横田 裕輔[2]、渡邉 俊一[1] (1.海上保安庁海洋情報部、2.東京大学生産技術研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS24-03] 環太平洋地震帯における海底圧力観測データと実海洋変動予測モデルの比較

*土橋 陽一朗[1]、稲津 大祐[2] (1.東京海洋大学大学院　海洋科学技術研究科、2.東京海洋大学　海洋資源エネルギー学部門)

9:45 ~ 10:00

[MIS24-04] Experimental challenges for interpretation of in-situ observation of bottom pressure recorders (BPRs) at the seafloor

★Invited Papers

*Hiroyuki Matsumoto[1]、Toshinori Kimura[1]、Shuhei Nishida[1]、Yuya Machida[1]、Eiichiro Araki[1] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

10:00 ~ 10:15

[MIS24-05] 津波・地殻変動観測ブイシステムを用いた海底圧力連続観測

*高橋 成実[1]、今井 健太郎[2]、木戸 元之[3]、太田 雄策[3]、福田 達也[2]、石原 靖久[2]、越智 寛[2]、鈴木 健介[2]、日野 亮太[3] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.東北大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS24-06] 海底から海洋を見上げ地球内部を覗き込む

★招待講演

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

[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 | 301A 3F

[M-IS25] 近年の気象災害：要因とその大気水圏・人間圏への影響

コンビーナ:西井 和晃(三重大学大学院生物資源学研究科)、座長:西井 和晃(三重大学)

10:45 ~ 11:00

[MIS25-01] 2018年12月8−9日ベトナム中部での豪雨とベトナム水文気象局でのQPE/QPF

★招待講演

*斉藤 和雄[1,2,3]、Le Duc[4,3]、Du Duc Tien[5]、Mai Khanh Hung[5] (1.気象業務支援センター、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象研究所、4.海洋研究開発機構、5.ベトナム水文気象局水文気象予測センター)

11:00 ~ 11:15

[MIS25-02] 台風21号による琵琶湖高解像度流動シミュレーション：琵琶湖南湖における大規模水草消失

★招待講演

*中田 聡史[1]、芳賀 裕樹[2]、岩木 真帆[1]、波多野 圭亮[3]、馬渕 浩司[1]、高村 典子[1] (1.国立環境研究所、2.滋賀県立琵琶湖博物館、3.水資源機構)

11:15 ~ 11:30

[MIS25-03] 結合モデルで予測された半年以上継続する2018年北半球中緯度高温偏差

*小林 ちあき[1]、石川 一郎[1] (1.気象研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS25-04] 2018年7月豪雨の総観場予測可能性

*吉田 聡[1] (1.京都大学防災研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS25-05] 平成30年7月豪雨における水蒸気輸送および海面蒸発偏差の解析

*関澤 偲温[1]、宮坂 貴文[1,2]、中村 尚[1]、Akihiko Shinpo[3]、Kazuto Takemura[3]、前田 修平[3] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.気象研究所、3.気象庁)

12:00 ~ 12:15

[MIS25-06] 平成30年７月豪雨期間中の大気循環の主要変動モード

*西井 和晃[1]、田口 文明[2]、中村 尚[2] (1.三重大学大学院生物資源学研究科、2.東京大学先端科学技術研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

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

[M-GI37] 情報地球惑星科学と大量データ処理

コンビーナ:村田 健史(情報通信研究機構)、本田 理恵(高知大学自然科学系理工学部門)、野々垣 進(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　情報地質研究グループ)、堀之内 武(北海道大学地球環境科学研究院)、座長:野々垣 進、村田 健史(情報通信研究機構)

13:45 ~ 14:00

[MGI37-01] 気象衛星「ひまわり」を用いた地球環境の探査

*安藤 隆太[1]、渡部 重十[1]、村田 健史[2] (1.北海道情報大学、2.情報通信研究機構)

14:00 ~ 14:15

[MGI37-02] Xバンド小型レーダーによる高知レーダーネットワーク

*佐々 浩司[1]、高木 敏明[2]、村田 健史[3] (1.高知大学教育研究部自然科学系理工学部門、2.古野電気株式会社、3.情報通信研究機構)

14:15 ~ 14:30

[MGI37-03] フェーズドアレイ気象レーダーの観測ビッグデータを用いた深層学習による降雨エコーの分類

*佐藤 晋介[1]、花土 弘[1]、川村 誠治[1]、紺野 友彦[1]、岩爪 道昭[1]、大塚 成徳[2]、三好 建正[2] (1.情報通信研究機構、2.理化学研究所計算科学研究センター)

14:30 ~ 14:45

[MGI37-04] 千曲市循環バスを利用した低電力広域通信LoRa環境計測と通信エリアマップ

*水谷 耕平[1]、村田 健史[1]、室山 嘉昭[1]、山本 和憲[1]、村永 和哉[2]、水原 隆道[3]、Praphan Pavarangkoon[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構、2.㈱セック、3.㈱クレアリンクテクノロジー)

14:45 ~ 15:00

[MGI37-05] 安価で小型な気球観測装置の開発と地球高層大気観測への利用の試み

*高田 拓[1]、笹岡 由唯[1]、上田 真也[1]、村田 健史[2]、鈴木 秀彦[3] (1.高知工業高等専門学校、2.国立研究開発法人情報通信研究機構、3.明治大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

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

[M-GI37] 情報地球惑星科学と大量データ処理

コンビーナ:村田 健史(情報通信研究機構)、本田 理恵(高知大学自然科学系理工学部門)、野々垣 進(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　情報地質研究グループ)、堀之内 武(北海道大学地球環境科学研究院)、座長:本田 理恵、村田 健史(情報通信研究機構)

15:30 ~ 15:45

[MGI37-06] 協調ワークスペースドライバChOWDERによるタイルドディスプレイ構築と地球惑星科学分野での応用事例

*川鍋 友宏[1]、小野 謙二[2]、樋口 篤志[3]、豊嶋 紘一[3]、山本 和憲[4]、村永 和哉[5]、村田 健史[4] (1.国立研究開発法人理化学研究所、2.国立大学法人九州大学、3.国立大学法人千葉大学、4.国立研究開発法人情報通信研究機構、5.株式会社セック)

15:45 ~ 16:00

[MGI37-07] Data archive and integrated data analysis tools developed by ERG Science Center

*堀 智昭[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、寺本 万里子[1]、Chang Tzu-Fang[1]、栗田 怜[1]、松田 昇也[2]、津川 靖基[1]、瀬川 朋紀[1]、梅村 宜生[1]、西谷 望[1]、近藤 誉子[1]、與那覇 公泰[1]、宮下 幸長[3]、桂華 邦裕[4]、関 華奈子[4]、田中 良昌[5]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.韓国天文研究院、4.東京大学大学院理学系研究科、5.極地研究所)

16:00 ~ 16:15

[MGI37-08] KOSEN-1 CubeSat mission for Jupiter's radio science

*今井 一雅[1]、平社 信人[2]、高田 拓[1]、北村 健太郎[3]、今井 雅文[4]、KOSEN-1 Team[5]、Higgins Charles[6]、Thieman James[7]、NASA Radio JOVE Team[8] (1.高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2.群馬工業高等専門学校・機械工学科、3.徳山工業高等専門学校・機械電気工学科、4.University of Iowa、5.KOSEN-1 Team、6.Middle Tennessee State University、7.University of Maryland Baltimore County、8.NASA Radio JOVE Team)

16:15 ~ 16:30

[MGI37-09] オーロラ画像データ取得とデータ処理の諸問題

*片岡 龍峰[1]、村田 健史[2]、三好 由純[3]、内田 ヘルベルト陽仁[1]、福田 陽子[4]、山下 淳[5]、田中 正行[6] (1.国立極地研究所、2.情報通信研究機構、3.名古屋大学、4.国立環境研究所、5.東京大学、6.東京工業大学)

16:30 ~ 16:45

[MGI37-10] Innovative progress in ground observation of snow crystals and weather conditions by citizen science

★Invited Papers

*荒木 健太郎[1] (1.気象研究所)

16:45 ~ 17:00

[MGI37-11] 地すべり分野における斜面の危険度評価の取り組み

*林 一成[1]、若井 明彦[2]、佐藤 剛[3]、木村 誇[4]、村田 健史[5]、渡邉 暁乃[2] (1.奥山ボーリング株式会社、2.群馬大学、3.帝京平成大学、4.防災科学技術研究所、5.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-AG 応用地球科学

13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[M-AG41] 福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態

コンビーナ:高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北 和之(茨城大学理学部)、恩田 裕一(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、津旨 大輔(一般財団法人　電力中央研究所)、座長:高橋 嘉夫(東京大学)、恩田 裕一(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

13:45 ~ 14:00

[MAG41-01] 放射性Cs微粒子の基礎物性解明

*五十嵐 康人[1]、北 和之[2]、佐藤 志彦[3]、奥田 知明[4]、阿部 善也[5]、末木 啓介[6]、篠原 厚[7]、二宮 和彦[7]、大槻 勤[1]、高宮 幸一[1] (1.京都大学複合原子力科学研究所、2.茨城大学大学院理工学研究科、3.原子力機構国際廃炉研究センター、4.慶應義塾大学理工学部、5.東京理科大学理学部第一部、6.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、7.大阪大学大学院理学研究科)

14:00 ~ 14:15

[MAG41-02] 福島原発事故により発生した放射性微粒子の環境動態：加熱および溶解特性について

★招待講演

*奥村 大河[1]、山口 紀子[2]、土肥 輝美[3]、藤原 健壮[3]、飯島 和毅[3]、小暮 敏博[1] (1.東京大学、2.農業・食品産業技術総合研究機構、3.日本原子力研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[MAG41-03] 福島第一原発事故直後の大気中放射性ヨウ素の動態

*鶴田 治雄[1]、森口 祐一[2]、中島 映至[3] (1.リモート・センシング技術センター、2.東京大学、3.宇宙航空研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[MAG41-04] 福島県陸域におけるネプツニウム-237とプルトニウム同位体分布

*福田 美保[1]、Zheng Jian[1]、山崎 慎之介[1]、青野 辰雄[1] (1.量子技術研究開発機構　放射線医学総合研究所)

14:45 ~ 15:00

[MAG41-05] 山岳湖沼の群馬県榛名湖をフィールドとした放射性セシウムの大気から淡水環境への沈着に関する研究

*長尾 誠也[1]、宮坂 將平[2]、渡辺 峻[3]、鈴木 究真[3]、落合 伸也[1] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学大学院自然科学研究科、3.群馬県水産試験場)

15:00 ~ 15:15

[MAG41-06] Spatial variability of radiocesium deposition through the tree canopy via branchflow and stemflow

*Zul Hilmi Saidin[1]、Yuichi Onda[2]、Hiroaki Kato[2]、Momo Kurihara[2]、Kazuki Nanko[3]、Delphis F. Levia[4] (1.Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan、2.Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan、3.Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Ibaraki, Japan、4.Departments of Geography, University of Delaware, Newark, Delaware, USA)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-AG 応用地球科学

15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[M-AG41] 福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態

コンビーナ:高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北 和之(茨城大学理学部)、恩田 裕一(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、津旨 大輔(一般財団法人　電力中央研究所)、座長:北 和之(茨城大学)、津旨 大輔(一般財団法人　電力中央研究所)

15:30 ~ 15:45

[MAG41-07] 福島第一原子力発電所事故後の森林土壌中放射性セシウム深度分布の経年変化

★招待講演

*高橋 純子[1]、日原 大智[1]、佐々木 拓哉[1]、恩田 裕一[1] (1.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

15:45 ~ 16:00

[MAG41-08] 新田川流域における除染による河川の放射性物質濃度・フラックスの変化とモデル化

*恩田 裕一[1]、山中 邑樹[1]、脇山 義史[2]、谷口 圭輔[3]、久保 貴旺[1] (1.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、2.福島大学環境放射能研究所、3.福島県環境創造センター)

16:00 ~ 16:15

[MAG41-09] 新田川河口海域における台風Wilpaによる出水イベントに伴う懸濁態放射性セシウムの沿岸輸送について

*徳永 夏樹[1]、内山 雄介[1]、津旨 大輔[2]、山田 正俊[5]、立田 穣[2]、伊藤 友加里　[3]、石丸 隆[3]、渡邉 豊[7]、池原 研[4]、福田 美保[6] (1.神戸大学、2.電力中央研究所、3.東京海洋大学、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所、5.弘前大学、6.放射線医学総合研究所、7.北海道大学)

16:15 ~ 16:30

[MAG41-10] 福島県沖陸棚海域の海底近傍における高濁度層を構成する粒子の粒径分布ならびに放射性セシウム濃度

*帰山 秀樹[1]、古市 尚基[2]、杉松 宏一[3]、重信 祐弥[1]、三木 志津帆[1]、森田 貴己[1]、安倍 大介[1]、市川 忠史[1] (1.水産研究・教育機構　中央水産研究所、2.水産研究・教育機構　水産工学研究所、3.水産研究・教育機構　西海区水産研究所)

16:30 ~ 16:45

[MAG41-11] 2017年夏季の北太平洋亜寒帯域における福島第一原子力発電所事故由来放射性セシウムの分布

★招待講演

*熊本 雄一郎[1]、青山 道夫[2]、浜島 靖典[3]、村田 昌彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.福島大学、3.金沢大学)

16:45 ~ 17:00

[MAG41-12] Temporal and spatial variations of radiocaesium in the East China Sea and Sea of Japan until 2018

*青山 道夫[1]、猪股 弥生[2]、浜島 靖典[2] (1.福島大学環境放射能研究所、2.金沢大学環日本海域環境研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-TT 計測技術・研究手法

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

[M-TT48] 地球化学の最前線

コンビーナ:角野 浩史(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)、横山 哲也(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、小畑 元(東京大学大気海洋研究所海洋化学部門海洋無機化学分野)、座長:角野 浩史、小畑 元(東京大学大気海洋研究所)、横山 哲也(東京工業大学)

13:45 ~ 14:00

[MTT48-01] データ科学の手法による地球化学データ解析

★招待講演

*上木 賢太[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[MTT48-02] SIMSによる玄武岩質ガラスの水素、硫黄同位体比分析法とその応用

*清水 健二[1]、牛久保 孝行[1]、村居 呂一[2]、松浦 史宏[2]、上野 雄一郎[2] (1.海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.東京工業大学)

14:15 ~ 14:30

[MTT48-03] 高速多点レーザーアブレーション-ICP-MS法による金属中の親鉄性元素分析

*槇納 好岐[1]、黒木 康生[2]、平田 岳史[1] (1.東京大学大学院　理学系研究科　地殻化学実験施設、2.Thermo Fisher Scientific)

14:30 ~ 14:45

[MTT48-04] Iron isotopic compositions of Luna 16, 20, 24 soils

★Invited Papers

*岡林 識起[1]、横山 哲也[1]、平田 岳史[2]、寺門 和夫[3]、Erick Galimov[4] (1.東京工業大学理学院、2.東京大学大学院理学系研究科、3.日本宇宙フォーラム、4.ロシア科学アカデミー地球化学研究所)

14:45 ~ 15:00

[MTT48-05] 非晶質炭酸カルシウムの結晶化による局所U–Pb年代測定のための標準カルサイトの合成

*宮嶋 佑典[1]、斉藤 綾花[1]、鍵 裕之[1]、横山 立憲[2]、平田 岳史[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.日本原子力研究開発機構東濃地科学センター)

15:00 ~ 15:15

[MTT48-06] Magnetic mapping of a speleothem from the southern Pacific with a scanning SQUID microscopy and its magnetic mineralogy

*福與 直人[1,2]、小田 啓邦[3]、横山 祐典[1,2]、Geoffrey Clark[4]、山本 裕二[5] (1.東京大学大気海洋研究所、2.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、3.産業技術総合研究所地質情報研究部門、4.オーストラリア国立大学アジア太平洋学部、5.高知大学 海洋コア総合研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-TT 計測技術・研究手法

15:30 ~ 17:00 | 201A 2F

[M-TT48] 地球化学の最前線

コンビーナ:角野 浩史(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)、横山 哲也(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、小畑 元(東京大学大気海洋研究所海洋化学部門海洋無機化学分野)、座長:角野 浩史、小畑 元(東京大学大気海洋研究所)、横山 哲也(東京工業大学)

15:30 ~ 15:45

[MTT48-07] Uptake and accumulation of methylmercury by marine phytoplankton

★Invited Papers

*多田 雄哉[1]、丸本 幸治[1] (1.国立水俣病総合研究センター)

15:45 ~ 16:00

[MTT48-08] 順相HPLC/ESI-MSによる古細菌コア脂質・極性脂質の一斉分析法

*宝来 俊育[1]、奈良岡 浩[1,2] (1.九州大学、2.惑星微量有機化合物研究センター)

16:00 ~ 16:15

[MTT48-09] Assessment of Northeastern Japan Tree-Ring Oxygen Isotopes for Reconstructing Early Summer Hydroclimate and Spring Arctic Oscillation

*坂下 渉[1,2,3]、横山 祐典[3]、宮原 ひろ子[2]、阿瀬 貴博[3]、オブラクタ スティーブン[4]、大山 幹成[5]、米延 仁志[6] (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.武蔵野美術大学、3.東京大学大気海洋研究所、4.秋田大学、5.東北大学、6.鳴門教育大学)

16:15 ~ 16:30

[MTT48-10] **Development of the rotational diamond anvil cell for high-pressure deformation experiments and its measurement systems**

★Invited Papers

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4] (1.東京工業大学、2.九州大学、3.京都大学、4.愛媛大学、5.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

16:30 ~ 16:45

[MTT48-11] 水圏での金属イオンのスペシエーション：HSAB理論における中程度にハードな配位子の更なる分類

*長澤 真[1]、田中 雅人[1]、宮地 亜沙美[2]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.広島大学)

16:45 ~ 17:00

[MTT48-12] ニッケルラテライト鉱床におけるスカンジウムと他の希土類元素の化学種と分配挙動の違い

Haibo Qin[1]、実松 健造[2]、Arcilla Carlo[3]、*高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.フィリピン大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[O-01] ブラタモリの探究-「つたわる科学」のつくりかた

コンビーナ:萬年 一剛(神奈川県温泉地学研究所)、尾方 隆幸(琉球大学島嶼防災研究センター)、座長:尾方 隆幸

ＮＨＫの人気番組「ブラタモリ」は、地元の学識者がホスト、タレントのタモリと、視聴者目線のアナウンサーがゲストとなり、地理や地質、歴史や生物などを紹介しながら訪問地の成り立ちを解き明かしていくスタイルが好評を博し、一般視聴者からもまた専門家からも高い評価を得ている。本セッションでは、この番組がどのようにして作られているのかを、番組制作者と出演者の視点から明らかにする。
一方、番組を一般視聴者に受け入れられるようにするため、複雑な地球科学的事象を単純に説明しなくてはならない局面が存在し、番組制作者と研究者である出演者との間には、しばしば緊張関係も発生する。地球科学をわかりやすく説明すると言うことはどのような営みなのか。本セッションでは、講演や討論を通じてこの問いに挑戦したい。

13:45 ~ 14:00

[O01-01] ブラタモリに学ぶ―本セッションの趣旨説明

★招待講演

*萬年 一剛[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

14:00 ~ 14:15

[O01-02] 「ブラタモリ」の歴史と現状

★招待講演

*林 幹雄[1] (1.日本放送協会)

14:15 ~ 14:30

[O01-03] 地球科学者がブラタモリを案内して考えたこと

★招待講演

*小山 真人[1] (1.静岡大学)

14:30 ~ 14:45

[O01-04] ブラタモリが可視化する歴史

★招待講演

*松田 法子[1] (1.京都府立大学)

14:45 ~ 15:15

[O01-05] 総合討論１

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

ブラタモリに学ぶ―本セッションの趣旨説明
Lessons from Buratamori –An introduction to the session

*萬年 一剛[1]
*Kazutaka Mannen[1]

1. 神奈川県温泉地学研究所
1. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

現在、NHK総合で土曜日の午後7:30から8:15に放映されている「ブラタモリ」は、タモリと女性アナウンサーが地元の専門家とともに歩き、地域の歴史や成り立ちを解き明かしていく番組である。2008年から東京とその周辺を巡る深夜放送として始まり、2011年に日本地理学会賞を受賞したほか、現在の放映時間になった2015年以降は、国土地理院の「『測量の日』功労者」、日本地質学会表彰、地盤工学貢献賞（地盤工学会）を矢継ぎ早に受賞するなど、地球科学の専門家から高い評価を受けている。

本セッションは、地球科学の専門家も満足できるエンターテイメント番組がどのようにして作られているのか、制作者の意図や工夫、出演者の経験、番組視聴者の分析など、多角的な視点から解き明かし、地球科学のアウトリーチ活動へのヒントを探ろうと企画された。以下では、参考までに私が出演した回の日程と感想を述べる。

私は同番組の「箱根」（2017年4月22日本放映、以下括弧内本放映日）、「箱根関所」（同年5月13日）、「箱根の温泉」（2018年10月6日）の３回に箱根の地質の専門家として出演した。2017年放映分についていうと、協力依頼の電話が初めてあったのは2016年12月末であった。その後、翌年１月中は各所での材料集めに費やされたが、２月中頃にはおおまかなストーリーが決まり、案内人としての出演依頼がされた。３月初めには具体的なセリフが入った「構成」が示されて現地の下見が行われ、中旬に収録が行われた。収録後は、ナレーションのセリフや解説のアニメーションについて適切かどうかの問い合わせが放映の２週間前まであった。

ブラタモリの制作で印象的だったのは、取材期間で様々な材料が検討・取材された上で、放送内容が専門家の意見も踏まえて決まっていく番組製作過程である。また、出演者が楽しみながら地域を回れるよう配慮しているスタッフの努力には感銘を受けた。

昨今、研究者が納税者である市民に向き合い、自分の研究を説明するアウトリーチの機会が増えている。そのような研究者にとって、ブラタモリの製作過程からは、伝えられそうな内容をたくさん集める「取材力」、素材を精選し地域の本質を捉える「洞察力」、伝えるべき内容を載せるストーリーを作る「構成力」、ナレーションやアニメーションを用いた「表現力」、収録現場を明るく楽しくする「現場力」など、必要な「力」とそのあり方を学ぶことができる。

一方、番組でとりあげられる専門的な内容は大幅な簡略化が行われており、専門家としてはどの辺まで許容できるか、呻吟するところとなる。講演では、私の直面した若干の具体例を紹介し、検討を加えたい。

キーワード：ブラタモリ、テレビ番組、アウトリーチ
Keywords: Buratamori, TV program, outreach

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「ブラタモリ」の歴史と現状
The history of Buratamori

*林 幹雄[1]
*Mikio Hayashi[1]

1. 日本放送協会
1. Japan Broadcasting Corporation

▼番組開発の経緯
「ブラタモリ」は2008年12月に深夜のパイロット番組として始まりました。当時ＮＨＫには番組開発という部署があり、そこに所属していた私を含む4人で立ち上げました。内容は「原宿・表参道」。多くの人が当たり前に目にする都市の風景を紐解いていく内容は深夜番組にもかかわらず多くの反響を呼びました。

▼レギュラー開始
その後2009年10月から翌年3月まで、夜１０時の43分番組として全15回のレギュラー放送が始まります。タモリさんのＮＨＫレギュラー番組出演は「ウォッチング」以来、実に20年ぶりでした。以後毎年10月から3月までのレギュラー番組として3年続きます。かつての町の姿をこうだったに違いないと再現した「妄想ＣＧ」のほか、タモリさん自身が撮影した「ブラタモ写真館」も話題になりました。番組開発当時の資料をまじえてお話します。

▼最初のブラタモリの作り方
見え方はほとんど今と変わっていませんが専門家の多くは工学部系の都市設計・開発や街づくりの研究者でした。何より今と違うのはディレクターの街歩きの回数です。「言葉の謎解き」はありませんでしたが「不思議な風景」をタモリさんが発見し、その理由を探って行くという作りでした。視聴者が良く知っている東京を舞台に、あまり知られていない不思議な風景や話題を探すのは大変で、文字通り靴の底が磨り減るほど歩き回りました。

▼現状
2015年４月からのレギュラー放送は今に至る毎週土曜１９：３０からの番組で、多くの方にご覧頂いています。「ブラタモリ」は、あくまで街歩き番組ですが、随分「地質」に偏った番組になりました。今のレギュラーが始まって5年。回によって「地質」だけでなく「歴史」「地理」「風俗」「文化」を総動員して、これからも街や土地の成り立ちを解き明かす魅力的な番組であり続けたいと思っています。

キーワード：タモリ、ブラタモリ
Keywords: TAMORI, Buratamori

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球科学者がブラタモリを案内して考えたこと
My experience as a geoscientific guide for the NHK-TV program Buratamori

*小山 真人[1]
*Masato Koyama[1]

1. 静岡大学
1. Shizuoka Univ.

演者は、「ブラタモリ」３回（2015年秋に放映された#19富士山、#20富士山の美、#21富士山頂）、ならびに「ブラタモリ×家族に乾杯」2018年初夢スペシャル（富士山・三保松原）に案内人として出演する機会を得た。ブラタモリの案内人は、単なる出演者ではなく、監修に相当する莫大な作業も裏でこなしている。地球科学専門家の立場から、演者が見聞・経験・考察したことをまとめる。

番組の作られ方

まず、本番ロケの２ヶ月ほど前から何度も現地下見や打ち合わせを行い、話題を厳選しながら台本を作成した後、台本通りに歩くリハーサルをスタッフだけで実施した。本番ロケの大筋は台本に沿うが、台本を知らないタモリ氏のアドリブや脱線は番組を盛り上げる重要な要素であるため、それらも洩れなく収録した。その後、放映まで一ヶ月ほどの編集作業の中で、内容の厳選とナレーション・解説CGの監修作業に携わった。

ブラタモリの各回はそれぞれ１名のディレクターが担当するが、その背後にはNHKと下請け制作会社の両方から参加した十数人のディレクターグループがいる。興味深いことに、彼らはフラットな人間関係をもち、製作途中の作品を台本段階から相互に批判し合っている。その過程で台本は何度も書き換えられ、より良い番組に仕上げられていく。そうして出来上がった綿密な台本と、タモリ氏の磨かれたユーモアと話術があいまって、多くの視聴者が楽しみながら納得できる番組に仕上がる。だからこそ土曜のゴールデンタイムに視聴率10%台を維持するのであろう。

旅の「お題」

ブラタモリは、冒頭に旅の「お題」という謎かけがなされた後、その土地を知りつくした案内人たちが現れ、少しずつ解答へと誘ってゆく。「お題」は単純な問いかけだが、ひと筋縄では解けない。地形の微妙な高低差から土地の成り立ちを読みとり、目の前の風景や事物をつくり出した自然・社会・人の関わりを考えながら、最終解答に至る。

演者に与えられた「お題」のひとつは「富士山はなぜ美しい？」であった。これには正直困惑した。そもそも美は主観的なものであり、客観性を重んじる自然科学とは本来無縁である。しかし、折角の機会なので、均整のとれた巨大な孤立峰ゆえに富士山は「美しい」のだろうと考えた。そして、その「美」を成り立たせた要因を火山学的に考察し、次に述べる７つの「奇跡」として整理した。

１．伊豆半島と本州の衝突現場の真上にできたマグマ噴出率の高い火山であること。
２．山頂火口から大量の溶岩を流したこと。
３．山頂火口の位置が安定していたこと。
４．マグマの粘り気が適度に小さいために、溶岩流が遠くまで達して裾を引いたこと。
５．富士山の土台の標高が元々高かったたこと。
６．頻繁に噴火し、浸食による形状変化をすみやかに修復してきたこと。
７．私たち人類が絶妙の時期（山体崩壊の後に、再び美しい山体が修復されたタイミング）に文明を築いたこと。

さすがに上記７つすべてを扱うと番組の時間内に収まらないので、このうち１～３を除いた残りの４つを台本に取り入れることになった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

単純化圧力

台本・ナレーション・CG制作のすべての段階で、それらを監修する専門家には、中身を単純にわかりやすくする方向への強い要望がつねに加わる。学術的には複雑かつ未解明のことが多数あるが、そうした圧力に負けてしまうとトンデモな内容を普及する結果になる。ディレクターからの要望を聞きつつも、解明されていること・いないことを区別し、ここまでは言えるという範囲の中でそれらを単純化するというぎりぎりの選択を迫られる。その作業は高度で時間を要するものであり、専門家の解説能力・アウトリーチ能力が最大限試される。演者は苦労の末に乗り切ったつもりだが、他の放映回では疑問符がつく（おそらく専門家側が圧力に負けたとみられる）ものも散見される。

素朴な疑問への対応

ディレクターから思いもよらぬ質問が出ることもあった。筆者がとくに驚いたのが、「なぜ力の方位を向き合う対の矢印で示すのか、矢印ひとつで良いのでは？」であった。これに対しては、作用と反作用の結果として力が生じることは中学校理科で習うこと、片矢印では運動の意味になることを根気よく説明して理解して頂いた。

実験の考案

ブラタモリでは、地形や地層ができる仕組みを直観的に示す実験が必須とされる。演者に課せられた実験は、宝永火口に見られる岩脈方位と地殻応力方位の関係、ならびに三保半島の砂嘴形成であった。

前者に関しては、殻付きの栗の実を万力で割ったところ、殻にできた亀裂は圧縮方位と一致した。殻の内部にある柔らかな実に加わる圧力がマグマ内圧の高まりに相当するため、実際の岩脈方位を再現できたと考えられる。

後者に関しては、試行錯誤の後、水を溜めたトレーに入れた砂を小型ポンプの水流で移動させ、砂嘴と似た形状を作ることに成功した。

キーワード：ブラタモリ、案内人、地球科学者、テレビ番組、アウトリーチ
Keywords: Buratamori, guide, geoscientist, TV program, outreach

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ブラタモリが可視化する歴史
A Visualized History by Buratamori

*松田 法子[1]
*Noriko Matsuda[1]

1. 京都府立大学
1. Kyoto Prefectural University

講演者は都市史・建築史を専門とする。まちの成り立ちやその展開の歴史を、地理的、建築的、社会的、文化的に検討し、わたしたちの居住地や、他の様々な土地が、いったいどのような背景や経緯によって現在に至っているのかを探っている。またそこから、土地と人とが取り結んできた本質的な関係とその意義を考えようとしている。

さて、「ブラタモリ」では、番組の冒頭近くで、その土地に対するある「お題」（設問）が示される。それは一見平易な内容で、出演者や視聴者は、その設問に納得したり、そんなことはもうわかっているよ、と思ったり、あるいはまた少々戸惑ったりしながら、番組の道のりを楽しく想像する。

しかし問いに的確に答えていくことは、専門家をもってしても実はかなり難しい。それは既に、多岐にわたる学術分野の知見を制作チームが吸収したうえで、かつ誰もがその土地のイメージとして理解できるようなフレーズとする、という絶妙なバランスによって練られたテーマだからだ。

その後に続くまち（土地）歩きは、そのお題を軸に組み立てられていく。複数分野の専門家がリレー式にバトンをつなぎながら土地の解読に付き添うスタイルは、土地を見る視点の複数性と幅広さを担保する。そして、歩きながら答えを見つけていくこのやり方は、都市や山岳、巨大土木構築物などスケールの大きな対象や長い時間の流れを、手元や足元といった身体的で小さなスケールから体感的に理解していくという、フィールドサーヴェイの醍醐味も具現化している。

そうした一方で、TVプログラムであるという媒体の特性上、問いの答え探しの道のりやそのストーリー立ては、視覚的に認識しやすい資史料や場所がつながれやすいという側面ももっている。歴史分野で言えば、絵図や古文書、古写真、現場の遺構などは大いに力を発揮するが、目で見てわかりにくい事物や、土地の歴史を語る上では重要であるものの、前提として込み入った解説が必要な事項は通過されがちになるだろう。以上について、講演者の知る範囲に限り若干の話題提供を行う予定である。

キーワード：ブラタモリ、アウトリーチ、都市史、テレビ番組、案内者
Keywords: Buratamori, outreach, urban history, TV program, guide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

総合討論 1
General discussion 1

*尾方 隆幸[1]
*Takayuki Ogata[1]

1. 琉球大学島嶼防災研究センター
1. Disaster Prevention Research Center for Island Regions, University of the Ryukyus

ブラタモリに関するフロアからの質問を受け付けて議論する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 国際会議室 2F

[O-01] ブラタモリの探究-「つたわる科学」のつくりかた

コンビーナ:萬年 一剛(神奈川県温泉地学研究所)、尾方 隆幸(琉球大学島嶼防災研究センター)、座長:萬年 一剛(神奈川県温泉地学研究所)

ＮＨＫの人気番組「ブラタモリ」は、地元の学識者がホスト、タレントのタモリと、視聴者目線のアナウンサーがゲストとなり、地理や地質、歴史や生物などを紹介しながら訪問地の成り立ちを解き明かしていくスタイルが好評を博し、一般視聴者からもまた専門家からも高い評価を得ている。本セッションでは、この番組がどのようにして作られているのかを、番組制作者と出演者の視点から明らかにする。
一方、番組を一般視聴者に受け入れられるようにするため、複雑な地球科学的事象を単純に説明しなくてはならない局面が存在し、番組制作者と研究者である出演者との間には、しばしば緊張関係も発生する。地球科学をわかりやすく説明すると言うことはどのような営みなのか。本セッションでは、講演や討論を通じてこの問いに挑戦したい。

15:30 ~ 15:45

[O01-06] NHK総合テレビのエンターテインメント・教養番組「ブラタモリ」における実験の役割

★招待講演

*林 信太郎[1] (1.秋田大学大学院教育学研究科)

15:45 ~ 16:00

[O01-07] 中高生を対象とした「地域」を総合的に捉えるフィールドワークの試み

★招待講演

*上村 剛史[1]、横井 成行[2] (1.大阪府立大手前高等学校　定時制、2.海城中学高等学校)

16:00 ~ 16:15

[O01-08] ブラタモリ番組制作に学ぶ博物館のアウトリーチ活動の在り方

★招待講演

*井上 素子[1] (1.埼玉県立自然の博物館)

16:15 ~ 16:30

[O01-09] ブラタモリにみる地球科学のアウトリーチ手法

★招待講演

*尾方 隆幸[1] (1.琉球大学島嶼防災研究センター)

16:30 ~ 17:00

[O01-10] 総合討論２

*萬年 一剛[1] (1.神奈川県温泉地学研究所)

NHK総合テレビのエンターテインメント・教養番組「ブラタモリ」における実験の役割

The role of experiment in NHK's entertainment / educational program "Buratamori"

*林 信太郎[1]
*Shintaro Hayashi[1]

1. 秋田大学大学院教育学研究科
1. Akita University Graduate School of Education

ブラタモリとはどういう番組か？

「ブラタモリ」は　NHK総合テレビで2008年から放送されているエンターテインメント・教養番組で，その視聴率は時として15%を超える。タレントのタモリ（以下タモリさん）がNHKの若手アナウンサーとともに各地を“ブラブラ”歩きながら謎解きをし，様々な発見をする。また，「案内人」という解説者の問いかけにより番組が進行する。謎解きの「お題」には，しばしば地質学や地理学に関連したものが登場し，地球科学のアウトリーチに大きな効果を発揮している。講演者は「#81 十和田湖・奥入瀬～十和田湖は なぜ“神秘の湖”に？～」メインの案内人として登場した。

「ブラタモリ」：私の印象と案内人の責任

私の印象：番組中で見せるタモリさんの地球科学に関する広い知識は本物と強く感じた。また，タモリさんの発見能力，対象をじっくりと思考する真摯な態度は，たいへん印象に残った。また，案内人の私にコンタクトを取る以前に，担当ディレクター（地球科学の非専門家）は，文献から得られる情報はほとんど調べつくしていた。

案内人の責任：案内人には番組の科学的妥当性を担保するという社会的責任がある。「ブラタモリ」は地球科学者の視聴率も高く，常に誤りがチェックされている。実際，「ブラタモリ」と同時進行で，ツイッターで批判的意見をつぶやく地球科学関係者は多いし，自分でもたいへんそれを楽しんでいる。しかし，自分が案内人の場合はそのプレッシャーがことごとく自分にかかってくるのである。

番組の正確性の担保のため，案内人は調査に多大な時間をかける。講演者の場合，十和田湖や奥入瀬に関連した書籍や論文を100編以上参照した。また，案内人はこの他にロケハンやリハーサルの作業にも付き合い，番組の正確性を担保する。現場の確認（ロケハン）のために合計4日間，現地での（タモリさん抜きでの）リハーサルや最終確認のために3日を要した。

実験とブラタモリ

ブラタモリの番組内ではしばしば実験が解説の手段として用いられる。「#81 十和田湖・奥入瀬～十和田湖は なぜ“神秘の湖”に？～」では，カルデラ湖のでき方をココアとコンデンスミルクを用いて説明した。ココアの山の中にコンデンスミルクで見立てたマグマを置き，それを下から抜き取ることでカルデラ陥没を起こすという実験である。この実験は小中学生を対象に何度も試行したことがある。これまでの授業経験から，言葉での説明や図解でカルデラのでき方を理解させることが難しいことはわかっていた。そのため，番組にこの実験は必須だった。視聴者やタモリさんに，カルデラのでき方について納得させるだけではなく，ココアでできたカルデラの形状の観察も番組のその後の部分に繋がった。

ブラタモリで実験が採用されるための必要条件？

じつは提案はしてみたが，番組に採用されなかった実験も多い。その1例として「パリパリ溶岩実験」がある。先端を溶融したガラス棒を水につけ水冷破砕させるという実験である。ブラタモリの他の回の番組で2度提案したが，どちらも不採用だった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「パリパリ溶岩実験」不採用の理由として考えられることは，「パリパリ溶岩実験」は1）ビジュアル的に地味である，2）ガラスと水という素材はあまり印象的ではない，の2点が挙げられる。もちろん，単に番組の編集作業の過程で提示する時間がないため削られただけという可能性もある。

ブラタモリとアウトリーチ

地球科学分野におけるアウトリーチ活動は， 1）研究資金の獲得；2：後継者の育成；3：一般社会に認知してもらうことの3点で重要である（鎌田，2004）。そのために地球科学で得られた成果を科学者の側からわかりやすく発信していく必要がある。

ブラタモリのアウトリーチ効果は2つある。第1にブラタモリは多くの国民が視聴し，科学者の努力では到達し得ない多くの国民へのアウトリーチが可能である。第2に科学者に対する教育効果が大きいことがあげられる。ディレクターは番組をわかりやすくするために徹底的に努力し，科学者の側はそこに啓発される。また，担当ディレクターとのやり取りの中で，わかりやすさと正確さを両立させる方法を体験的に学ぶことができる。

ブラタモリの案内人になることは，多大なエネルギーと時間を使うことである。しかしながら，その大きなアウトリーチ効果を考えると（声がかかった）研究者は積極的に応じるべきであろう。

キーワード：ブラタモリ、実験、アウトリーチ
Keywords: "Buratamori", experiment, outreach

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中高生を対象とした「地域」を総合的に捉えるフィールドワークの試み
An attempt of field work for middle and high school students to comprehend an “area” in an integrated manner

*上村 剛史[1]、横井 成行[2]
*Takeshi Uemura[1], Shigeyuki Yokoi[2]

1. 大阪府立大手前高等学校　定時制、2. 海城中学高等学校
1. Osaka Prefectural Otemae Senior High School part-time course, 2. Kaijo Junior and Senior High School

学校教育においては，日常生活や社会の様々な事物を，教科・科目に細分化し学習している．中学や高等学校では，教科ごとに専門の教員が授業を行うが，教室での生徒は受身であることが多い．それに対して，身の回りにある事物は，色々な教科・科目の内容が混在しており，それを取り巻く様々な社会的な問題は，複雑かつ解決困難であることが多い．そのような問題に向き合うためには，対象となる事物を多角的に捉え，異分野の人たちと協力し，粘り強く取り組む力が必要である．

そこで，演者らは前任校で同僚教員と協力して，中学３年から高校２年の希望者15名程度を対象にした「総合フィールド演習」という講座を2017年に立ち上げ，２年間にわたり実施した．この講座では，学習対象を「地域」と設定し，多様な参加者が「地域」を実際に歩いて観察することで，総合的に「地域」を捉えることを目的とした．担当教員は，地学，日本史，国語と異なる教科・科目の教員で構成され，できるだけ生徒と同じ目線に立って議論しながら，共に学ぶ態度を大切にした．また，あらかじめ学校内で参加者での話し合いの機会を何度も設け，そこでの提案や希望に基づいて訪問先を設定した．実際のフィールドワークは，学校近隣の品川から始まり，神事でつながる府中へと発展して計３回行った．また，夏休みを利用して大阪で2泊3日のフィールドワークも行った．

例えば，大阪でのフィールドワークでは，上町台地という地形とその周辺の文化財を中心に巡りながら，1400年以上の長い歴史を持つ四天王寺を訪れた．まず四天王寺の参道から西側に見える大きな下り坂を前に，地学教員が上町台地を形成した断層運動と坂道の関係を説明する．次に，日本史教員が境内の歴史的建造物を案内しながら，安政地震津波碑の存在を紹介する．この碑は，1854年に起こった安政南海地震と安政東海地震による犠牲者の供養と災害の記憶を後世に伝えるため，町人によって四天王寺の境内に建てられたものである．実際の碑の前に行くと，生徒は日本史と国語教員と議論しながら，碑文の解読を始める．さらに，安政の地震津波については，日本史と地学の教員が先導して話が弾む．四天王寺の見学が終わると，上町台地の下り坂周辺の寺社仏閣をもう少し歩いてみようと，再び歩き始めるというような形でフィールドワークが進んでいく．

このようにして，日本史で四天王寺の成り立ちを，地学で上町台地のような地形の形成を，国語では古典や漢文をというように，普段は切り分けてきた教科・科目の枠がなくなり，目の前にある事物を取り囲んでいる歴史や地形などの要素が混在していることが実感できた．また，大きな方向性は教員側で誘導しても，途中で生徒の反応を見ながら臨機応変に変更し，生徒や教員という立場を相互に変えながら，主体的で深い学びを行うことができた．

キーワード：フィールドワーク、学校教育、地域
Keywords: field work, school education, area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ブラタモリ番組制作に学ぶ博物館のアウトリーチ活動の在り方
Desirable way of outreach activities in the Museum,learn by participating in the making process of "Buratamori".

*井上 素子[1]
*Inoue Motoko[1]

1. 埼玉県立自然の博物館
1. Saitama Museum of Natural History

自然系博物館は自然科学の普及をその使命のひとつとしているが，展示や普及活動においては，観光のついでに立ち寄った家族連れからセミプロまで，多くの人々を同時に満足させることが求められる．地質学や地形学を専門とする学芸員は，地球科学的な概念に対する知識と理解（以下「地球科学リテラシー」）が多様な人々を対象に，どうすれば地球科学のおもしろさを伝えることができるのか，常に試行錯誤している．

日々の活動において，地球科学は他分野に比べて直接的にとらえにくい．例えば花や昆虫は直接観察しその生態を知るだけでも十分楽しめるが，岩石や露頭を目の前におもしろさを読み取ることは非常に難しい．おもしろさを感じられるようになるためには，相応な地球科学リテラシーが必要となるからである．必要とされる知識は，例えば時間軸や地史的な概念などであるが，学校教育において地球科学を体系的に学ぶ機会はほとんどない．平安時代と江戸時代のどちらが昔かを知らない人はいないが，ジュラ紀や新第三紀といわれても，ほとんどの人は「大昔」と思うだけである．また，日常生活において市民が露頭を目にする機会はほとんどなくなり，かつてたくさんいた「化石少年」や「鉱物少年」は「絶滅危惧種」となり，地質分野に対して苦手意識をもつ教員が多いという．地球科学はますます市民の日常生活から遠い存在となっている．

地球科学を振興するためには，ベース層の拡大，つまり多くの市民に地球科学を身近に感じてもらい，そのおもしろさを知ってもらうことが重要である．このことは学芸員の使命であるととらえ，これまで活動してきたが，同時にその難しさも実感している．

この課題をみごとにクリアしているのがブラタモリである．講演者は「＃79　秩父」「＃80　長瀞」に案内人として出演したが，ブラタモリの番組制作に携わる中で，地球科学のおもしろさを伝える上で重要となる下記の視点を再認識した．

１）普段まったく地質や地形に興味のない市民の思考に即した展開をする．
専門家ほど，市民が何をわからないのかがわからなくなる．インタープリター（テレビ番組においてはディレクター）の存在が必要不可欠である．

２）地域に関する様々な分野の情報（自然科学・歴史・文化）を集約し，関連付け，市民生活に直結させる．
自然科学は細分化されており，地域に関する様々な情報を集約・提供できる機関は少ない．地域の博物館の存在意義でもある．

３）論理よりもストーリーを重視する．
科学的事象を順序だてて理論的に説明をしがちであるが，おもしろさを伝えるためには，ストーリーが身近で興味の湧く内容であることの方が重要である．

４）わかりやすくするために，正確性を犠牲にする勇気をもつ．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「正確性の犠牲」には次のような種類がある．科学的な裏付けの責任を負うこととなる案内人としては，どこまでを許容するのか難しい選択を迫られる．

①研究の裏付けがあるが、段階を踏んで説明すると複雑なので「省略」する．

②諸説あり定説がないが、思い切ってひとつの説で説明する。

③仮説をたてることは可能だが，研究対象とされていないので裏付ができない．

②や③はできれば避けたいが，ディレクターや市民が抱く素朴な疑問のほとんどは③であり，③なくしておもしろいストーリー展開は難しい．

５）科学的知識を説明するのではなく，知的に楽しむ姿を見せる．

結局のところ，視聴者はタモリ氏が知的に楽しむ姿に同調しておもしろさを感じている．放映終了後好評をくださる視聴者も，案外と論理展開は覚えていないことが多かった．地球科学を楽しむ姿を見せることこそが最大のアウトリーチである．

キーワード：地球科学リテラシー、地域、インタープリター
Keywords: Geoscientific literacy, Region, Interpreter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ブラタモリにみる地球科学のアウトリーチ手法
Methodology of Geoscientific Outreach of “Buratamori”

*尾方 隆幸[1]
*Takayuki Ogata[1]

1. 琉球大学島嶼防災研究センター
1. Disaster Prevention Research Center for Island Regions, University of the Ryukyus

ブラタモリは，地理学的事象や地質学的事象をわかりやすく学ぶ機会を一般市民に提供し，地球科学の裾野を広げることによって，アウトリーチや生涯学習に高く貢献している。番組で扱われるストーリーは地理学や地質学のトピックスを多く含んでおり，それらが文学・農学・工学など，地球科学以外のトピックスともシームレスに連結している。地球科学のストーリー（ジオストーリー）をシームレスに構築する試みはジオパークでも盛んになされており，地球科学のアウトリーチにおいては重要な手法である。ジオストーリーを構築するにあたっては，数多くの科学的なデータに基づき，多彩なトピックスを精選する必要がある。ブラタモリで扱われる地球科学のトピックスに接するのは，一般市民だけではなく，地球科学の研究者や教育者も同様である。われわれ地球科学者は，自らの専門分野が番組でどのように扱われるかをチェックしており，同時に自らの専門分野が隣接分野とどのように繋がっているかを知る機会を得ている。ブラタモリのストーリーにみられる総合性とシームレス性は地球科学の教育・アウトリーチや科学コミュニケーションに対してあらゆる示唆を与えているが，それらは科学性を担保する案内人，科学的内容をわかりやすく伝える高い技術を持つ番組制作者，そして主役であるタモリ氏の高い教養に支えられている。

キーワード：ブラタモリ、アウトリーチ、ジオストーリー、生涯学習、地球科学、科学コミュニケーション
Keywords: Buratamori, outreach, geostory, lifelong education, geoscience, science communication

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

総合討論 2
General discussion 2

*萬年 一剛[1]
*Kazutaka Mannen[1]

1. 神奈川県温泉地学研究所
1. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

地球科学のアウトリーチとはどのような営みなのか議論をする。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 10:15 ~ 11:25 | 国際会議室 2F

[O-02] 地球・惑星科学トップセミナー

コンビーナ:原 辰彦(建築研究所国際地震工学センター)、道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、成瀬 元(京都大学大学院理学研究科)、関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、座長:山田 耕

地球惑星科学分野における最新の成果を招待講演者に紹介していただくアウトリーチセッションです。２００５年から開催している一般公開プログラムです。日本地球惑星科学連合の広報普及委員がコンビーナーです。

10:15 ~ 10:50

[O02-01] 小惑星探査ミッション「はやぶさ２」の挑戦と現在までの結果

★招待講演

*吉川 真[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

10:50 ~ 11:25

[O02-02] 超高圧実験で見る地球中心核（コア）

★招待講演

*廣瀬 敬[1,2] (1.東京工業大学大学　地球生命研究所、2.東京大学　理学系研究科地球惑星科学専攻)

小惑星探査ミッション「はやぶさ２」の挑戦と現在までの結果
The challenges of Asteroid Exploration Mission Hayabusa2 and its results up to now

*吉川 真[1]
*Makoto Yoshikawa[1]

1. 宇宙航空研究開発機構
1. Japan Aerospace Exploration Agency

世界初の小惑星サンプルリターンミッションである「はやぶさ」の後継ミッションとして、2014年12月に「はやぶさ２」が打ち上げられた。「はやぶさ」は技術実証が主目的のミッションであったが、「はやぶさ２」はサイエンスが主目的のミッションである。特に、太陽系が誕生した頃に存在していた水や有機物を調べることが重要な科学目的となっている。ただし、技術的トラブルが多かった「はやぶさ」の経験を踏まえて、より確実な探査技術を確立することもミッションの重要な目的となっている。

「はやぶさ２」は約3年半の飛行の後、2018年6月に目的の小惑星リュウグウに到着した。まずは、搭載されているリモートセンシング機器を用いてリュウグウの詳しい観測をし、その後、小型のローバやランダをリュウグウ表面に降ろすことにも成功した。しかし、2018年10月に予定していた表面物質採取のためのタッチダウンは2019年2月に延期された。タッチダウンの後には、小惑星表面に人工的なクレーターを作る実験も行う予定である。そして、2019年末にはリュウグウを出発し、2020年末に地球に帰還する予定である。

一方、探査している小惑星リュウグウの方は、コマ型をしていたり、表面は多数の岩塊で覆われていたりして、予想していたものとかなり異なった天体であった。これは、科学的には非常に興味深いものである。

本講演では、「はやぶさ」を踏まえて「はやぶさ２」がどのような挑戦をしてきたのか、そして現在までの探査でどのような結果を得ているかについて紹介する。

キーワード：小惑星、探査、太陽系
Keywords: Asteroid, Exploration, Solar system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超高圧実験で見る地球中心核（コア）
Earth's core revealed by ultrahigh-pressure experiments

*廣瀬 敬[1,2]
*Kei Hirose[1,2]

1. 東京工業大学大学　地球生命研究所、2. 東京大学　理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

地球の内部は高圧と高温の世界である。地球中心は364万気圧と5000ケルビン程度もの超高圧・超高温下にあるとされる。このような極限環境も、ダイヤモンド・アンビル・セル（DAC）と呼ばれる装置を使えば、実験室で実現することが可能である。つまり、地球内部にあるすべての物質は合成可能である。

DACでは、単結晶のダイヤモンドを使って試料を加圧したのち、多くの場合、近赤外線レーザーを照射することによって、試料を高圧と高温状態にする。衝撃圧縮法を用いたダイナミックな実験と異なり、これは静的な圧縮実験である。例えば地球中心核（コア）とマントルの境界に相当する136万気圧・4000ケルビンの場合、超高圧・高温の発生領域は直径10ミクロン・厚み5ミクロン程度にすぎない。合成される高圧鉱物の粒径は通常100ナノ以下である。しかしながら、近年の放射光X線や電子顕微鏡の利用技術の進展により、微細試料の観察や分析は問題にはならなくなりつつある。

このような超高圧実験によって、地球コアの現在の姿のみならず、その形成から進化に関する理解が急速に進みつつある。金属コアの形成、つまりシリケイトからの分離は、地球がマグマオーシャンに覆われていた時代のこととされる。つまり、コアはもっとも古い地質記録と言えよう。その記録を調べることで、マグマオーシャンの状態・コア形成のメカニズム・地球全体の水や揮発性成分の量・それらが地球へ運ばれて来たタイミングなどをひも解くことができる。

また、現在の地球の深部（下部マントルやコア）には、その成因が解明されていない「異常」がいくつも観測される。現在も働いているメカニズム、例えばプレートの沈み込みでは、異常が必ずしもうまく説明できない場合が多い。代わりに、これらの異常はジャイアントインパクト・マグマオーシャン・コア分離など、地球初期の一連の大イベントに関連して形成されたのかもしれない。最近の私たちの実験結果によれば、液体コア（外核）は、冷却に伴って固体SiO_2やシリケイトメルトを析出し、その化学組成を大きく変化させてきたらしい。同時に、これらコアの化学進化の副産物は、コア最上部やマントルにさまざまな「異常」をもたらした可能性がある。プルームマグマ中に観測される同位体比異常もコアに由来しているのかもしれない。

当日は、超高圧実験のイロハから、地球深部の研究の最先端まで、わかりやすく紹介します。

キーワード：コア、高圧、地球深部
Keywords: core, high-pressure, deep Earth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 11:30 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[O-03] 高校生によるポスター発表

コンビーナ:原 辰彦(建築研究所国際地震工学センター)、道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)、山田 耕(早稲田大学政治経済学術院)、座長:山田 耕、道林 克禎、成瀬 元(Kyoto University)、紺屋 恵子、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)

高校生が気象、地震、地球環境、地質、太陽系などの地球惑星科学分野で行った学習・研究活動をポスター形式で発表します。 地球惑星科学分野の第一線の研究者と同じ会場で発表し、研究者と議論できる機会を提供します。2006年から開催しているパブリックセッションです。

11:30 ~ 12:15

[O03-01] Poster presentations by senior high school students

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック) | パブリック

[O-03] 高校生によるポスター発表

コンビーナ:原 辰彦(建築研究所国際地震工学センター)、道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)、山田 耕(早稲田大学政治経済学術院)、座長:山田 耕、道林 克禎、成瀬 元(Kyoto University)、紺屋 恵子、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)

2019年5月26日(日) 11:30 〜 12:15 国際会議室 (2F)

高校生が気象、地震、地球環境、地質、太陽系などの地球惑星科学分野で行った学習・研究活動をポスター形式で発表します。 地球惑星科学分野の第一線の研究者と同じ会場で発表し、研究者と議論できる機会を提供します。2006年から開催しているパブリックセッションです。

11:30 〜 12:15

[O03-01]Poster presentations by senior high school students

©日本地球惑星科学連合

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[O-04] 社会とＪｐＧＵとの相互交流によって創る新しい地球惑星科学教育

コンビーナ:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学経済学部)、座長:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学)

2017年に小中学校、翌年に高校の次期学習指導要領が告示された。子ども達が「何ができるようになるか（資質・能力の育成）」という目標達成のため、「何を学ぶか（教科・科目の目標及び内容）」「どのように学ぶか（学習過程の改善）」という観点が注目されている。
また、求められる資質・能力とは何かを社会と共有し、「社会に開かれた教育課程」が各学校で編成されるべきと論じている。
さらに、初等中等教育での成果が大学教育に引き継がれ、学力の３要素（資質・能力の３つの柱）が確実に育成されるよう、大学教育の中身と大学入学者選抜のあり方を検討する高大接続改革も重要視されている。
これらを受けて地球惑星科学教育においても、「何のために学ぶのか」という目的を明確にしつつ、社会が求める資質・能力とは何かを敏感にキャッチし、特に学習過程で、適切な観察・実験を通じた探究活動を提案してゆく必要がある。
本セッションでは、教員、研究者、学生、一般市民等、様々な立場の方々が一堂に会し、お互いの置かれた状況を踏まえた上で、新しい地球惑星科学教育に対する期待や解決するべき課題について議論を深めることを目的とする。

13:45 ~ 14:15

[O04-01] 次期学習指導要領で世界標準の地学・地理教育を日本から発信するために

★招待講演

*滝川 洋二[1] (1.NPO法人理科カリキュラムを考える会 NPO法人ガリレオ工房)

14:15 ~ 14:30

[O04-02] 地球内部マントル研究者が望む地学・地理教育

★招待講演

*阿部 なつ江[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター)

14:30 ~ 14:45

[O04-03] 高校必修科目「地理総合」の実施を踏まえた地理と地学の連携強化と人材育成

★招待講演

*小口 高[1] (1.東京大学空間情報科学研究センター)

14:45 ~ 15:00

[O04-04] 赤色立体地図による地形の可視化と地学教育

★招待講演

*千葉 達朗[1] (1.アジア航測株式会社)

15:00 ~ 15:15

Discussion

次期学習指導要領で世界標準の地学・地理教育を日本から発信するために
In the next Course of Study, let's send information on world standard "geography / geography" from Japan to the world

*滝川 洋二[1]
*YOJI TAKIKAWA[1]

1. NPO法人理科カリキュラムを考える会 NPO法人ガリレオ工房
1. NPO Association of Science Curriculum Initiative NPO Galileo Science Workshop

以前、理科の研究会で高校の地学の先生が、危険なところを予測して撮った自分の地域の地震前後の写真を授業に使っていると紹介していました。どこが危ないかは予測できるのだと知りました。別の地学の先生は、私の高校に来ないかと誘った校長に挨拶に行き、「こんな低地の危険な学校には勤めたくない」と断ったとのこと。現状では変わった先生と思われるかもしれませんが、こういった知識が市民常識になっていれば、地震大国の日本の危機管理は全く違っていたのではと思います。地学教育ー自然地理学，地質学，鉱物学，地球物理学、海洋学、気象学などーの学びが地震、防災、環境の理解の不可欠なことだと、このことからもわかります。

ところが、地学の先生は、現状で日本全体から見れば絶滅危惧種。このままでは、地学教育の最前線から撤退を余儀なくされるかもしれない状況だと聞きます。

一方で、新学習指導要領では、学び方では主体的・対話的で深い学び（アクティブ・ラーニング）を重視し、知識だけでなく、生徒の探究を大切にすることがかかげられています。この方向性は、OECDのPISAテスト、イギリスのナショナルカリキュラム、アメリカの科学教育スタンダードNGSSなどにも共通しています。簡単に言えば、子どもが生涯学び続ける意欲と方法とその基礎になる生きた知識を、ともに身につけることが大切なことだと考えられています。そのため、とりわけ高校と大学が知識注入型の教育から、学びの方向性を変えるために大学入試のあり方も文科省は変えようとしています。

少子高齢化とITが急激に社会を変えつつある時代に、次の時代にふさわしい子どもを育てる教育内容や方法をかなり急いで明らかにしなければならない節目に差し掛かっているのだろうと感じます。それは地学・地理教育では、改めて何をどう教えるのか、意義を考え直し、日本から地学・地理教育を世界に再発信する機会にしなければならない時期でもあり、意味ある方向に取り組んでいただければと思います。

キーワード：新学習指導要領、アクティブ・ラーニング、探究活動、高大接続改革、STEM教育、少子高齢化とIT時代
Keywords: New Course of Study, Active learning, Inquiry activities, Reform of entrance exam from high school to university, STEM education, The era of "low birthrate and aging" and "IT"

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球内部マントル研究者が望む地学・地理教育
What a mantle scientist hopes geoscience education

*阿部 なつ江[1]
*Natsue Abe[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター
1. R&D Center for Ocean Drilling Science Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球のマントルについてどのようなイメージを持っているかと尋ねると、大抵の一般の方々は、「ドロドロしたマグマ」と回答する。これは、テレビなどで繰り返し放送されるプレート境界地震の説明アニメーションや、「地底探検（ジュール・ヴェルヌ）」や「日本沈没（小松左京）」に代表される小説や数多くの映画（センター・オブ・ジ・アースなど）の影響が強いのであろう。一般的に地下深くには「熱い物質」があるという意識から、地殻の下の“マントル”はドロドロと溶けていて、そのドロドロが何かの拍子で地表まで達すると、赤く熱せられたマグマとして噴火するのだと思われているようだ。そのようなイメージを持っているからか、2011年3月11日の東日本大震災後に数多く発生した余震を経験した関東の方達の中には、「このまま日本列島の地面がバキバキと割れて、ドロドロのマグマ（＝誤った認識の“マントル“）の中へ沈んでしまうのではないか？という恐怖感に真剣に駆られている方が複数居たことに、私はその時大きな衝撃を受けた。地球惑星科学の研究を行っている我々は、日本列島が目に見える時間スケールで割れてマントルの中へ完全に沈んでしまい、今すぐ消滅するようなことはない、ということを知っている。この基礎知識を持っているというだけで、誤った恐怖感を持つことはないし、また地震などの自然災害にどう対処したら良いかも、おそらく一般の方々よりは心得ているのではないだろうか。また我々地球科学者は、自然に災害に対して、一般の方々の規範となる行動や準備を心がけている必要があると、私は考えている。本公演では、筆写がこれまでに行ってきた講義や一般への講演・普及活動でのこのような反応などを参考事例としてお話ししたい。

マントル物質の岩石学的研究を行う者として、中学理科や高校の「地学」（「地学基礎」）においては、「自然災害を正しく恐れてそれに備える」ことができる最低限の知識と、またその感覚（イメージ）が持てる教育内容を期待する。それは、現在「地学基礎」を履修する主に文系の生徒のみならず、「地学」関連以外の学科を志望する理系の生徒も含めて、少なくとも日本列島に住む者として身につけておくべき最低限の知識（地学リテラシー）を、できれば高校時代までに必修科目として身につけておいて欲しいという願いがある。現在高校「地学基礎」の範囲で網羅している内容は、必要十分であるが、地学（さらに地理）に限らず、自ら考え行動するための知識としての「科学リテラシー」を身につける教育を切に望んでいる。これは、2016年の日本学術会議提言「これからの高校理科教育のあり方」*1において「理科基礎（仮称）」を必修科目として新設すべきであるという提言を行っている完全に沿うものである。また、防災・減災のみならず、ブラタモリで証明済みの娯楽としての、そしてその先にある歴史を紐解くツールとしての地学・地理学の奥深さを、味わって欲しいと願っている。

キーワード：地学・地理教育、マントル
Keywords: geoscience education, mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高校必修科目「地理総合」の実施を踏まえた地理と地学の連携強化と人材育成

New high-school compulsory subject “General Geography” and related cooperation of geographers and earth scientists for human resource development

*小口 高[1]
*Takashi Oguchi[1]

1. 東京大学空間情報科学研究センター
1. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

2022年度から高校の地歴科で「地理総合」が必修となる。地理総合は現行の地理Aを基礎とするが、地理情報システム（GIS）によるデジタル情報の処理、自然災害、地球環境問題といった理系的な要素が重視されている。したがって、地理総合は高校生が地理学のみならず地学の素養を高めることにもつながる。高校の理科では、2012年度に「地学基礎」が新科目となった結果、以前よりも地学を学ぶ高校生が増えた。しかし履修率は三割弱であるため、多くの高校生にとっては地理総合が地球惑星科学に関連する内容に触れる主要な機会となる。したがって、地理総合が高校生の関心を惹きつけ、その内容が大学への進学や将来の職業の選択の際に考慮されれば、地理学のみならず地学を含む地球惑星科学の発展につながる。このような状況を作り出すためには、日本地球惑星科学連合や日本学術会議のような、地理学と地学の研究者が共に参加している組織における活動が効果的である。これらの組織の構成員の多くは大学や研究所の研究者であるため、高校の地歴科や理科の教員との連携体制を作ることも重要である。2018年度には、日本学術会議の地球惑星科学人材育成分科会の下に地学・地理学初等中等教育検討小委員会が設置され、主に高校における地学・地理教育の充実に向けた検討を行っている。この小委員会には大学と高校の教員とともに、文科省と国土地理院の職員も参加しており、検討課題の中には上記した地理総合の実施を踏まえた地学・地理教育の活性化も含まれている。このような活動を日本地球惑星科学連合の場でも行いつつ、地理学と地学の関係者が連携して将来の両学問を支える人材の育成に取り組むことが重要である。

キーワード：地理総合、地学、高校教育、日本学術会議
Keywords: General Geography, Geosciences, High-school education, Science Council of Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤色立体地図による地形の可視化と地学教育
Visualization of terrain by Red Relief Image Map(RRIM) and geoscience education

*千葉 達朗[1]
*Tatsuro Chiba[1]

1. アジア航測株式会社
1. Asia Air Survey Co., Ltd.

1.はじめに

地学教育において地形の3次元的な理解は基礎的で重要なことであるが、等高線の読図が大きな課題となってきた。等高線は地形の表現法として、地形面と平面の交線の平面位置を示したもので、高度を等間隔で変化させることで、ある種の縞模様として可視化される。原理的に、水平面と垂直面は可視化することはできないが、作成者の個人の技量によることなく、客観的に地形の表現が可能である。断面図やメッシュデータも変換作成することが可能で、すばらしい発明である。国土地理院の2万5千分の1地形図などを読みこなすにはこのスキルが欠かせない。

2.数値地形データと既往地形表現の限界

地形のデジタル化は1980年代以降徐々に高度化してきた。国土数値情報250mにはじまり、50m、10m、5mと精度は年を追うごとによくなってきた。一方で、このデータを可視化するための技術は、データ密度の低い頃のままで、変化はなく、せっかくの詳細なデータが表現しきれないという問題も生じてきた。陰影図や斜度図、高度段彩図などでは、すべてのデータを読み取ることは困難であった。陰影図は方向依存性が圧という短所があり、光源方向により凹凸が反転したり、段差と溝の区別がつかないなどの問題があった。方向依存性のない斜度には、尾根谷の区別がつかないという短所があった。

3.赤色立体地図の原理と先進性

千葉は、2002年の富士山の青木ヶ原樹海の地形調査をきっかけとして、赤色立体地図を発明した。これは航空レーザ計測による1mメッシュの詳細なデータを、しかも凹凸が複雑に分布する溶岩表面の複雑な地形を、余すことなくしかも大地形も捉えられる状態で可視化するというものであった。急斜面ほどより赤く、尾根ほど明るく、谷ほど暗くという表現は、特別な訓練や教育を受けない、一般の人でも、直ちに理解できるという特徴をもっていた。また、この図を従来の等高線図と重ねたり、高度段彩と重ねることも可能で、地形の理解が大幅に進むきっかけとなった。ブラタモリなどのメディアで利用されることも多く、最近では地質図NAVIや地理院地図でも背景の一つとして選択可能となっている。

4.JPGUと赤色立体地図

アジア航測では、赤色立体地図のよさを発信するための場として、JPGUの展示が非常によい機会であると捉え、毎年ブース展示を行ってきた。ここではじめて、赤色立体地図を目にすることが、地形や地質に興味を持つきっかけともなったという高校生もいる。また、ここでの展示が海底地形に適用できるというアイディアをもとに、JAMSTECとの一連の仕事にもつながり、その海底地形図がさらなる地学教育効果をもたらしている。

また、毎年繰り返している、赤色立体地図の地形模型上でシャンプー溶岩を流すというアナログモデル実験は、ハザードマップの理解にとって非常に効果的であった。今後もJPGUの活動を通じて地学教育のためにできることを模索してゆきたい。

キーワード：赤色立体地図、ハザードマップ、地学教育
Keywords: RRIM, hazardmap, education of earth science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 106 1F

[O-04] 社会とＪｐＧＵとの相互交流によって創る新しい地球惑星科学教育

コンビーナ:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学経済学部)、座長:藤原 靖(神奈川県立向の岡工業高等学校 定時制・総合学科)、秋本 弘章(獨協大学)

2017年に小中学校、翌年に高校の次期学習指導要領が告示された。子ども達が「何ができるようになるか（資質・能力の育成）」という目標達成のため、「何を学ぶか（教科・科目の目標及び内容）」「どのように学ぶか（学習過程の改善）」という観点が注目されている。
また、求められる資質・能力とは何かを社会と共有し、「社会に開かれた教育課程」が各学校で編成されるべきと論じている。
さらに、初等中等教育での成果が大学教育に引き継がれ、学力の３要素（資質・能力の３つの柱）が確実に育成されるよう、大学教育の中身と大学入学者選抜のあり方を検討する高大接続改革も重要視されている。
これらを受けて地球惑星科学教育においても、「何のために学ぶのか」という目的を明確にしつつ、社会が求める資質・能力とは何かを敏感にキャッチし、特に学習過程で、適切な観察・実験を通じた探究活動を提案してゆく必要がある。
本セッションでは、教員、研究者、学生、一般市民等、様々な立場の方々が一堂に会し、お互いの置かれた状況を踏まえた上で、新しい地球惑星科学教育に対する期待や解決するべき課題について議論を深めることを目的とする。

15:30 ~ 15:45

[O04-05] 新学習指導要領「地学基礎」で付加された「資料に基づいて」探究する力を養う「津波」の学習実践

★招待講演

*小玉 秀史[1] (1.千葉県立松戸国際高等学校)

15:45 ~ 16:00

[O04-06] 「地理総合」で付けさせたい力と授業構想

★招待講演

*小河 泰貴[1] (1.岡山県立津山高等学校)

16:00 ~ 16:15

[O04-07] 現役学生が考える現在の地球惑星科学教育

★招待講演

*大塚 英人[1] (1.国立大学法人信州大学理学部理学科地球学コース)

16:15 ~ 16:30

[O04-08] 地理への誘い―日常生活における知的好奇心と地理―

★招待講演

*宮尾 拓也[1] (1.筑波大学大学院教育研究科)

16:30 ~ 16:45

[O04-09] 理科と世間を新しい地理・地学で結ぼう

★招待講演

*保坂 直紀[1] (1.サイエンスライター)

16:45 ~ 17:00

Discussion

新学習指導要領「地学基礎」で付加された「資料に基づいて」探究する力を養う「津波」の学習実践

A lesson plan using Tsunami to cultivate the ability to think critically about a subject based on the data given in New government curriculum guidelines for "Basic Earth Science"

*小玉 秀史[1]
*Kodama Hidefumi[1]

1. 千葉県立松戸国際高等学校
1. Chiba Prefectural Matudokokusai High School

新学習指導要領「地学基礎」においては、現行の「観察、実験などを行い」に加えて、「資料に基づいて…見いだす…理解する」の文言が付加され、それらに基づいて科学的に探究する力を養うことが示された。
本講演では、最初に新学習指導要領「地学基礎」の現行との比較を行い、新たに付加された「資料に基づいて」科学的に探究する力を養う実践例として、「津波」の学習を紹介する。

キーワード：新学習指導要領、津波
Keywords: New government curriculum guidelines, Tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「地理総合」で付けさせたい力と授業構想
The planning of “Integrated Geography” and its aimed competency

*小河 泰貴[1]
*Yasutaka Kogawa[1]

1. 岡山県立津山高等学校
1. Okayama Prefectural Tsuyama High School

次期学習指導要領が2018年3月に告示され、「持続可能な社会づくり」に求められる地理の新科目として、必履修科目の「地理総合」が設けられた。1992年の「地理教育国際憲章」において、地理学研究の五大概念は「位置と分布」「場所」「人間と自然環境との相互依存関係「空間的相互依存作用」「地域」とされた。これらの概念は、地理カリキュラムを構成するうえでの一つの指針となっている。また、国際地理オリンピックの開催を通して、世界と日本の高校生に、地理教育で養う思考やスキルなどの国際的な基準が示されている。

「地理総合」の実施に向けて、私たち地理教員は何をどのように意識して授業構想をしていくのか。その視点として、国際地理オリンピック世界大会の出題内容や、日本の高校生の地理的な見方・考え方の現状などを踏まえ、「地理総合」で付けさせたい力と授業構想について報告をする。

キーワード：地理総合、ESD、国際地理オリンピック
Keywords: integrated geography, Education for Sustainable Development, International Geography Olympiad

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

現役学生が考える現在の地球惑星科学教育
Earth and planetary science education considered by the current student

*大塚 英人[1]
*Hideto Otsuka[1]

1. 国立大学法人信州大学理学部理学科地球学コース
1. Geology Course, Department of Science, Faculty of Science, Shinshu University, National University Corporation

小中学校の地学・地理教育は、実物に触れながら学ぶ機会をもっと設けるべきだと考える。学習指導要領も、学校における実践的で深い学び、いわゆる"アクティブラーニング"を求めているが、現実ではコマ数なども考えると、なかなか容易ではない。とりわけ、小学生のうちは比較的実物に触れる授業は多いが、中高では十分な時間が取れず教科書的な説明に留まることも多い。私は、実物を用いた教育、生徒の学習目的の理解、深い学びに応えられる教員の見識が必要だと考える。

まず、地球惑星科学は、理科だけでなく様々な知見も総合的に用いて考える分野である。このことは、生徒が興味を持つということに関しては大きな強みだといえる。生徒は、実物を見てそこから考え、議論することは得意であるが、概念的な分野に至ると難しく感じ、興味を失うことも少なくない。また、どうしても地学・地理は暗記科目という側面を避けては通れない。記号や年代など、基本的に備えなければいけない知識量が多い。これらの知識を得た上で学ぶことで面白さを感じ、興味を持つことができるだろう。少ない授業数を工夫しなければ全てをこなすことは簡単ではないだろう。さらには、地学以外の授業の知識も応用することがあるため、そこに穴があってもつまずいてしまう。私は、元々地学に興味があったことで、地球惑星科学を専攻するに至った。しかし、多くの生徒に興味を持ってもらうには、実物を用い理解するのに容易な環境を用意することが必要不可欠だろう。

また、生徒が興味を持つには、学習目的を理解することが必要だ。とりわけ学ぶ意味の理解や知識の習得において、校外に出ることが必要だと考える。その土地や地形の成り立ちを学ぶことは地学・地理の基本であるが、校外は教材の宝庫である。急傾斜地崩壊危険区域の看板などがあれば、地学・地理の学習が防災につながることも理解できるだろう。生徒も、教室の授業よりも屋外の授業に好意的だ。より興味も感じ、自ら深い学びを実践する生徒もいるだろう。生活の上で必要な学問であることを理解することで、より積極的に学ぶだろう。

そして、自ら深い学びを実践する生徒に対し教員が補助してあげられる能力を持つことも重要である。小さな疑問でも答えられることや、生徒が理解するための道しるべを用意してあげることが教員に必要なスキルである。少し興味を持った生徒でも、教員が対応できなければ失してしまうかもしれない。生徒が興味を持ち、それを伸ばすためには相応の教員の能力が求められる。

これらのことから、これからの地球惑星科学教育は、より分かりやすく実践的にすべきであると考える。何より重要なのは、教員の個々の能力の向上である。地学・地理の全分野の専門家になるのは難しいだろうが、少しでも幅広い知識を深めていくことが重要だろう。最先端の研究や常識を教えることも生徒の興味を引くきっかけには良い。真新しい知見は、科学の最も面白いところの一つだと考えるからだ。今後、教科書にとどまらない実践的で発展的な地球惑星科学教育が普及することに期待したい。

キーワード：地球惑星科学教育
Keywords: earth and planetary science education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地理への誘い―日常生活における知的好奇心と地理―
Invitation to Geography ―Relationship Between Geography and Intellectual Curiosity in Daily Life―

*宮尾 拓也[1]
*Takuya Miyao[1]

1. 筑波大学大学院教育研究科
1. Master Program in Education, University of Tsukuba

本発表では、今まで地理教育を受け、大学で地理学を学び、現在は大学院で地理教育を深めているという立場から、今まで地理を学習してきた自身を振り返りつつ、そこから得られた資質・能力や、さまざまな“視点”について言及していきたい。具体的な内容については、以下の通りである。

・なぜ「地理」に取り憑かれたのか

自身は今まで「地理」という科目、学問と向き合ってきたわけであるが、そもそも地理に興味をもったきっかけとは何なのか。自身を省察し、地理に携わることとなったきっかけについて言及したい。

・「地理」を学習することで身につく視点と日常生活の関係、地理教育への応用

地理という学問は、日常生活と密接な関係にある。それは、地理学が実証を扱う学問であり、特に中学校・高等学校で扱う地理教育の内容は、その対象が私たちの生活する上で目にする情報や経験に当てはまるものが多いからである。では、地理を学習することによって身につけられる資質・能力とは何なのであろうか。代表的なものに「地理的な見方・考え方」が挙げられる。それでは、実際にこの地理的な見方・考え方が身に付くと、日常生活においてどのような視点が身につくのだろうか。自身の経験や、同じ道を進んできた大学院生の考えをもとに、一例を取り上げながら言及する。

また、新設科目である地理総合の柱となる地理情報システムや国際理解、防災などの観点は、ミクロスケールでたどっていくと私たちの生活圏にも関わりのある内容であることは間違いない。生徒が地理の学習に主体的に取り組むひとつのきっかけとして、生徒の有している知識や経験を活かし、そこから興味・関心をかき立てるようなコンテンツを授業の導入などに取り入れていくことも必要なのではないだろうか。地学においても、小地形などの教材は学校の周り、あるいは生徒の生活圏に広がっているだろう。授業の内容が、意外と生徒自身の生活に関わっているということを理解させることは、生徒が主体的に学ぶ機会を提供するために必要な視点ではないだろうか。

・大学、大学院での地理の学びに関して

大学および大学院での学びに関してここでは二点言及したい。一つは大学教育についてである。「地理は地名物産の暗記科目である」と揶揄されてきたものの、それをもっとも強く感じたのは、大学の教職科目で受講した地理学の講義である。教師になるために受講している学生に向けた講義で、なぜそのような内容なのか疑問に感じたというのが素直な感想である。教職科目においては、地理のもつ特性を活かした授業内容や方法について、教員と学生が意見交換できるような機会をもつことが望ましい。また、地理学における諸講義も、単に知識を講義形式で教授するものが多く感じられた。自身が大学生のときに所属していた地理学専攻の学生は、地理未習者が多くおり、そのような学生にとってみれば、それらは知識としてとどまるにすぎないものである。大学生になれば、それらの知識は自学でまかなえるものであり、大切なのはそれらの知識や概念が、どのように変化または深化して現在の研究と結びついているのかであると考える。

もう一つは大学・大学院双方の学びについて言えることであるが、地理・歴史・公民が協働した学びの機会が少ないように思える。これら社会系科目は、それぞれ独立した科目ではなく、相互的に作用している部分が多い。したがって、例えばある大テーマを設定し、それぞれの科目・分野の先生・生徒が一堂に会して、それ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ぞれの立場で意見交換したり、議論をしたりできる機会がもう少しあると、新たな視点が生まれたり、各科目間で協働できる要素を発見できたりすることが期待できる。

キーワード：地理教育、地理的な見方・考え方、知的好奇心
Keywords: Geography Education , Geographic View and Way of Thinking, Intellectual Curiosity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

理科と世間を新しい地理・地学で結ぼう
Let's build a bridge between "Rika" and society with new geography and geology education in class

*保坂 直紀[1]
*Naoki Hosaka[1]

1. サイエンスライター
1. science writer

現代社会にとって科学が必須の構成要素であるわりには、科学がからむ社会的な合意形成は「思考停止」状態になりがちだ。学校で触れる理科の延長線上に科学が見えず、式を使って答えは出せても、「科学」の皮膚感覚が得られずに大人になってしまうことが、その一因ではないか。地球温暖化をはじめとするグローバルな社会問題を前にして、世間のアンテナ感度を高めるには、地理・地学の学習は好適なはずだ。地理は社会科で地学は理科という区分けも、もういらない。旧来の学問体系から逃れがたい物理、化学などに先行して、地理・地学こそが、世間と学校の教室を結びつける案内人になってほしい。

キーワード：科学、社会、グローバル
Keywords: science, society, global

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[O-05] 日本人がやりがちなおかしな英語

コンビーナ:吉川 知里(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、宋 苑瑞(早稲田大学)、大垣内 るみ(海洋研究開発機構)、座長:吉川 知里(海洋研究開発機構)、宋 苑瑞、大垣内 るみ (海洋研究開発機構)

国際化が進む中、英語は多様化する国際社会を生きぬく全ての人達にとって欠かせないものとなっています。本セッションでは、日本語も堪能な外国人研究者と外国人言語学者を講師としてお招きし、地球惑星科学分野において日本人がやりがちな英語の間違いを教えてもらい、改善策を学びます。セッション後半では、日本人研究者の例をもとに、日本人の英語を修正してもらう、体験型講座を予定しています。研究者のみならず、一般の方々や中高生のみなさまも、学校の授業とは一味違う英語の学びを体験してみてください。そして、ぜひこの機会に自信を持って英語を使うヒントを見つけてください。

10:45 ~ 11:05

[O05-01] Giving a successful presentation in English: Mission Possible!

★Invited Papers

*Joel Laurier[1] (1.University of Tsukuba)

11:05 ~ 11:25

[O05-02] How to deliver good presentations in a foreign language

★Invited Papers

*S. Lan Smith[1] (1.Marine Ecosystem Dynamics Research Group, Research Centre for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

11:25 ~ 12:15

Discussion

Giving a successful presentation in English: Mission Possible!

*Joel Laurier[1]

1. University of Tsukuba

As with all skills, delivering a successful presentation requires painstaking effort. For people presenting in their second (or third) language, the task is even more daunting because it requires detailed attention to each spoken word. This presentation aims to help presenters of all levels, from the beginner to the seasoned expert, deliver easy to understand and effective public speeches. We will first look at common mistakes made in delivering oral presentations, then look at proposed ways to prepare and deliver quality speeches. A special emphasis will be placed on effective techniques to use in English presentations given by non-native presenters. Attendees will learn how to use body language, effective visuals, and story telling to deliver quality presentations.

Keywords: presentation skills, English speech



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

How to deliver good presentations in a foreign language

*S. Lan Smith[1]

1. Marine Ecosystem Dynamics Research Group, Research Centre for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Presenting in a foreign language, for example at international scientific meetings such as JpGU, can be an intimidating challenge. This challenge includes not only communicating one’ s own ideas clearly, but also understanding and responding to critical questions, typically within only a few minutes. We researchers can all benefit from continually developing the skills to present in an engaging way that makes a good impression on the audience. To this end, I will share my thoughts based on my experiences as a native English speaker who has worked as a researcher in Japan for 20 years. I have presented results in Japanese at many seminars, conferences, hearings at funding agencies, and job interviews. Of course, no native Japanese would ever mistake me for a native speaker, as will be obvious to all attendees! But still, I have found ways to communicate effectively and have even become nearly as comfortable presenting in Japanese as in my native English. My techniques include: 1) use simple wording, clear statements, and slides that are not too complicated, 2) practice each presentation at least three times, cut out the unnecessary, and get comfortable with the flow, and 3) engage actively with questioners and ask them to clarify their questions if necessary. Accept the challenge, build up your presentation skills, and expand the possibilities for your own career!

Keywords: English, communication, career development, international, skills

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[O-06] 激甚化する風水害にどう対応するか

コンビーナ: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)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、和田 章(東京工業大学)、座長:松本 淳(首都大学東京)

2018年は7月の西日本豪雨，9月の台風21号など，風水害の激甚化を実感する年となりました。地球温暖化の進行が懸念されるなか，風水害の激甚化は今後も進行するのか？またそれに対して，私たちの社会はどのように対応していったら良いのか？本セッションでは，このような疑問に答えるべく，大雨をもたらす原因となる気象，大雨で崩れる地面の地形・地質，豪雨で洪水を起こす河川，河川を流れた土砂や水が海洋にもたらす影響，それらを把握するリモートセンシングや地図・GIS等による現況把握，避難の問題点などについて，日本地球惑星科学連合（連合）の環境災害対応委員会に参加する学協会の専門家による講演をしていただきます。さらに2016年に設立され，連合も加盟している防災学術連携体に参加している学協会から，ダムによる洪水調節，建物・社会インフラの被害，公衆衛生・災害看護，災害復興，街づくりなどに関する講演をしていただき，今後の災害のさらなる激甚化に私たちはどう対応したら良いのかを探ります。また関連するポスター発表により，連合・防災学術連携体による多彩な防災への取組みに関する研究成果を紹介します。

13:45 ~ 14:00

[O06-01] 平成30年7月豪雨と猛暑：異常気象の連鎖と地球温暖化の影響

★招待講演

*中村 尚[1] (1.東京大学先端科学技術研究センター)

14:00 ~ 14:15

[O06-02] **台風等の気象災害が海洋生態系に与える影響**

★招待講演

*梅澤 有[1,2] (1.東京農工大学、2.日本海洋学会 海洋環境問題研究会)

14:15 ~ 14:30

[O06-03] 水害に関連する地形条件の把握とハザードマップ

★招待講演

*熊木 洋太[1] (1.専修大学文学部)

14:30 ~ 14:45

[O06-04] 2018年7月豪雨を事例とした無料衛星リモートセンシングデータの役割

★招待講演

*作野 裕司[1] (1.広島大学大学院工学研究科)

14:45 ~ 15:00

[O06-05] 2018年西日本豪雨におけるクライシスマッピング活動の現状

★招待講演

*古橋 大地[1] (1.青山学院大学)

15:00 ~ 15:15

[O06-06] 避難情報の時間・空間解像度と避難行動に関する考察

★招待講演

*畑山 満則[1] (1.京都大学防災研究所)

平成30年7月豪雨と猛暑：異常気象の連鎖と地球温暖化の影響
Extreme rainfall and heat wave over Japan in 2018 summer: A series of extreme events and underlying global warming

*中村 尚[1]
*Hisashi Nakamura[1]

1. 東京大学先端科学技術研究センター
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo

2018年夏，我が国では豪雨，猛暑，台風と多くの気象災害が発生した。取り分け，7月上旬に起きた「平成30年7月豪雨」は，西日本を中心に広域で記録的な雨量となり，河川の氾濫や土砂崩れなどにより，犠牲者220名超の甚大な被害をもたらした。特に，7月5日から7日にかけては，普段比較的雨量の少ない瀬戸内地方を中心に48～72時間降水量の記録を更新した地点が続出し，災害の甚大化につながった。この広域での持続的な豪雨は，過去最大級の多量の水蒸気を含む熱帯からの気流が西日本上空に流入し続けたために起きた。この要因は，東シナ海南部の低圧部の影響もあって，アジアモンスーンに伴う湿った西風が東方に流れ，平年より強い太平洋高気圧に伴う貿易風と合流して強い南寄りの気流を形成し，西日本に停滞した梅雨前線に流れ込み続けたことである。低圧部の積雲対流により水蒸気が対流圏中層にまで拡がったことや，強い南風が黒潮からの蒸発を促したことも雨量を増やす一因となった。

7月上旬の西日本豪雨の要因は，一連の「異常気象の連鎖」の中で捉えられるべきものである。6月下旬に欧州方面から伝播してきた強い波動（シルクロード・パターン）により上空の亜熱帯ジェット気流（熱帯気団と中緯度気団の境界を吹く）が異常に北上し，太平洋高気圧を異常発達させた。この影響で関東甲信地方の史上最早の梅雨明けと，梅雨前線の異常な北上による北海道での記録的豪雨がもたらされた。その後，太平洋高気圧の弱化につれ梅雨前線が南下する一方，日本の北方で亜寒帯ジェット気流（極域気団と中緯度気団の境界を吹く）も強く蛇行し，地表のオホーツク高気圧を異常発達させ，その北東気流が梅雨前線に伴う気温傾度を著しく強化した。その直後にシルクロード・パターン第二波に伴う亜熱帯ジェット気流の蛇行強化により太平洋高気圧が再強化されて梅雨前線の停滞と水蒸気流入の持続をもたらした一方，朝鮮半島上空で気圧の谷が深まって梅雨前線近傍の上昇流が強化されて西日本で積乱雲が発達した。

そしてシルクロード・パターン第三波により，7月10日頃には梅雨前線が西日本からも北上し，北陸以西で梅雨が明けた。豪雨期とは異なり，亜熱帯ジェット気流は朝鮮半島付近で最も北に蛇行したため，西日本での上昇気流が止み，持続的猛暑をもたらした。その後，第四波による高気圧と下降気流の強化の下で，熊谷で最高気温記録が更新され，月末の第五波に伴っても各地で記録的な暑さとなった。加えて，梅雨明け後は熱帯北西太平洋での活発な積雲対流活動の影響で太平洋高気圧が持続的に強化されていた。この「太平洋・日本（PJ）パターン」としての高気圧強化は，台風の発生が記録的に多かった8月も持続した。

2018年夏には北半球中高緯度の各地で異常気象が発生した。特に多かったのは異常高温である。もしシルクロード・パターンのような波動によるジェット気流の南北への蛇行のみが原因であれば，異常低温と異常高温が東西に交互に並んで発生するはずである。しかしながら実際に異常高温のみが目立っていたのは，北半球中緯度域で3月以来続く記録的な高温傾向である。これには，北太平洋・大西洋に拡がる暖水偏差の影響でジェット気流の北上傾向が続いたことも影響したと考えられる。

さらに，背景にある地球温暖化の寄与も決して無視できない。実際，我が国の夏季平均気温は過去30余年で約1℃上昇した．これに伴い，2003年以降顕著な冷夏は発生しておらず，近年では高温記録が頻繁に更新されるようになった。温暖化傾向とともに，下層の水蒸気量も過去30年で約10%増加し，大雨の強度もほぼ同じ割

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

合で増大傾向にある。また，日本近海は全海洋平均よりも速いペースで温暖化が進んでおり，夏に熱帯からの暖湿気流が日本に流入するまでにその対流不安定性が維持されるようになったことも豪雨強度の増大の背景にある。同時に，台風も余り減衰せずに日本に接近する傾向にある。今後も温暖化の進行とともに，2018年夏のように，豪雨・猛暑・強い台風と，災害をもたらす異常気象が連鎖しやすくなる傾向が強まることが懸念される。

キーワード：平成30年7月豪雨、猛暑、異常気象、ジェット気流の蛇行、地球温暖化
Keywords: heavy rainfall event over western Japan in July 2018, heat wave over Japan, extreme climate events, jetstream meanders, global warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風等の気象災害が海洋生態系に与える影響
Influence of meteorological disasters on marine ecosystem

*梅澤 有[1,2]
*Yu Umezawa[1,2]

1. 東京農工大学、2. 日本海洋学会 海洋環境問題研究会
1. Tokyo University of Agriculture and Technology, 2. Study Group on Marine Environmental Problems, the Oceanographic Society of Japan

日本海洋学会の海洋環境問題研究会は、1973年の設立以降、海洋環境問題に関するナイトセッションや、シンポジウムの開催、また、科学的知見に基づいた提言のとりまとめを行ってきた。

近年、地球温暖化に伴い、集中豪雨の増加等の気象現象の変化が沿岸海域を中心として、海洋生態系に大きな影響を与えてきている。しかしながら、本研究会において、気象災害を海洋環境問題の１つのリスクと捉えた取り組みは、これまで、なされてこなかったのが現状である。本発表では、台風等の気象現象が海洋生態系に与える影響について、既存の研究例をとりまとめて報告し、今後の連携研究に活かされることを期待する。

キーワード：沿岸海域、縁辺海、気候変動
Keywords: coastal areas, marginal seas, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水害に関連する地形条件の把握とハザードマップ
Understanding of geomorphic condition indicating the flooding disaster and hazard mapping

*熊木 洋太[1]
*Yohta KUMAKI[1]

1. 専修大学文学部
1. Senshu University

人々が自然災害の危険性の高い場所はどこかを知っていることが大切である。地形条件の中には，水害・土砂災害と密接な関係のあるものがあり，災害の危険性を把握することに役立つ。例えば，くり返し土石流が流下したところは，土石流物質が堆積して形成される特有の地形（沖積錐，土石流扇状地などと呼ばれる）が形成され，この地形の場所は，将来再び土石流が流下する可能性が高いと判断することができる。また，下流に狭窄部があったり，より大きな川の堆積地形や海岸の堆積地形によって閉塞状態となったりしている河川沿いは，水害の被害が大きくなりやすい。落堀（おっぽり），クレバススプレーといった過去の破堤を示す地形が認められることもある。水害は多少なりとも地形を変化させるが，この変化の積み重ねで現在の地形が形成されてきたことから，上記のような地形を手がかりに，その地域でどのような地形形成作用が働いて現在の地形が形成されてきたかを知ることは，その場所でどのような水害が発生してきたか，今後水害が発生する場であるのかどうか，ということを知ることにほかならない。地形の状態を知るには，地形図，数値標高データ（DEM)，空中写真などを使うのが効果的で，安価に，しかも面的にすき間なく調査できる点で効果的である。

このようなことから，地形条件は，ハザードマップ作成の基礎的な情報となっている。水害のハザードマップでは，これに加え，高度なシミュレーションを行っている場合も多い。しかし，シミュレーションは，どういう想定をするかで結果は変わり得る。また，どこが危険でどこが安全かを明確に示そうとすると，大胆な割り切り（単純化）が必要となる。そういうことを踏まえると，住民はハザードマップに示された危険度判定の結果だけでなく，地形条件をはじめとしてその地域の災害特性を理解し，いざというときに主体的に判断できることが望ましい。日本では，大きな平野ではいくつかの種類の地形分類図が作成されており，活用できる。

キーワード：災害リスク、土石流、地形変化、地形学図
Keywords: disaster risk, debris flow, landform change, geomorphological map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年7月豪雨を事例とした無料衛星リモートセンシングデータの役割
A role of free satellite remote sensing data as a case study of heavy rain disaster in July 2018

*作野 裕司[1]
*Yuji Sakuno[1]

1. 広島大学大学院工学研究科
1. Graduate School of Engineering, Hiroshima University

2018年7月に西日本を中心とした豪雨災害が発生した．災害直後から，様々なタイプの空中写真や衛星リモートセンシング（RS）画像が撮影された．本発表では，この中でも特に広島県周辺の陸域および沿岸海域において，無料で入手できる光学・合成開口レーダ（SAR）データを解析した地表面解析結果とその役割について紹介される．このうち，10～30mの解像度を持つLANDSAT-8とSentinel-2のような衛星光学センサは，災害前後の画像の差分を利用することにより，広域の土砂崩れや河川の土砂堆積の様子を非常にわかりやすく住民に伝えることができた．一方，このような光学センサは，雲の影響を受けるため，迅速な被害推定には向かなった，そこで，雲の影響をうけない，Sentinel-1のようなSARセンサを使って，光学センサと同様な方法で差分画像が作成された．この作業によって，特に浸水域の抽出が迅速に行われた．今後は，これらの作業をマニュアル化し，衛星データさえダウンロードされれば，誰でも同様の解析が迅速にできるソフトを作る予定である．そして，このようなマニュアルとソフトを使ったデータ処理講習を定期的に地元の行政機関や建設系のコンサルタントに実施することにより，災害時におけるRSデータの早期活用を目指したい．

キーワード：衛星、洪水、合成開口レーダ
Keywords: satellite, flood, SAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

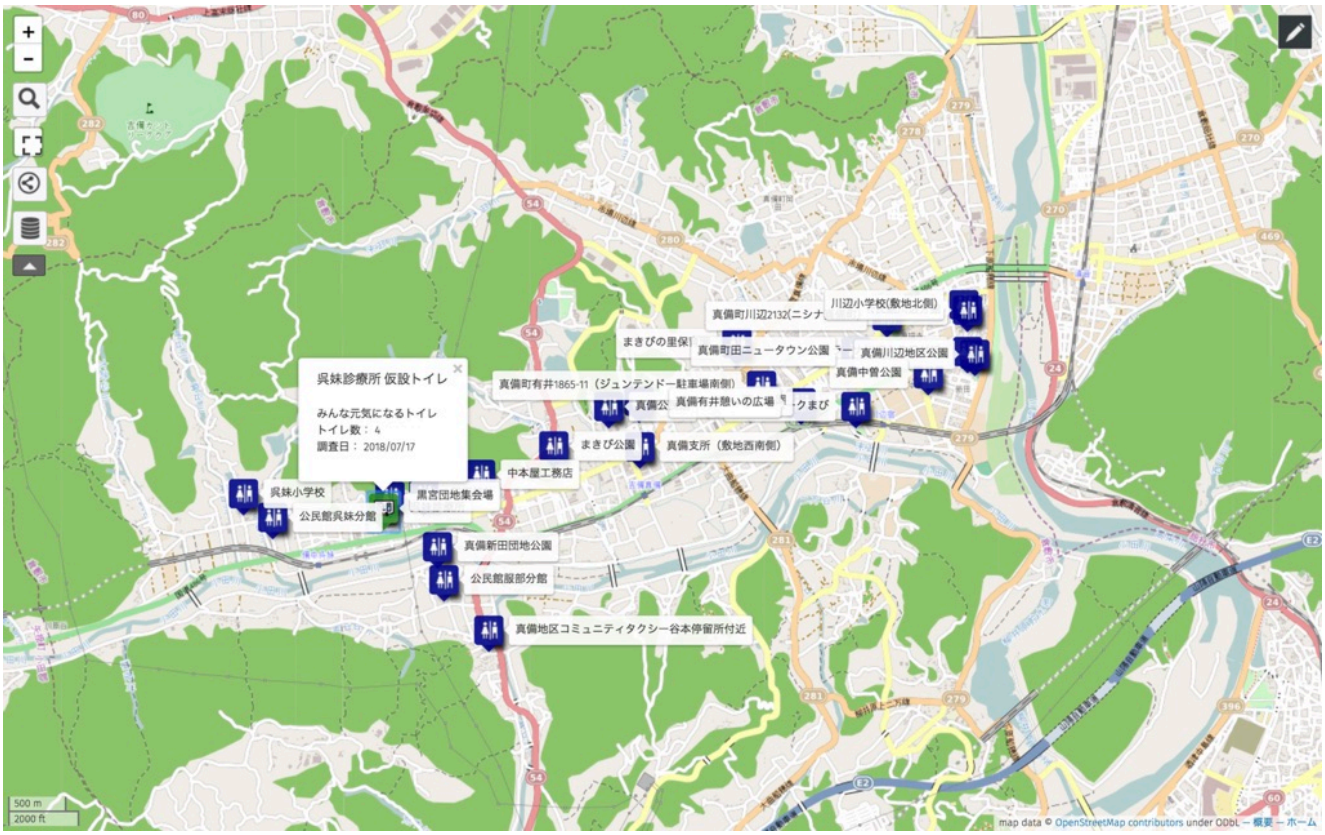
2018年西日本豪雨におけるクライシスマッピング活動の現状
State of the Crisis Mapping for heavy rain in west of Japan, 2018.

*古橋 大地[1]
*Taichi Furuhashi[1]

1. 青山学院大学
1. Aoyama Gakuin University

2018年7月上旬に西日本を中心に発災した平成30年7月豪雨災害では、岡山県倉敷市の真備町をはじめ、多くの地域で洪水、浸水、土砂災害による被害が発生し、その全容の把握には一定の時間が必要とされた。災害時における迅速な被災地の地図作りを市民参加型のボランタリーな地理情報(VGI)として実施するクライシスマッピング活動に学生らと取り組み、現地ボランティアと連携し、混乱状態にある道路状況を加味した支援車両向けルートマップや、避難所・仮設トイレ設置場所等を地図上に展開し逐一更新した。未来の大災害に備え、クライシスマッピングの一般化に向けた現状の課題と今後の方向性について報告を行う。

キーワード：GIS、VGI、map
Keywords: GIS, VGI, map



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

避難情報の時間・空間解像度と避難行動に関する考察
A Study on Spatial and Temporal Resolution of Evacunation Infomation for Effective Evacuation Behavior

*畑山 満則[1]
*Michinori Hatayama[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

１．はじめに

平成29年九州北部豪雨、平成30年7月豪雨など近年、気候変動の影響で、過去に経験したことのない豪雨や台風が日本を襲い、各地に大きな爪痕を残している。これら過去に経験したことのない自然現象においては、まず命を守る行動、つまり適切な避難が求められる。避難のきっかけとなる避難情報は、重要であるが場合によっては、行政の指示待ち体質を作ることになるため、いつどのように発表し、どのように活用するのかについて様々な議論がなされてきた。平成25年台風26号に伴う豪雨により発生した伊豆大島土砂災害では、避難勧告が発令されなかったことが、平成26年8月豪雨災害に伴う広島土砂災害では、避難情報の遅れが問題視された。これらの課題を受けて、平成29年には「避難勧告等に関するガイドライン」が改正されたが、これらの情報が避難行動につなげられているかについては未だ議論の余地を残している。本稿ではこれらの課題について考察する。

２．避難情報と期待される行動

「避難勧告等に関するガイドライン」では、避難準備・高齢者避難開始、避難勧告、避難指示（緊急）といった避難情報の発令について、受け取る立場にたち、地域の実情に応じた基準を作成することを推奨している。避難行動には、災害の危険性が高まったときにいる場所に応じて、指定緊急避難所に移動する立ち退き避難だけでなく、「近隣の安全な場所」への立ち退き避難、建物内でより安全な部屋に移動する屋内安全確保が期待されている。

３．時間解像度に関する考察

豪雨による洪水や土砂災害においては、降雨量の時間予測を連動して避難情報を発表することとなる。近年では、災害の発生が深夜と予測されることも多いが、深夜に災害情報を発表しても、避難行動につなげられない場合が多い。これを考慮して、避難行動がとれる時間帯から避難することが進められているが、危機感がない中での避難情報では避難行動につながらない場合が多い。

４．空間解像度に関する考察

避難情報は、一般的に各戸に対してではなく、一定の領域に対して発表される。この空間解像度は、統一な基準があるわけではなく、各自治体によりまちまちである。領域が大きいと、領域内でリスクの高いところと低いところが混在しているところが多く、避難行動をとる必要がないと判断してしまう住民も多い。しかし、災害対応に十分な人員を割けない自治体では、領域をさらに絞り込むことは難しく、各戸に対して避難すべきか否かを判断することは難しい。

５．おわりに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

避難情報は、その時間解像度や空間解像度も併せて知っておかないと避難行動の判断にはなりえない。これらの情報を正しく受け取り適切な行動を起こすためには、住民側の意識啓発が伴う必要がある。これを実現するためには、行政だけでなく、地域や家庭での取り決めを作り対応することが求められる。

キーワード：災害情報、避難行動
Keywords: disaster information, evacuation behavior

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[O-06] 激甚化する風水害にどう対応するか

コンビーナ: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)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、和田 章(東京工業大学)、座長:和田 章(東京工業大学)、高橋 幸弘(北海道大学)

2018年は7月の西日本豪雨，9月の台風21号など，風水害の激甚化を実感する年となりました。地球温暖化の進行が懸念されるなか，風水害の激甚化は今後も進行するのか？またそれに対して，私たちの社会はどのように対応していったら良いのか？本セッションでは，このような疑問に答えるべく，大雨をもたらす原因となる気象，大雨で崩れる地面の地形・地質，豪雨で洪水を起こす河川，河川を流れた土砂や水が海洋にもたらす影響，それらを把握するリモートセンシングや地図・GIS等による現況把握，避難の問題点などについて，日本地球惑星科学連合（連合）の環境災害対応委員会に参加する学協会の専門家による講演をしていただきます。さらに2016年に設立され，連合も加盟している防災学術連携体に参加している学協会から，ダムによる洪水調節，建物・社会インフラの被害，公衆衛生・災害看護，災害復興，街づくりなどに関する講演をしていただき，今後の災害のさらなる激甚化に私たちはどう対応したら良いのかを探ります。また関連するポスター発表により，連合・防災学術連携体による多彩な防災への取組みに関する研究成果を紹介します。

15:30 ~ 15:45

[O06-07] 大規模広域豪雨災害と多層的な対策

★招待講演

*小池 俊雄[1] (1.国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター)

15:45 ~ 16:00

[O06-08] 洪水から命と生活を守る建築の技術と知恵

★招待講演

*田村 和夫[1] (1.建築都市耐震研究所)

16:00 ~ 16:15

[O06-09] 災害廃棄物管理の現状と課題－近年の災害からの教訓－

★招待講演

*森口 祐一[1]、大迫 政浩[2] (1.東京大学大学院工学系研究科、2.国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター)

16:15 ~ 16:30

[O06-10] 児童生徒と地域住民のための避難計画

★招待講演

*佐藤 健[1]、矢崎 良明[2] (1.東北大学、2.学校安全教育研究所)

16:30 ~ 16:45

[O06-11] 激甚化する水害における健康危機と看護

★招待講演

*神原 咲子[1]、山本 あい子[2] (1.高知県立大学、2.四天王寺大学)

16:45 ~ 17:00

[O06-12] 総合討論

*松本 淳[1,2]、高橋 幸弘[3]、和田 章[4] (1.首都大学東京、2.JAMSTEC、3.北海道大学、4.東京工業大学)

大規模広域豪雨災害と多層的な対策
Multi-layered Countermeasures against Widespread Devastating Flood Disasters

*小池 俊雄[1]
*Koike Toshio[1]

1. 国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
1. International Centre for Water Hazard and Risk Management

1958年以降で最大の水蒸気収束が2018年7月初旬に西日本中心に記録された。その結果、24~72時間の長時間豪雨の記録が各所で更新され、破堤・溢水による浸水、土石流、都市部での内水氾濫等の災害が発生した。また、本川と支川の合流部におけるバックウォーター現象や、土砂と洪水が同時に氾濫する土砂・洪水氾濫等の複合的な要因による水災害が発生した。さらに、８ダムにおいて洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作に移行せざるを得ない事態となった。このとき、放流情報等が避難に活用されていない地域があったことも新たな課題と認識された。これらの結果、死者行方不明が232名にも及ぶ大災害となり、経済活動等においても甚大な被害が生じた。なお、一つの災害で200名を超える犠牲者が出たのは1972年以来のことであった。

これらの特徴や課題を整理して、対策における基本的な考え方に基づいて速やかに実施すべき事項を取りまとめて、2018年12月13日、社会資本整備審議会から国土交通大臣に答申された。答申では、一人ひとりが主体的に避難できる地域社会を目指して、マスメディアや通信の民間事業者等の協力を得て、災害、リスク、避難の情報の内容や発信方法を充実させて、自助、共助を支援するための仕組みづくりに取り組むこととされている。また複合災害や施設能力を超える災害外力に対する社会資本整備の在り方や、復旧・復興を迅速化する取組や災害リスクへの配慮の推進する方策についても提言している。このように多層的な取り組みを一体感を持って進めていくことが肝要である。

キーワード：浸水、土石流、バックウォーター現象、異常洪水時防災操作
Keywords: flood, debris flows, backwater, emergency water-discharge operations to avert reservoir overflows

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

洪水から命と生活を守る建築の技術と知恵
Technologies and wisdom in housings and buildings for protecting our lives from river floods

*田村 和夫[1]
*Kazuo Tamura[1]

1. 建築都市耐震研究所
1. Seismic Design Laboratory

狭い国土で急峻な地理的・地形的条件を抱える我が国には、河川の氾濫による浸水・冠水などの被害を受ける危険性の高い地域が全国に多く存在する。治水対策としてのダムや河川堤防整備によりこれらの被害は抑制されてきたが、一方で地域の水害に対する意識の低下につながり、災害リスクを高めてきたという側面もある。洪水に備えて、家のつくり方や暮らし方を工夫してきた我が国の歴史が忘れられてきている。海抜ゼロメートル地帯や、河川の水面より低位に地盤面が存在し、堤防が決壊した場合には甚大な被害を生じる地域も多い。このような状況下、近年気象現象が激化しており、長時間に及ぶ豪雨などにより、河川の決壊や氾濫が全国的に頻発している。

河川堤防の補強整備や遊水地などの整備により居住地の浸水被害を防止しようとする活動が進められてきているが、堤防による防護は、流域全体にわたり線上に切れ目なく確実に行う必要があり、今後さらに激化する気象現象に対し、このような対策だけでは限界がある。流域に建つ建築物側での対応策も活用し、流域全体を総合的にとらえて、個々の様々なタイプの激しい降雨現象に対して、それぞれの地域での安全性を確保する方法をとるべきである。地域住民としても、自らの命や生活を守るために、水害に対する最後の砦である建物や地域の安全確保に力を入れるべきである。

本講演では、主として河川氾濫に対する安全性確保に焦点を絞り、建築分野における災害対策に関する現状と、適用可能な技術について、事例を交えて解説する。

浸水時の対応として、情報伝達や建物内外の避難経路確保の問題、設備機器の配置の工夫による建物機能の維持などがあるが、建築物や敷地での対応策としては、浸水深さ以上の高さに居住域を確保する方法が一般的である。例えば、従来、盛り土により敷地をかさ上げすることはよく行われている。これは浸水対策としては有効であるが、盛り土の高さが高い場合には豪雨で流されない頑強な地盤構造にする必要がある。また、地震時には盛り土地盤により地震動が増幅される可能性があり、このことへの配慮が必要である。

また建築構造体としては、例えば木造建物の場合、背の高い頑丈な鉄筋コンクリート製基礎の上に建物を固定する方法がある。鉄筋コンクリート造や鉄骨造の場合にも同様の考え方で、浸水を前提にした建築計画を採用することができる。また、1階部分を構造体の柱のみにしたピロティ建築を採用すると、河川堤防の近傍などでの氾濫流に対する抵抗力も減じることができ有効である。またさらに、ピロティ構造と免震を組み合わせて、1階柱の上に免震装置を設置してその上に建物を載せる構造方式は、耐震と水防を兼ね備えた構造として有効である。なお、このような構造は河川の氾濫に対してだけでなく、集中豪雨による市街地の内水氾濫に対しても有効である。
既存の市街地の建物全体を一気に変えることは難しいが、上記の対策を施した建物を、地域の避難や災害時対応のための拠点として整備するなどの対応はとれる。また、既存建物の更新時に、以上のような意識の下、災害対策を講じることで、次第に洪水に対する抵抗力の高い市街地をめざす姿勢が必要である。河川流域の治水を考える上でも、守るべき対象である建築物側でのこのような対応も考慮して、総合的な施策を進めていくことが望まれる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：洪水、建築構造、災害対策、ピロティ、免震
Keywords: flood, building structure, countermeasure, piloti, base isolation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

災害廃棄物管理の現状と課題ー近年の災害からの教訓ー
State and Challenges of Disaster Waste Management - Lessons from Recent Disasters –

*森口 祐一[1]、大迫 政浩[2]
*Yuichi Moriguchi[1], Masahiro Osako[2]

1. 東京大学大学院工学系研究科、2. 国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター
1. Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Center for Material Cycles and Wasre Management Research, National Institute for Environmental Studies

巨大な津波により甚大な被害を受けた沿岸部を中心に、大量の災害廃棄物が発生した東日本大震災から8年が経過し、この間、南海トラフ地震や直下地震などを想定におきながら、廃棄物処理法、災害対策基本法の一部が改正された。巨大災害の発生時においても、災害廃棄物の適正な処理と再生利用、円滑かつ迅速な処理が確保されるよう、国、地方自治体、民間事業者などの関係主体の役割と連携強化が示され、とくに、処理の方針や体制について、平時から事前の備えを強化すべきことが強調された。行政、民間事業者、専門家からなる災害廃棄物処理支援ネットワーク（D.Waste-Net）の組織化や災害廃棄物の分別・処理のマニュアル化は、その後発生した災害時にも一定の貢献を果たしたが、事前の備え、発災時初期の情報伝達、仮置き場の確保などにおいて、なお課題を残している。東日本大震災以前に水害廃棄物の処理計画が策定されていながら、震災後の改訂時には地震、津波を主に想定していた事例もあり、近年の大災害から得た教訓を、風水害をはじめとする地震・津波以外の災害への備えにも適切に活用することが必要である。

キーワード：災害廃棄物、仮置き場、分別・処理、処理支援ネットワーク
Keywords: Disaster waste, Tentative storage site, Separation and treatment, D.Waste-Net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

児童生徒と地域住民のための避難計画
Evacuation Planning for School Children and Community Residents

*佐藤 健[1]、矢崎 良明[2]
*Takeshi Sato[1], Yoshiaki Yazaki[2]

1. 東北大学、2. 学校安全教育研究所
1. Tohoku University, 2. Institute of Safety Education for School Children

地震の場合に対して、台風や大雨の場合は避難開始までに一定のリードタイムが存在することから、ローカルな地域特性をふまえたタイムラインの作成や避難計画を事前に策定しておくことは、児童生徒や地域住民の命をまもるために極めて有効である。一方で、学校教員や地域住民が個々のローカルな地域特性をふまえることは、特に自然条件の理解において困難を伴うことから、学校防災や地域防災の現場において残された課題は少なくない。また、学校防災と地域防災との連携や融合の取り組みも重要性を増している。そこで、防災研究成果の社会実装に向けた「学術」の社会的貢献について、著者らによる実践事例を交えて述べる。

キーワード：自然災害、避難、教育
Keywords: Natural Disaster, Evacuation, Education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

激甚化する水害における健康危機と看護
Health Emergency and Nursing on Flood Disaster

*神原 咲子[1]、山本 あい子[2]
*Sakiko Kanbara[1], Aiko Yamamoto[2]

1. 高知県立大学、2. 四天王寺大学
1. University of Kochi, 2. Shitennoji University

昨今、激甚水害は、今や日本どこで起こっても不思議ではなく全ての地域社会で備える必要がある。日本の保健医療対応は災害＝地震を想定し、直前の激甚災害の教訓に基づいた救急救護を中心とした画一的なマニュアルや対応の傾向があるが、水害の特徴は、瞬時に起きるものではなく、夏場に多発し、高温多湿、豪雨、台風などが断続的に伴う。発災時に避難する余地があり、生死が分かれる生存者に重症患者が多くない。建物の倒壊はないものの、被災家屋、家電がほぼ使えなり、避難移住も含め生活環境が悪化する。生活衛生の悪化、感染症、熱中症のリスクが高まり、農作物被害、アクセス途絶に加えて食糧不足する。更には食中毒予防のための限られた食材・調理法による栄養の偏りも見られる。また長期に渡る生活の変化は生活習慣病、精神疾患も引き起こす。これらの健康被害は、包括的な環境改善と全人的なケアによってリスク削減が可能であり、学際的で汎化性を見据えた議論が望まれる。

キーワード：洪水、健康危機、看護
Keywords: Flood, Health Emergency, Nursing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

総合討論
General discussion

*松本 淳[1,2]、高橋 幸弘[3]、和田 章[4]
*Jun Matsumoto[1,2], Yukihiro Takahashi[3], Akira Wada[4]

1. 首都大学東京、2. JAMSTEC、3. 北海道大学、4. 東京工業大学
1. Tokyo Metropolitan University, 2. JAMSTEC, 3. Hokkaido University, 4. Tokyo Institute of Technology

本セッションでは，総合討論を行います。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[O-07] キッチン地球科学：手を動かす実験で頭脳を刺激しよう！

コンビーナ:熊谷 一郎(明星大学理工学部)、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)、栗田 敬、市原 美恵(東京大学地震研究所)、座長:熊谷 一郎(明星大学理工学部)、久利 美和(東北大学災害科学国際研究所)、市原 美恵(東京大学地震研究所)、栗田 敬

キッチン地球科学は、身の周りにある物や道具を用いたアナログ実験によって、地球惑星科学現象を理解することを目的としています。アナログ実験は、現象を支配する物理を明らかにするという重要な役割を持っていると同時に、自然の持つ不確定要素にも満ちており、ときに予期しない現象が観察されます。それらは、我々に驚きの発見や考える機会を与え、そして新たな問題を提起します。こうした経験は、地球惑星科学の若手研究者のみならず、科学的な思考が必要とされる現代人にとっても重要です。本セッションでは、「手を動かすことの利点」に着目し、「不確定要素の詰まった」、「結果のわからない」、「失敗を糧とする」実験をすることの重要性について考えたいと思います。初等・中等教育での地球惑星科学への導入として、高等教育での教養教育あるいは分野融合型の問題解決型課題として、さらにはアウトリーチ活動や地域社会の中での生涯教育の試みとしてなど、幅広い実験事例を募集します。「手を動かして頭脳を刺激する」キッチン地球科学への多くの皆様の積極的なご参加を歓迎いたします。

9:00 ~ 9:15

[O07-01] ゼロカロリー甘味料を使った火成岩の結晶成長を理解する実験

*古川 邦之[1]、渡部 里々花[1]、伊藤 季紗[1]、小谷 沙織[1] (1.愛知大学経営学部)

9:15 ~ 9:30

[O07-02] Making volcanic edifice with edible lava

*金丸 龍夫[1]、藤縄 明彦[2] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)

9:30 ~ 9:45

[O07-03] 柱状節理の幾何パターン解析と澱粉ペーストによるアナログ実験

*秋葉 祐里[1]、高島 愛果[1]、島 弘幸[2] (1.山梨大学 医工農学総合教育部 生命環境学専攻、2.山梨大学 大学院総合研究部 生命環境学域)

9:45 ~ 10:00

[O07-04] Viscoelastic characterization of a solid projectile impact onto a dense potato starch suspension

江川 嘉寿也[2]、*桂木 洋光[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学理学部地球惑星科学科)

10:00 ~ 10:15

[O07-05] 混合粉体がつくる砂山のパターン形成ー縞パターンと分離パターンの選択メカニズムー

★招待講演

*下川 倫子[1]、坂口 英継[2] (1.福岡工業大学、2.九州大学)

10:15 ~ 10:30

[O07-06] 電子工作キットGC10のガイガー＝ミュラー計数管で放射線量を測る

*はしもと じょーじ[1]、小汐 由介[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科)

ゼロカロリー甘味料を使った火成岩の結晶成長を理解する実験
Analogue experiments for understanding a crystal morphology variation of igneous rocks using a no-calorie sweetener

*古川 邦之[1]、渡部 里々花[1]、伊藤 季紗[1]、小谷 沙織[1]
*Kuniyuki Furukawa[1], Ririka Watanabe[1], Risa Ito[1], Saori Kotani[1]

1. 愛知大学経営学部
1. Faculty of Business Administration, Aichi University

マグマは冷却に伴い結晶化が進行する。形成される結晶の数やサイズ、形態は主に過冷却度に支配されている。天然の火成岩は様々な冷却履歴を経て形成されるので、結晶の産状は多様である。深成岩と火山岩の結晶組織の違いについては高等学校までに学習するが、実際の野外調査や顕微鏡観察では、さらに複雑な組織に出会うことになる。そのため、大学で地質学や岩石学を学ぶ学生は、より詳細な結晶形成過程を理解する必要がある。そこで私たちは、マグマ中における結晶化プロセスを直感的に理解できる簡単な実験を提案する。

実験には、甘味料であるエリスリトール($C_4H_{10}O_4$)を使用する。エリスリトールはカロリーゼロなので、ダイエット目的でよく使用される。エリスリトールの融点は121℃であるため、カセットコンロや家庭用ホットプレートなどで簡単に溶かすことができる。また液状のエリスリトールは比較的粘性が低いため、小さな過冷却度(高温)でも結晶が形成される。これは粘性の高い砂糖とは異なる点である。ガラス容器内で溶かしたエリスリトールを、様々な速度で冷却することで、多様な結晶の産状を作ることができる。容器やエリスリトールの量は任意で良いが、私たちは直径90mmのガラスシャーレに25gのエリスリトールを溶融させた。多様な冷却速度については、徐冷用ガラスマットやタオル、氷などを用いることで作り出した。その結果、過冷却度の上昇と共に、形成される結晶形態は自形、樹枝状、球晶と変化し、また結晶サイズは小さくなる傾向があった。球晶については大きな冷却速度が必要で、ガラスシャーレだと急冷により破損することが多い。そのため、スライドガラス上において、エリスリトールのメルトをカバーガラスで封入して冷却する方法の方が、表面積が大きくなり冷却速度が上がるので、容易に作ることができる。これらの結晶組織の特徴は、火成岩で観察されるものと類似している。特に、過冷却度が大きくなりやすい珪長質火山岩とはよく類似している。

また、赤外線放射温度計を用いて冷却中のメルト温度を測定することもできる。例えば、冷却速度の簡単な定量化もでき、今回の場合は冷却速度が概ね12℃/minを境に自形と樹枝状が変化し、40℃/minで樹枝状と球晶の変化が観察された。さらに、結晶化が進行すると潜熱の放出によりメルト温度が上昇に転じることも測定できる。結晶化に伴う昇温は、溶岩やマグマ溜まりのレオロジーにも重要であると考えられている。さらに顕微鏡により、リアルタイムで結晶成長を観察することもできる。

以上の実験を、地質学および岩石学などの実習教育に取り入れることで、結晶成長の直感的な理解が可能になると考えられる。結晶成長を理解した上で、野外や顕微鏡下での観察にのぞめば、それらの産状から冷却過程に関する制約を与えることでき、地質現象の正確な解釈に繋がると考えられる。

キーワード：エリスリトール、結晶化、火成岩
Keywords: Erythritol, Crystallization, Igneous rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Making volcanic edifice with edible lava

*金丸 龍夫[1]、藤縄 明彦[2]
*Tatsuo Kanamaru[1], Akihiko Fujinawa[2]

1. 日本大学文理学部地球科学科、2. 茨城大学理学部理学科地球環境科学コース
1. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities & Sciences, Nihon University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ibaraki University

Volcano is a window through which inside of the living earth can be seen, and also gives us a lot of grace and pleasure. On the other hand, volcanic disasters always hit human societies sitting on volcanic countries. In order to feel familiar with the volcano and get along well with the volcanoes, it is very important to know how the volcanoes have been formed. For this purpose, it is best to observe directly a volcanic eruption or perform a geological survey. However, it is difficult for non-experts to do the field survey. Therefore, efforts to make volcanoes understandable easily even by non-experts have to be made. In fact, the effort such as flow experiment of lava flow using miniature model, analog experiment of eruption using food, etc. have been conducted actively in recent years (e.g. Hayashi, 2006). In this presentation, we will introduce a lava flow experiment using pseudo-magma material prepared by mixing chocolate, gelatin, milk and heating it in a microwave oven. In addition, making pseudo-scoria formed by foaming of the same substance will be exhibited. In the lava flow experiment, it is possible to produce characteristic forms on the real lava flow surface, such as lava inflation, lava levee, ropy lava, etc. Pseudo-scoria produced by the experiment is optimum for observation of bubbling of lava.

キーワード：チョコレート溶岩、ゼラチン、食べられる火山
Keywords: chocolate lava, gelatin, edible volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

柱状節理の幾何パターン解析と澱粉ペーストによるアナログ実験
Columnar joint: Geometric pattern analysis and analogue experiment using starch pastes

*秋葉 祐里[1]、高島 愛果[1]、島 弘幸[2]
*Yuri Akiba[1], Aika Takashima[1], Hiroyuki Shima[2]

1. 山梨大学 医工農学総合教育部 生命環境学専攻、2. 山梨大学 大学院総合研究部 生命環境学域
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Yamanashi, 2. Department of Environmental Sciences, University of Yamanashi

柱状節理とは、岩体を規則的に貫く角柱状の亀裂であり、マグマの冷却収縮と破断によって形成されたものである。その例としては、北アイルランドのGiant's Causewayやイギリス・スタファ島のFingal Cave、アメリカのDevil's Towerが世界的に有名であるほか、日本国内でも兵庫県の玄武洞で見ることができる。

柱状節理の特徴に関しては、地球物理分野での長年の研究によって様々な成果が報告されてきた。ただし、その形成メカニズムについては、理論予測を立証するだけの明確な結果が得られているとは言い難い。その主な原因は、柱状節理の再現実験が困難である点にあった。しかし近年になって、柱状節理と類似した規則的な亀裂構造を、身近な材料を使って極めて容易に実現できることが発見された。その材料とは、澱粉の粉と水を混ぜて出来る澱粉ペーストである。

澱粉ペーストを用いた柱状節理のアナログ実験は、以下の方法で行うことができる。まず澱粉粉と少量の水をよく混合して、ペースト状にする。次にこのペーストを容器に流し込み、ペーストの表面に白熱灯の光を照射して、そのまま長時間放置する。すると、表面部分からの水分蒸発に伴い、ペースト表面が乾燥してひび割れを起こす。さらに時間が経過すると、この表層のひび割れはペースト内部に向かって徐々に進展し、結果的にペースト全体を規則的に貫く角柱構造が形成される。さらに完全乾燥後のペースト表面には、柱状節理と同様、網目状の多角形模様が発生するのである。

柱状節理と澱粉ペースト。この2つの系は、化学組成・長さスケール・亀裂発生要因の全てが明らかに異なっている。それにも関わらず、なぜ類似した角柱状の亀裂が形成されるのだろうか？その詳細な理解は未だ確立していない。そこで本研究では、柱状節理と乾燥澱粉ペーストの両者について、媒質表面を覆う多角形パターンの統計的性質を調査し、その物理的起源の推定を試みた。具体的に測定・解析した幾何学量は、網目パターンを構成する多角形のセル面積(=亀裂で囲まれた領域の面積)・頂点数・辺の長さ・亀裂の接合角度の４つである。柱状節理と澱粉ペーストのどちらに対しても、網目パターンが露出した媒質表面を撮影し、その画像データを地理座標システムArcGISにより解析することで、上記の幾何学量の統計分布を算出した。

柱状節理の撮影は、以下に示す4つの調査地で行った: (1)沖縄県久米島町の「畳石」、(2)山口県萩市の「畳ヶ淵」、(3)静岡県下田市の「俵磯」、(4)島根県出雲市日御碕。これら4つの地点で見られる柱状節理は、いずれも露頭表面がほぼ平らである。よって、ドローンを用いて露頭全体を撮影した際に、得られる画像の歪みが抑えられるため、多角形パターンの解析に適した調査地と考えた。さらに、岩石の組成が地点ごとに異なる一 畳石・俵磯は安山岩質、畳ヶ淵は玄武岩質、日御碕は流紋岩質の柱状節理であることが知られている。すなわち、岩石中に含まれる二酸化ケイ素の含有率が異なるため、固化する前の段階におけるマグマの粘性と熱拡散係数が、地点ごとに異なったと推察される。この相違が、網目パターンの統計的性質に与える影響の有無に注目して、画像解析と考察を行った。

澱粉ペーストの乾燥亀裂実験においては、構成粒子のサイズ分布幅と形状(真球度)の違いが、亀裂パターン

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

の幾何形状に与える効果を精査した。用いた澱粉は、コーンスターチと片栗粉の2種類である。これら２つは粒子形状とサイズ分布が有意に異なるため、上記の目的に見合うモデル物質といえる。さらに、乾燥させるペースト試料の厚さを４段階に変化させることで、ペースト膜厚と亀裂パターンとの相関有無を調べた。

まず柱状節理のセル面積については、調査地によって平均値が１桁以上異なることがわかった。粘性の高い流紋岩で構成される日御碕では平均値がおよそ0.007 m^2(直径0.1 m程度)だったのに対し、粘性の低い玄武岩で構成される畳ヶ淵ではおよそ0.7 m^2(直径0.9 m程度)であった。いっぽう、澱粉ペーストで観察される亀裂パターンのセル面積は、片栗粉ペーストの場合のみ、膜厚の増加に従ってセル面積が増大した。この後者の実験結果は、粒子間隙を伝う水の拡散過程、および表面からの水分蒸発に伴う水分濃度の空間不均一性から説明することができる。水分の拡散と濃度分布は、ペーストを構成する粒子のサイズと形状が直接影響する物理量である。このことから、乾燥亀裂パターンの幾何形状は、構成粒子のサイズと形状に強く依存することが明らかとなった。次に、多角形の頂点数については、柱状節理で五角形・六角形が同じ程度に頻出する一方で、澱粉ペーストでは五角形のみが頻出した。この結果は、冷却・乾燥速度の相違によって解釈できる。さらに、セル面積の分布曲線に対してフィッティング解析をした結果、どちらの系もガンマ分布(指数分布を一般化した確率分布)にのることが明らかになった。このことは、マグマの冷却収縮とペーストの乾燥収縮の両者に共通する、統一的なパターン形成機構の存在を示唆するものである。結果の詳細およびその解釈は、当日の講演に譲る。

キーワード：火成岩、岩石の亀裂、乾燥ペースト、乾燥亀裂、多角形パターン
Keywords: igneous rock, rock fracture, drying paste, desiccation crack, polygonal pattern

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Viscoelastic characterization of a solid projectile impact onto a dense potato starch suspension

江川 嘉寿也[2]、*桂木 洋光[1]
Kazuya Egawa[2], *Hiroaki Katsuragi[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学理学部地球惑星科学科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

Dense suspension of non-Browning particles (e.g. mixture of water and potato starch) shows complex rheological properties such as discontinuous shear thickening (DST) [1]. Usually, DST is defined by the sudden jump of viscosity at a certain shear strain rate. The viscosity jump is observed in steady-state rheometry. However, in a very recent study, elasticity of DST fluid has also been measured by a steady penetration of a rod into a DST fluid [2]. In addition to the steady penetration, various impact experiments onto DST suspensions have also been performed to reveal the fundamental physical process of DST. The solid-like and/or peculiar behaviors have been found in the impacted DST fluid as well (e.g. dynamic jamming [3], dynamic fracturing [4], and negative pressure pulse [5]). Moreover, peculiar surface deformation and/or stable hole structure of the vibrated DST fluid has also been found under the influence of vibration [6]. Nevertheless, the origin of DST has not yet been understood well. Much more detail analyses of the transient rheological properties of DST fluid is necessary. The impact response is a useful way to approach the transient dynamics, Therefore, in this study, we perform a simple solid-projectile impact onto a DST fluid target (dense potato starch suspension), in order to observe the penetration and rebound dynamics. From the experimental results, the rebound timescale and restitution coefficient are measured. To characterize the transient viscoelasticity, we assume a simple linear viscoelastic model. Using the model, the effects of impact inertia, boundary conditions, and mechanical vibration on the rheological properties of the impacted DST fluid are systematically studied. Besides, to investigate the effect of vibration to the rheological properties of DST fluid, mechanical vibration is also used. Namely, the transient viscoelasticity of the vibrated DST fluid is experimentally measured. These results will be presented.

References:
[1] E. Brown & H. M. Jaeger, Rep. Prog. Phys. 77 046602 (2014)
[2] R. Maharjan et al., Phys. Rev. E 97, 052602 (2018)
[3] S. R. Waitukaitis & H. M. Jaeger, Nature 487, 205 (2012)
[4] M. Roche et al., Phys. Rev. Lett. 110 148304 (2013)
[5] S. Nagahiro & H. Nakanishi, Phys. Rev. E 94 062614(2016)
[6] Florian S. Merkt et al., Phys. Rev. Lett. 92 184501(2004)

キーワード：衝突、不連続シアシックニング流体
Keywords: impact, discontinuous shear thickening

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

混合粉体がつくる砂山のパターン形成ー縞パターンと分離パターンの選択メカニズムー

Pattern formation within a sandpile formed by a mixture of grains: The selection of stratification and segregation patterns

*下川 倫子[1]、坂口 英継[2]
*Michiko Shimokawa[1], Hidestugu Sakaguchi[2]

1. 福岡工業大学、2. 九州大学
1. Fukuoka Institute of Technology, 2. Kyushu University

二種類の混合粉体を狭い隙間に流し込むと、砂山の麓に向かって雪崩がおこる。このとき、雪崩内部の振動によりブラジルナッツ効果現象が引き起こされ、各々の粉体が上下に分離した二層構造をもつ雪崩が出現する。この挙動は、偏析パターンもしくは縞構造パターンの砂山の自発的形成を促す。これらの砂山パターンの選択において、二種類の粉体Ａ，Ｂの安息角と粒径サイズの大小関係が重要となる。粉体Ａの粒径が粉体Ｂよりも"大きく"、かつ安息角がＢよりも"小さい"場合は偏析パターンが形成される。一方、粉体Ａの粒径と安息角が粉体Ｂよりも"大きい"場合は縞構造パターンが形成される。

私たちは三種類の粉体で同様の実験を行い、三成分砂山のパターン形成を調べた。二種類と同様、雪崩内部での各々の粉体の分離が三成分の砂山のパターン形成を引き起こしており、①縞構造パターン、②偏析パターン、③砂山上部は縞構造パターンで砂山下部は偏析パターン、④砂山上部は偏析パターンで下部は縞構造パターンといった4種類の砂山のパターンが観察された。混合した3種類の粉体の相対関係において、粒径が大、中、小の粉体の安息角を θ_{11}、θ_{22}、θ_{33}とした時、θ_{11}/θ_{33}とθ_{22}/θ_{33}のパラメータを用い、三成分砂山実験で観察される4種類のパターンを整理した。さらに、三成分粉体の粒径と安息角の大小関係による効果を表現した現象論的数理モデルであるroll-or-stay ruleを発展させ、実験結果が示した同様の相図を示すことができた。以上のことから、三成分混合粉体の安息角の比が砂山のパターン形成において重要であることが分かった。

キーワード：パターン形成、砂山、雪崩
Keywords: pattern formation, sand pile, avalanche

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

電子工作キットGC10のガイガー＝ミュラー計数管で放射線量を測る
Measuring radiation by DIY Geiger Counter Kit GC10

*はしもと じょーじ[1]、小汐 由介[1]
*George HASHIMOTO[1], Yusuke KOSHIO[1]

1. 岡山大学大学院自然科学研究科
1. Department of Earth Sciences, Okayama University

電子工作キットGC10を使って放射線量を測定した結果について発表し，非専門家による放射線量測定について議論する．

使用した電子工作キットは株式会社ネットIO開発が販売しているGC10である．2019年2月においては，アマゾンで購入することができる．工作キットを購入した場合には，はんだ付けの作業が必要となるが，難易度は高くない．完成品も販売されているので，はんだ付けしたくない人は，完成品を購入してもよい．

GC10は旧ソ連製の軍用GM管使用しており，ベータ線とガンマ線を検出するとされている．装置の検出効率を較正する試験をおこないたいと考えているが，利用可能な放射線源として適当なものを入手することができていないため，較正はできていない．較正をどのようにおこなうかは，今後の課題である．

GC10は飛行機の機内に持ち込むことができるので，これまでに何回か飛行中の機内で放射線量を測定した．GPSを用いて記録した緯度・経度・高度の情報と組み合わせることで，放射線量が高度によって大きく変化することを簡単に確認することができた．また，緯度によって放射線量が変化する傾向も見ることができる．間をあけて測定した結果を比較することで，時間変化が見える可能性もある．

キーワード：電子工作キット、放射線量
Keywords: electronic kit, radiation level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[O-08] ジオパークで地球活動をイメージする ージオ多様性の大切さを知ろうー

コンビーナ:松原 典孝(兵庫県立大学大学院　地域資源マネジメント研究科)、市橋 弥生(佐渡ジオパーク推進協議会)、小原 北士(Mine秋吉台ジオパーク推進協議会)、大野 希一(島原半島ジオパーク協議会事務局)、座長:市橋 弥生、小原 北士、今井 ひろこ、郡山 鈴夏(山陰海岸ジオパーク推進協議会)、松原 典孝(兵庫県立大学大学院)

ユネスコ世界ジオパークは，地球のジオ多様性を守ることの重要性と意義を広く世界へ発信している．地球活動を理解するためには，各地に分布するジオヘリテージ（地形・地質などの地球遺産）から，それぞれが記録する地球の多様な活動を読み取り，どのようなことが過去に起きたのかをイメージする必要があるが，専門的知識を有しない一般人や地域住民にとってそれは簡単ではない．各ジオパークでは，専門家やガイドなどの地域の方々が地球の活動に関わる現象や人と地球の関わりを解明し，ガイドツアーやアクティビティなどを通じて，一般の人にその楽しさや大切さを伝えている．本セッションでは，各ジオパークの活動例を通じて地球のジオ多様性がいかに素晴らしく，それを守ることにどういう意義があるのかを広く発信するとともに, どうすれば地球現象を一般住民にイメージさせることができるのかを議論する.

10:45 ~ 11:15

[O08-01] 景色を何倍も面白く見せるガイドの役割

★招待講演

*福島 大輔[1] (1.NPO法人桜島ミュージアム)

11:15 ~ 11:45

[O08-02] "ジオ"の理解に難しい説明はいらない。～地質現象はモデル実験で伝えよう～

★招待講演

*横山 光[1] (1.北翔大学)

11:45 ~ 12:15

[O08-03] 外国人スタッフから見た日本のジオパークの魅力と課題

★招待講演

*ヴォウォシェン ヤゴダ[1] (1.隠岐ユネスコ世界ジオパーク推進協議会)

景色を何倍も面白く見せるガイドの役割
Significance of the guide to introduce the landscape interestingly

*福島 大輔[1]
*Daisuke Fukushima[1]

1. NPO法人桜島ミュージアム
1. Sakurajima Museum

ジオパークの目的の一つは、大地と人と自然のつながりを伝えることである。地球科学を学んだことのある人の多くは、地形や地質から大地の成り立ちを想像することができ、そこから人や自然とのつながりを想像することができる。しかし、多くの一般の人々は地球科学の知識を持っていないため、目の前の風景から大地の物語や、大地と人と自然のつながりを読み解くことは難しい。

一方、自分の趣味や仕事のことについて深い知識を持ち、様々なことを想像し、楽しむことができる人は多い。例えば、歴史が好きな人が、かつて有名な戦いが繰り広げられていた場所に立ったなら、数百年前の出来事を想像して楽しむことができるだろう。しかし、一般の人にとっては何の変哲もない場所であったり、当たり前の風景だったりする。その風景を楽しめるかどうかは、知識と想像力に比例する。知識が多ければ、想像できる幅も広がり、様々な景色を楽しむことができるだろう。

知識がなくても風景を何倍も面白く見せてくれるのがガイドの役割だ。想像力を引き出すために必要な知識を提供し、想像するのに適した場所へ連れて行き、道具や写真、イラストなどを使いながら、ガイドとお客様が同じようなイメージを想像できるようにする。すると、目の前の景色がガラリと変わって見え、その裏側に隠されたストーリーを知ることができる。ガイドは、大地と人と自然のつながりを伝えることができる最も良い手法である。したがって、ジオパークにおけるガイドの役割は極めて重要と言えるだろう。

キーワード：ジオパーク、ガイド、啓発普及
Keywords: geopark, guide, dissemination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

"ジオ"の理解に難しい説明はいらない。～地質現象はモデル実験で伝えよう～

Understanding of "geology" without difficult explanation. - Let's conduct experiment to tell about geology more easily. -

*横山 光[1]
*Hikaru Yokoyama[1]

1. 北翔大学
1. Hokusho University

ジオパークでは、その地域の地球科学的な魅力を積極的に発信していく必要がある。しかし日本では、多くの市民が地質学についての教育を充分に受けていない。そこで、市民に対してわかりやすく地質現象を伝えることが課題である。

モデル実験は、言葉で表現することが難しい現象を、わかりやすく伝える1つの手段である。これまで、地震火山子供サマースクールや、親子火山実験教室、ジオ･フェスティバルなどで、実験を通して理解を深めるような活動が行われてきた。キッチン火山実験は代表的なモデル実験の例である。簡単に地質現象をモデル化して伝えることのできる実験は、ジオパークにおける普及・教育活動になくてはならないコミュニケーション手段である。

本発表では、複雑な地質現象をモデル化して伝える実験をいくつか例示する。実験を通じた普及活動の効果をや、実験をジオパークでどのように活用していくべきか提案する。

キーワード：サイエンスコミュニケーション、アウトリーチ、教育
Keywords: Science communication, Outreach, Education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

外国人スタッフから見た日本のジオパークの魅力と課題
The appealing points and challenges of Japanese geoparks, as seen from a foreigner’s point of view.

*ヴォウォシェン ヤゴダ[1]
*Jagoda Woloszyn[1]

1. 隠岐ユネスコ世界ジオパーク推進協議会
1. Oki Islands UNESCO Global Geopark Promotion Committee

隠岐ユネスコ世界ジオパーク推進協議会の国際交流員の仕事を始めてからもうすぐ3年間になりますが、実際は日本に来る前に「ジオパーク」そのものが知りませんでした。そのような初心者から見た日本のジオパークの外国人にとって魅力的な所について話します。

日本におけるジオパーク推進協議会はジオパーク地域の地質だけではなく、自然、歴史や文化などといったあらゆる分野に関する情報収集ができます。そのことから、人材育成と質が高い観光商品の開発の拠点として十分に機能できると思われます。

一方で、ジオパーク推進協議会で働くなかで気づいた課題とヨーロッパのジオパークとの相違点についても探りたいと思います。ヨーロッパと日本におけるジオパークの始まり、ジオパーク推進協議会の在り方や事業の推進方法の違いを示し、各ネットワークがお互いの経験から何を学ぶことができるのかについても触れます。

キーワード：ジオパーク、ネットワーク、推進方法の違い
Keywords: geopark, networks, differences in management style

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 O (パブリック)：パブリック

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールB 2F

[O-08] ジオパークで地球活動をイメージする ージオ多様性の大切さを知ろうー

コンビーナ:松原 典孝(兵庫県立大学大学院　地域資源マネジメント研究科)、市橋 弥生(佐渡ジオパーク推進協議会)、小原 北士(Mine秋吉台ジオパーク推進協議会)、大野 希一(島原半島ジオパーク協議会事務局)、座長:市橋 弥生、小原 北士、今井 ひろこ、松原 典孝(兵庫県立大学大学院)、郡山 鈴夏(山陰海岸ジオパーク推進協議会)

ユネスコ世界ジオパークは，地球のジオ多様性を守ることの重要性と意義を広く世界へ発信している．地球活動を理解するためには，各地に分布するジオヘリテージ（地形・地質などの地球遺産）から，それぞれが記録する地球の多様な活動を読み取り，どのようなことが過去に起きたのかをイメージする必要があるが，専門的知識を有しない一般人や地域住民にとってそれは簡単ではない．各ジオパークでは，専門家やガイドなどの地域の方々が地球の活動に関わる現象や人と地球の関わりを解明し，ガイドツアーやアクティビティなどを通じて，一般の人にその楽しさや大切さを伝えている．本セッションでは，各ジオパークの活動例を通じて地球のジオ多様性がいかに素晴らしく，それを守ることにどういう意義があるのかを広く発信するとともに, どうすれば地球現象を一般住民にイメージさせることができるのかを議論する.

13:45 ~ 14:15

[O08-04] ジオツアーで「楽しく地球を伝える」ために必要なことは？

★招待講演

*西谷 香奈[1] (1.グローバルネイチャークラブ)

14:15 ~ 14:45

[O08-05] 地域住民に地球活動を伝える際に大切なこと
～地球科学系ポスドクから学芸員（補）へ転職して４年間の気づき～

★招待講演

*金山 恭子[1] (1.鳥取県生活環境部山陰海岸ジオパーク海と大地の自然館)

14:45 ~ 15:15

[O08-06] **「ブラタモリ」案内人が大切にする地球活動の伝え方**

★招待講演

*蓮岡 真[1]、鈴木 雄介[2]、今井 ひろこ[3] (1.磐梯山ジオパーク協議会、2.伊豆半島ジオパーク推進協議会、3.コムサポートオフィス)

ジオツアーで「楽しく地球を伝える」ために必要なことは？
What do we need to do fun geotours that interests the earth?

*西谷 香奈[1]
*kana nishitani[1]

1. グローバルネイチャークラブ
1. Global nature club

専門知識のない一般のお客様に、地球を身近に感じ、興味を持ってもらうためには、ガイドとしての“伝える力”を磨く必要があると考えている。

私自身の年１００日を超える日々のガイド実践を、インタープリテーションに必要と言われる４つの要素、①テーマがある（Theme）②構成がある＝整理されていてわかりやすい（Organized）③受け手と関連性がある（Relative）④楽しい（Enjoyable）に当てはめて整理し、ジオガイドにとって大切なこととは何かを考察する。

キーワード：ジオパーク、ガイド
Keywords: Geopark, guide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地域住民に地球活動を伝える際に大切なこと ～地球科学系ポスドクから学芸員（補）へ転職して４年間の気づき～

The Important Things in Communicating Earth's Activity to Local Residents: the Awareness during Four Years after Changing a Job from a Geoscience Postdoc to a Curator

*金山 恭子[1]
*Kyoko Kanayama[1]

1. 鳥取県生活環境部山陰海岸ジオパーク海と大地の自然館
1. San'in Kaigan Geopark Museum of the Earth and Sea, Tottori Prefectural Government

私は4年前、大学の研究員から鳥取県の学芸員の職へ転職しました。転職後、私のコミュニケーションの対象は地球科学大好きな研究者や大学院生から、地球科学に出会ったことがない地元の人や行政職員に変わりました。彼らに地球科学の面白さを知ってもらうにはどうしたらいいのでしょうか？

私は、地球科学の面白さは、「地球（大地）が活動している」ことを感じる・想像できるようになることだと考えています。しかし、一般の人の多くは、その面白さに触れる機会がほとんどないため、地球科学に興味を持てないでいると感じます。一人でも多くの人に「地球が活動していること」を分かりやすく伝えることが学芸員としての使命だと考えています。

学芸員としての4年間の経験から徐々に見えてきたのは、地球活動を伝える際に、地元の人の見てきた風景や生活の記憶と大地の成り立ちを結びつけて語ること、歴史や生物等と大地の関係性を語ることが、聞き手の地球活動への興味につながるかもしれない、ということです。今回の講演では、このことを含め、私が学芸員の仕事を通して得られたいくつかの気付きをお話したいと思います。

キーワード：地球科学、ジオパーク、インタープリテーション
Keywords: Earth sciences, geopark, interpretation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「ブラタモリ」案内人が大切にする地球活動の伝え方

"Blatamori" How to communicate the earth activities valued by guide guides

*蓮岡 真[1]、鈴木 雄介[2]、今井 ひろこ[3]
*Makoto Hasuoka[1], Yusuke Suzuki[2], Hiroko Imai[3]

1. 磐梯山ジオパーク協議会、2. 伊豆半島ジオパーク推進協議会、3. コムサポートオフィス
1. Bandai-san Geopark Council, 2. Izu Peninsula Geopark Promotion Council, 3. COM SUPPORT OFFICE

「ジオパークで地球活動をイメージする ージオ多様性の大切さを知るー」ということは、専門的知識を有しない一般人や地域住民にとってそれは簡単ではない。各ジオパークでは、専門家やジオガイドなどの地域の方々が地球の活動に関わる現象や人と地球の関わりを解明し、ガイドツアーやアクティビティなどを通じて、一般の人にその楽しさや大切さを伝えている。

このジオパーク地域が実践している活動に近いことをお茶の間に紹介しているのが、ＮＨＫ「ブラタモリ」である。この番組は、街歩きの達人のタモリさんが、ブラブラ歩きながら知られざる街の歴史や人々の暮らしに迫るというコンセプトの番組である。でも、ただの街歩きではない。タモリさんに言わせると、「地学・地質というマイナーな分野と歴史を合わせて街をブラつく。出てくるのは私と、ほとんど誰も知らない新人女子アナウンサー、テレビにはほとんど出たことがない「土地のオヤジ」….」という。

ジオパーク活動のさらなる普及には、マイナーと言われる地学や地質がその土地の歴史や文化、人々の暮らしと密接につながることへの視点が視聴者に広く理解され受け入れられている。まさにジオパークの楽しみ方を上手く取り込んでいるのである。さらに「ある土地のナゾに導かれ、ナゾを解明しようと、訪れた街に残された様々な痕跡に触れながらその謎を紐解いていく」番組展開。またナゾ解きがあることで、単なるブラブラするだけの番組ではなく、目的が明確になって番組が引き締まっていく。一方で、タモリさんにも女子アナにも台本がない。当然、「ナゾ解き」のお題も初めて見る。そこへマニアックな案内人が登場して、物知りのタモリさんでも知らないような情報や一般人代表とも言える女子アナに対して双方にあった質問や会話で少しずつ解説していく。知識や経験の違う二人ではあるが、発見や驚きの中でそれぞれが知識を積み重ねやがて出演者と案内人の共感が生まれる。

これらのことについて、実際にブラタモリ案内人を勤めた二人のジオパーク関係者が地球科学が好きな方や一般の方にいかにさらなる興味関心を抱かせ楽しんでいただくか、そのための工夫や仕掛け、事前準備など実体験や番組制作の裏話などを交え紹介する。

©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-PS 惑星科学

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[P-PS07] 太陽系物質進化

コンビーナ:癸生川 陽子(横浜国立大学 大学院工学研究院)、藤谷 渉(茨城大学 理学部)、小澤 信(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、松本 恵(東北大学大学院)、座長:松本 恵、藤谷 渉

原始太陽系星雲における物質形成から原始惑星への集積、天体内部や表面での諸過程を隕石や他の惑星物質に対する研究と実験的研究の両面から議論する。初期太陽系の情報を保存する始原的物質（コンドライト隕石や惑星間塵、サンプルリターン試料）に関しては、それらの鉱物・有機物・水・希ガス・微量元素分析を通して明らかになった知見を総合理解することを目指す。分析手法開発研究（化学、理論、物性）や学生の萌芽的研究を歓迎し、将来の太陽系、惑星系形成研究の新たな開拓につなげたい。さらに分化隕石やコンドライト母天体における水質変成・熱変成作用、火成活動、コア・マントル・地殻形成、並びに天体衝突といった現象に加えて、母天体の内部構造や構成物質などについても議論する。実験的手法による惑星物質の組成、相平衡や構造に関する知見なども取り上げ、隕石とあわせて天体における諸過程を議論する。

15:30 ~ 15:45

[PPS07-01] Investigation of sugars in meteorites

★Invited Papers

*古川 善博[1]、力石 嘉人[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、中村 智樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.北海道大学低温科学研究所、3.海洋研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[PPS07-02] 南極氷中に含まれる可溶性有機物の検出のための氷昇華手法の確立

*石川 裕偉[1]、山本 康太[1]、奈良岡 浩[2]、矢田 達[3]、岡田 達明[1,3] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.九州大学大学院理学研究院、3.宇宙航空研究開発機構)

16:00 ~ 16:15

[PPS07-03] Magnesium-containing organic compounds in the Tagish Lake and Murchison meteorites.

*橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[2,1] (1.九州大学惑星微量有機化合物研究センター、2.九州大学大学院理学研究院)

16:15 ~ 16:30

[PPS07-04] 隕石母天体での熱プロセスにおける鉱物と有機物の相互作用

*平川 尚毅[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学)

16:30 ~ 16:45

[PPS07-05] Organic matter in carbonaceous chondrite lithologies of Almahata Sitta meteorite, a polymict ureilite

*癸生川 陽子[1]、Zolensky Michael [2]、Goodrich Cyrena Anne[3]、伊藤 元雄[4]、小川 奈々子[5]、高野 淑識[5]、大河内 直彦[5]、菅 大暉[9]、Marcus Matthew[6]、Kilcoyne David[6]、大東 琢治[7]、Rahman Zia[2]、Shaddad Muawia[8]、小林 憲正[1] (1.横浜国立大学、2.NASA Johnson Space Center、3.Lunar and Planetary Institute、4.海洋研究開発機構　高知コア研究所、5.海洋研究開発機構　、6.Lawrence Berkeley National Laboratory、7.分子科学研究所、8.University of Khartoum、9.東京大学)

16:45 ~ 17:00

[PPS07-06] 小惑星での含水鉱物の熱進化: Ryugu, Bennuの熱史の理解に向けて

*石丸 夏奈[1]、橘 省吾[2] (1.東京大学、2.東京大学大学院理学系研究科宇宙惑星科学機構)

Investigation of sugars in meteorites

*古川 善博[1]、力石 嘉人[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、中村 智樹[1]
*Yoshihiro Furukawa[1], Yoshito Chikaraishi[2], Naohiko Ohkouchi[3], Nanako O. Ogawa[3], Tomoki Nakamura[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. JAMSTEC

Sugars are essential components of DNA and RNA and also are essential substrates of glycolysis. Ribose is especially an important sugar as the sole component in RNA that supports both genotype and phenotype of primordial life. Investigations of sugars in meteorites have been conducted since more than 50 years ago. However, no extraterrestrial sugar that composes life has been found from any astronomical samples including meteorites, although several sugar-related compounds have been detected from meteorites. This would be preliminary because of the low concentration, difficulty in extraction, and the absence of suitable derivatization for gas chromatographic separation. Therefore, we developed a protocol to extract and analyze sugars in meteorites. We have also investigated the compound-specific carbon isotope ratios (δ^{13}C values) of sugars. All meteorites have some possibilities of biological contamination, since they have been collected on the terrestrial environment filled with biota. Thus, the evaluation of the source of sugars in meteorites (i.e., biological or extraterrestrial) is significantly important. Biological sugars are all have negative δ^{13}C values (against VPDB). Conversely, soluble organic compounds in meteorites like amino acids, nucleobases, amines, and sugar-related compounds all have positive carbon δ^{13}C values. Thus, the isotope ratios are an essential indicator for the evaluation of the origin of sugars in meteorites. In this presentation, we show the results of identification and carbon isotope ratio analysis of sugars for two CR2 chondrites. We also report the mineral composition, and chemical state of C in insoluble organic matter in these meteorites.

キーワード：リボース、糖、隕石
Keywords: ribose, sugar, meteorites

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南極氷中に含まれる可溶性有機物の検出のための氷昇華手法の確立
Establishment of ice sublimation method for detection of soluble organic matter contained in Antarctic micrometeorites in Antarctic glacier ice

*石川 裕偉[1]、山本 康太[1]、奈良岡 浩[2]、矢田 達[3]、岡田 達明[1,3]
*Yui Ishikawa[1], Yamamoto Kota[1], Hiroshi Naraoka[2], Toru Yada[3], Tatsuaki Okada[1,3]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 九州大学大学院理学研究院、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Kyushu University, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

現在の地球は生命の宿る惑星であるが、太陽に近く比較的高温な内惑星領域は揮発性成分に欠乏していることから、水や有機物などの揮発性成分を外部から供給するメカニズムが必要である。近年の外惑星や彗星などの探査によって、内惑星領域と比べてより低温な外惑星領域においては、水や有機物などの揮発成分が豊富に存在することが判明している。このことから、エッジワースカイパーベルト天体などの外惑星領域に存在する小天体の理解において、有機物の存在は無視することができないことがわかる。その領域の試料を地球上で手に入れる手段として、南極微隕石と呼ばれるものがある[1]。惑星間空間には惑星間塵と呼ばれる小惑星や彗星などの太陽系小天体から放出された塵が漂っており、その塵が地球に落下してきたものを微隕石と呼び、特に南極に落下してきたものを前述のように呼ぶ。その大きさは2 mm以下の塵と定義されており、その降下量は年間で過去の研究において数万トンと見積もられ、隕石の年間降下量の約10倍以上となっている[2]。塵中には可溶性有機物ならびにケロジェン質の不溶性有機物が存在しているため、内惑星領域への水や有機物などの揮発性成分の供給に貢献したのは、隕石よりも微隕石の寄与が大きいのではないかと考えられている[3]。

宇宙塵の有機化学的特徴を理解するために、我々は南極で採集された微隕石中の可溶性有機物の検出を目指している。前述のように、不溶性有機物はケロジェン質のため構造決定が困難であるが、可溶性有機物は分子量が小さく構造決定が可能なため、太陽系外縁部の低温環境中での物質進化(化学反応)をより具体的に解明する鍵となりうる。先行研究においては氷を融解した水を濾過してサンプルを回収しており、SOMについて始原的微隕石起源であると断定できる分子種は特定できなかった[4、5]。本研究ではサンプル回収の際に可溶性有機物の流出を防ぐため、南極から回収された氷床起源氷をそのまま昇華させた。氷昇華用装置は-70.0℃まで到達可能な恒温槽内に数Paまで到達可能な真空チェンバーを設置したものである。氷が減圧前に溶解してしまうのを防ぐため、恒温槽の温度設定を-10.0℃にし、真空チェンバー全体、南極氷支持用冶具及び昇華残留物回収用シャーレを事前に冷却、その後氷をセットし減圧を行った。昇華の効率を上げるために、80 Pa程度にまで減圧してから恒温槽の温度を40.0℃に設定した。

上記の機器を用いて試験的に330 g 相当の南極氷を昇華させ、得られた残留物を実体顕微鏡で観察した。昇華残留物の大部分を占めていたのは白色の結晶であった。その一部をSEM-EDSによって観察した結果、それらはNaおよびCl、Ca、C、Oなどの元素から成っている事が分かった。元素組成から判断して海洋性もしくは大陸性エアロゾルと考えられる[6]。また、今回の試験で得られた昇華残留物中にMg、Feを含むケイ酸塩鉱物からなる粒子が見つかった。この組成は南極微隕石とよく一致している[7]。今後μ-FTIRやμ-Raman、DESI-Orbitrap MASなどの手法を経て微隕石であるという確証を得るとともに、主に不溶性有機物の重合度や可溶性有機物の同定など、多面的にサンプルの分析を行っていく予定である。

参考文献

[1] Noguchi T. et al. (2015) Earth Planet. Sci. Lett. 410, 1-11.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Yada T., et al. (2004) Earth Planets, Space 56, 67-79.

[3] Chyba C. and Sagan C. (1992) Nature 355, 125-132.

[4] Yamamoto K. (2018) Master Thesis, depart. Chemist., Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo.

[5] Duprat, J. et al. (2007) Adv. Space Res. 39, 605–611.

[6] Bigler M., R. et al. (2006) J. Geophys. Res. 111, D08205.

[7] M. J. Genge., et al. (2008) Meteoritics Planet. Sci. 43, 497-515.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnesium-containing organic compounds in the Tagish Lake and Murchison meteorites.

*橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[2,1]
*Minako Hashiguchi[1], Hiroshi Naraoka[2,1]

1. 九州大学惑星微量有機化合物研究センター、2. 九州大学大学院理学研究院
1. Research Center for Planetary Trace Organic Compounds, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

Introduction: Recent compound analyses using high-resolution mass spectrometry (HRMS) from the solvent extracts of the Murchison meteorite (CM2) reported various CHO, CHNO, CHOS and CHNOS compounds [Schmitt-Kopplin *et al.*, 2010] and ~600 alkylated homologues of CHN compounds [Naraoka *et al.*, 2017]. CHOMg compounds were also identified from methanol extracts of various meteorites by using HRMS [Ruf *et al.*, 2017]. To understand chemical evolution of the meteoritic organic matter, investigation of their relationship with surrounding minerals by *in-situ* analysis is necessary. Our previous studies revealed spatial distribution of alkylated homologues of CHN compounds in the Murray and Murchison meteorites using desorption electrospray ionization (DESI) with HRMS [Naraoka and Hashiguchi, 2018; Hashiguchi and Naraoka, 2019], but clear relationship with specific minerals was not found. In this study, we carried out DESI-HRMS imaging on the Tagish Lake meteorite to reveal the relationship between SOM and minerals.

Experimental: Fragments of the Tagish Lake (Ung-C2) meteorite and the Murchison meteorite with a flat surface of each meteorite were embedded in indium or alloy with low melting point (60 ºC). The DESI-HRMS imaging was performed using a 2D DESI ion source equipped with Orbitrap MS. A spray solvent was methanol 100% with the flow rate of 2–3 μL/min, and electrospray voltage was set at 3 kV. The positive ions (m/z 60–500) were collected with mass resolution of 140,000 ($m/\Delta m$ at m/z 200) on the surface of Tagish Lake (2.5×2.5 mm^2) and Murchison (4.5×4.5 mm^2). Antigorite grains was also analyzed to understand adsorption effects of organic compounds on clay minerals during storage in a clean room (Class 1000). After the imaging, FE-SEM-EDS analysis was carried out on the samples without coating and polishing.

Results and Discussion: Any CHN compounds were not detected from the Tagish Lake by DESI-HRMS imaging, whereas several alkylated homologues of CHN compounds were identified from Murchison similar to the previous study [Hashiguchi and Naraoka et al., 2019]. The distinctly different organic characteristics between the two meteorites was contrast to previous bulk analysis showing its quite low abundance of CHN compounds in Tagish Lake relative to Murchison [e.g. Pizzarello *et al.*, 2006]. Instead of the CHN compounds, abundant Mg-containing organic compounds were identified from Tagish Lake with mass precision of <1.5 ppm. Isotopomers of $^{24\text{-}26}$Mg for compounds were identified using the exact mass and Mg isotope simulation. Several families of $C_nH_mO_xMg^+$ (n=0-10) different from the compounds identified by Ruf *et al.* (2017), and $C_nH_mN_yO_xMg^+$ (n=1-7) were assigned using Kendrick mass defect plots. The Mg-organic compounds were also detected from Murchison, however, the abundance was more than an order of magnitude lower than that in Tagish Lake. By DESI-HRMS analysis on antigorite grains, some Mg-organic compounds (e.g. $C_nH_{2n+2}NO_2Mg^+$ families) showed high ion intensity after storage for 1 month, indicating their adsorption effects on the clay minerals. In contrast, other Mg-organic compounds were not found by the adsorption effect, suggesting that these compounds were indigenous in the meteorites.

The CHOMg and CHNOMg compounds showed a similar spatial distribution with various intensity among the different families in both meteorites. In the Tagish Lake meteorite, they were likely to be concentrated

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in the matrix with less framboidal magnetite and relatively saponite/serpentine-rich region. This indicates that the Mg-organic compounds might have been formed by ion exchange between organic species and the clay minerals during aqueous alteration. Moreover, the Mg-organic compounds and CHN compounds were also distributed in matrix of Murchison, however, their spatial distributions were different, suggesting different origins between these compounds.

キーワード：始原的隕石、Mg含有有機化合物、分子イメージング
Keywords: Primitive meteorites, Magnesium containing organic compounds, Molecular imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

隕石母天体での熱プロセスにおける鉱物と有機物の相互作用
Interactions between minerals and organic materials on thermal processes in meteorite parent bodies

*平川 尚毅[1]、癸生川 陽子[1]、小林 憲正[1]
*Naoki Hirakawa[1], Yoko Kebukawa[1], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学
1. Yokohama National University

背景と目的

炭素質コンドライトや他のいくらかの隕石は数wt%以下の微量な有機物を含んでいる。Pearson et al., 2002はこのような有機物が粘土鉱物と共存していることを示し、隕石母天体での有機物の水質変質に対して、粘土鉱物が及ぼす影響を議論した。しかしこれまで、こういった隕石母天体における鉱物と有機物の相互作用に関する議論は、鉱物と水や有機物と水の関係に比べて、あまりされてこなかった。本研究では、隕石母天体における熱による作用を模擬するために超臨界オートクレーブを用い、星間有機物アナログ物質(以降、MCと表記) (Kouchi et al., 2002) を特定の鉱物とともに加熱することで、1) 熱による有機物の変成が、共存する鉱物によってどのように影響を受けるか、2) これらの鉱物が有機物によって影響を受けるか、について調査した。

方法

MCはKouchi et al. (2002)に基づき、試薬を混合して作製した。実験の出発物質にはMCのみ (5 g)、MC (0.25 g)+ オリビン (0.25 g)、MC (0.25 g)+ モンモリロナイト (0.25 g)を用意した。サンプルをパイレックス製ガラス管に入れて、超臨界オートクレーブ装置に封入し、H2+N2 ガス(99:1, v/v)でパージを行った後、200 ˚C、300 ˚C、400 ˚C、1気圧で5時間の加熱を行った。自然放冷後のサンプルを回収し、FT-IR、GC/MS、XRD、SEM-EDSを用いた分析を行った。

結果と議論

MCの変成: 各温度における生成物の赤外分光分析によるCarbonyl C=Oの波数位置、強度変化と、GC/MSによって検出された、長鎖脂肪族を含む化合物の変化はよい一致を示した。出発物質に含まれる長鎖脂肪族を含む化合物はカルボン酸のみであるが、200 ˚Cではエステル化合物がメインとなり、300 ˚Cではエステル、アミド、ニトリル、400 ˚Cではアルカンとニトリルがメインとなった。また、400 ˚Cまでに単環の芳香族が増加した。カルボン酸は、同じく出発物質に含まれるアルコールやアミンと脱水縮合し、200 ˚C、300 ˚Cにおいてエステル、アミドを形成し、400 ˚Cまでに熱クラッキングによるアルカンの生成とアミドのさらなる脱水によるニトリルの生成を遂げたと考えられる。また、400 ˚Cまでの高温下では出発物質中の架橋構造をもつ芳香族の熱クラッキングの進行で単環の芳香族種が増加したのだろう。

有機物の熱変成に対する鉱物の作用: Carbonyl C=Oの波数位置変化はMC + オリビンよりもMC + モンモリロナイトで顕著になり、300 ˚C、400 ˚Cでの加熱によって、C=O種が大きく減少した。オリビン、モンモリロナイトのacidityや比表面積の違いから、モンモリロナイトによる有機物の熱分解作用の促進が説明されるかもしれない。Alexander et al. (2007) では、熱を受けたCMコンドライトと普通コンドライト中の不溶性有機物 (IOM)で、O/CとH/Cの元素比がおよそ正の比例関係になっている。しかし、熱を受けたCMコンドライトの有機物のO/C比は、普通コンドライトの有機物のO/C比に比べて、あまり熱を受けていない隕石であっても、より小さな値を示している。熱を受けたCMコンドライトでは、熱を受ける前に存在した粘土鉱物が、共存する有機物の熱分解反応を促進したことで、低温下のO/C比の減少が生じた可能性がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鉱物の変成: 200 ˚Cまたは300 ˚Cにおける有機物との加熱によって、オリビンが部分的に含水化し、サーペンティン組成となっている可能性が見られた。加熱時の有機物の脱水に伴ってオリビンのサーペンティン化が進行している可能性がある。この結果は、隕石母天体中で水の存在がなくとも有機物によって、含水鉱物が形成されるうることを示している。現在、生成物のTEM分析によって、オリビンのサーペンティン化の確認を行っている。

キーワード：有機物の熱分解、隕石母天体、ケイ酸塩鉱物
Keywords: pyrolysis of organic matter, meteorite parent body, phyllosilicate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Organic matter in carbonaceous chondrite lithologies of Almahata Sitta meteorite, a polymict ureilite

*癸生川 陽子[1]、Zolensky Michael [2]、Goodrich Cyrena Anne[3]、伊藤 元雄[4]、小川 奈々子[5]、高野 淑識[5]、大河内 直彦[5]、菅 大暉[9]、Marcus Matthew[6]、Kilcoyne David[6]、大東 琢治[7]、Rahman Zia[2]、Shaddad Muawia[8]、小林 憲正[1]
*Yoko Kebukawa[1], Michael Zolensky[2], Cyrena Anne Goodrich[3], Motoo Ito[4], Nanako O. Ogawa[5], Yoshinori Takano[5], Naohiko Ohkouchi[5], Hiroki Suga[9], Matthew Marcus[6], David Kilcoyne[6], Takuji Ohigashi[7], Zia Rahman[2], Muawia H. Shaddad[8], Kensei Kobayashi[1]

1. 横浜国立大学、2. NASA Johnson Space Center、3. Lunar and Planetary Institute、4. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、5. 海洋研究開発機構　、6. Lawrence Berkeley National Laboratory、7. 分子科学研究所、8. University of Khartoum、9. 東京大学
1. Yokohama National University, 2. NASA Johnson Space Center, 3. Lunar and Planetary Institute, 4. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Lawrence Berkeley National Laboratory, 7. Institute for Molecular Science, 8. University of Khartoum, 9. The University of Tokyo

The Almahata Sitta (AhS) meteorite is a brecciated, polymict ureilite that has originated from the near-earth asteroid 2008 TC3 which is classified as an F-type asteroid (a group in C complex) in spectroscopic taxonomy [1]. Carbonaceous chondritic lithologies AhS 671 and 91/91A have been characterized and contain phyllosilicates, bruennerite, dolomite, magnetite, fayalite, ilmenite, phosphates, pyrrhotite, and pentlandite [2]. These lithologies are breccias and enclose fragments of ureilitic olivine and pyroxene [2]. We investigated organic matter (OM) in AhS 671 and 91A with various methods including C and N elemental and isotopic analysis and FTIR for bulk samples (~100 μg), and microscopic analysis of their FIB sections using STXM/C-XANES and NanoSIMS.

AhS 671

The IR absorption spectrum of AhS 671 show phyllosilicates and carbonates consistent with mineralogical observations [2], and similar to the IR spectra of CI chondrites [3]. AhS 671 contains 3.9 ±0.22 wt.% of C and 0.19 ±0.02 wt.% of N with δ^{13}C = -3.8 ±0.7 ‰and δ^{15}N = 50.5 ±2.6 ‰. Its δ^{15}N and N/C ratio (0.042 ±0.002, atomic) is close to the values of insoluble organic matter (IOM) in the Tagish Lake meteorite [4]. Note that the N/C ratio of OM in AhS 671 would be higher than the value of the bulk sample since the bulk value includes carbonates.

C-XANES spectra of the organic-rich regions in the AhS 671 FIB section show large peaks at 285 eV assigned to aromatic carbon with no other specific features. Although, organic matter in AS 671 is highly aromatic, there is no 1s-σ^* exciton peak at 291.7 eV of graphene structures that is characteristic of thermally-metamorphosed meteorites [5]. Such characteristics are similar to the C-rich aggregate in the Zag clast [6]. The difference of their organic matter is related to morphology; Zag organics form large (over 10 μm) aggregates while those in AhS 671 are smaller and mixed with the matrix at the submicron scale. δ^{13}C and δ^{15}N obtained with NanoSIMS in C-rich areas are homogeneous with averages of 3 ±3 ‰ and 234 ±32 ‰, respectively. The δ^{15}N is higher than the bulk value and is close to the value of IOM of CR chondrites [7]. The δD value in C-rich areas is 988 ±59 ‰. It is similar to the value of IOM of CI and CM chondrites [7], but less than the value of CRs [7]. The N isotopes of organic matter in AhS 671 shows an isotopically heavier than ureilitic fragments of AhS (-53 to -94 ‰[8]) and rather close to the values of primitive carbonaceous chondrites. However, OM is dominated in aromatic structure without any sign of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

graphitization.

AhS 91A

Not like AhS 671, the IR absorption spectrum of AhS 91A show no sighs if phyllosilicates and carbonates. The C and N contents vary up to 4.8 wt.% and 0.056 wt.%, respectively, with the average $\delta^{13}C$ of -17 ±8 ‰. It is consistent with the heterogeneous nature of AhS 91A. We could not obtain C-XANES due to low C contents in the FIB section of AhS 91A. We are going to analyze an additional FIB section since AhS 91A is highly heterogeneous.

Considering the molecular structure and the nitrogen isotope composition, the organic matter in AhS 671 is similar origin to the C-rich aggregate in the Zag clast [6], and thus perhaps related to D/P asteroids.

References: [1] Jenniskens P. et al. (2009) *Nature*, 458, 485-488. [2] Goodrich C. A. et al. (2018) *49th LPSC,* Abstract #1321. [3] Osawa T. et al. (2005) *Meteoritics & Planet. Sci.*, 40, 71-86. [4] Herd C. D. K. et al. (2011) *Science*, 332, 1304-1307. [5] Cody G. D. et al. (2008) *Meteoritics & Planet. Sci.,* 43, 353-365. [6] Kebukawa Y. et al. (2018) *Scientific Reports*, in press. [7] Alexander C. M. O' D. et al. (2007) *Geochim. Cosmochim. Acta*, 71, 4380-4403. [8] Downes et al. (2015) *Meteoritics & Planet. Sci.,* 50, 255-272.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小惑星での含水鉱物の熱進化: Ryugu, Bennuの熱史の理解に向けて
Thermal Evolution of Hydrous Minerals on Small Bodies: To Understand Thermal Histories of Ryugu and Bennu

*石丸 夏奈[1]、橘 省吾[2]
*Kana Ishimaru[1], Shogo Tachibana[2]

1. 東京大学、2. 東京大学大学院理学系研究科宇宙惑星科学機構
1. University of Tokyo, 2. UTokyo Organization for Planetary and Space Science, University of Tokyo

小惑星サンプルリターンミッション「はやぶさ2」(JAXA)とOSIRIS-REx (NASA) は小惑星Ryugu, Bennuをそれぞれ現在探査している。はやぶさ２に搭載されている近赤外スペクトル測定器(NIRS3)によってRyuguに含水鉱物の弱い吸収が測定された。それに対し、OSIRIS-RExに搭載されている可視光・近赤外スペクトル測定器(OVIRS)はBennuの表面に含水鉱物による明瞭な吸収を確認した。これらから、RyuguとBennuは異なる熱史を経験し、含水鉱物の脱水はRyuguでより効率的に起こったことがわかる。したがって含水鉱物の熱変成過程を理解することはとても重要であるが、地質学的時間スケールでの熱進化の議論に必要な速度論データはまだ十分ではない。そこでRyuguとBennuでの熱変成を理解するため、真空中でserpentineの加熱実験を行った。

出発物質のserpentine(lizardite, 大分)をめのうすり鉢で-1μmまで粉砕し、加熱温度500-800˚Cで2-88時間、真空度10^{-4}-10^{-5}Paで加熱した。サンプル分析はXRD(X線回折)とFTIR(フーリエ変換赤外分光法)で行った。加熱脱水によるサンプルの質量変化は電子天秤で秤量した。

500˚Cで加熱されたサンプルは脱水したが、加熱後も結晶serpentineが主な結晶相であった。600˚Cで加熱すると分解し非晶質になった。650˚Cで加熱したサンプルはXRDパターンに非晶質serpentineから再結晶したolivineによる小さいピークと、残った非晶質によるハローパターンが見られた。700˚C加熱サンプルも同様にXRDでolivineの小さなピークが見えたが、非晶質によるハローパターンは見られなかった。800˚C加熱サンプルは再結晶olivineのピークに加えてenstatiteの最強ピークも見られた。FTIRスペクトルも以上の結果と一致している。

脱水serpentineからolivine再結晶の速度論データを得るために、650, 700˚Cで加熱したサンプルのFTIRスペクトルをさらに分析した。結晶olivineによる10.4μmと11.4μmの吸収度の比を[1]の結果を用いてolivine再結晶度に転換した。650˚Cと700˚Cのデータを Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorovの式を用いてフィッティングし(Avrami exponent 1.5)、再結晶速度定数k[$h^{-1.5}$]は0.032 (650˚C), 0.34 (700˚C)と得られた。また再結晶の活性化エネルギーは356 kJ mol^{-1}と推定される。

結果をもとに，Serpentine脱水 [2] と再結晶のTTT (Time-Temperature-Transformation) ダイアグラムが得られた。初期太陽系においてRyuguとBennuの母天体中での熱源を^{26}Al(半減期約72万年)の放射壊変と仮定すると、加熱時間1000万年以下と考えられる。このダイアグラムから、含水鉱物を保持しているBennuは母天

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

体中で350K以下に保たれている必要があり、含水鉱物が少ないRyuguは母天体中で450K以上の加熱を経験した必要がある。Fujiya et al. (2012) [3]によると、太陽系形成後350万年に集積した直径60km以下の小惑星中では、中心から3kmの範囲で最高温度400-450Kで200-300万年間加熱されたと推定されている。この場合小惑星の大部分は350K以下に保たれ、Bennuの条件を満たす。Ryuguのように脱水を経験するには母天体の直径が60kmより大きいか、熱源である^{26}Alがより多く残っている太陽系形成後350万年以内に集積したと考えられる。

References: [1] Yamamoto D. and Tachibana S. (2018) ACS Earth Space Chem. 2, 778–786. [2] Yamamoto D. (2016) Master thesis. [3] Fujiya W. et al. (2012) Nat. Commun. 3, 627(6 pp).

キーワード：熱変成、小惑星
Keywords: thermal metamorphism, asteroid

©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26日(日) 15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM19] 太陽物理学の最前線

コンビーナ:今田 晋亮(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、横山 央明(東京大学大学院理学系研究科)、清水 敏文(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、勝川 行雄(自然科学研究機構国立天文台)、座長:今田 晋亮

「ひのとり」、「ようこう」、「ひので」と３機の太陽観測衛星ミッションが実施され、太陽大気中の微細構造やダイナミクスが明らかにされ、コロナ加熱や太陽フレアにおける太陽の磁気活動現象の本質的な理解には太陽外層大気を十分に空間分解(0.4")し、現象を十分に時間分解し（アルベン波伝搬時間以下）、さらに光球からコロナまでシームレスに観測する事が重要であることがわかった。これを受けて日本の太陽コミュニティは次世代太陽観測衛星Solar-C_EUVSTを２０２０年代中盤に打ち上げ予定である。一方、先日打ち上げられたParker Solar Probe (PSP)をはじめ、地上望遠鏡DKIST、SUNRISE気球実験など様々な太陽観測計画が２０２０年代中盤までに開始される。またPhoENiX等その先の計画も策定されている。そこで、各人の研究とともに太陽物理学における未解決問題を、現在の観測・理論より明確にし、今後どのような準備が必要かを議論する。なお、リモートセンシングによる太陽観測のみでなく、惑星間空間における直接その場観測もターゲットであり、SGEPSSなど太陽惑星圏分野からの講演も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[PEM19-01] 太陽-ジオスペース結合過程の理解に向けて：第25太陽活動周期の課題

★招待講演

*三好 由純[1]、今田 晋亮[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

15:45 ~ 16:00

[PEM19-02] 太陽風乱流の未解決問題

★招待講演

*庄田 宗人[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:00 ~ 16:15

[PEM19-03] 公募型小型Solar-C_EUVSTミッション

*清水 敏文[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[PEM19-04] Advanced Observations of the Solar Atmosphere by a Balloon-Borne Telescope SUNRISE-3

*勝川 行雄[1]、Quintero Noda Carlos[2]、久保 雅仁[1]、原 弘久[1]、清水 敏文[2] (1.国立天文台、2.JAXA宇宙科学研究所)

16:30 ~ 16:45

[PEM19-05] Radiation magnetohydrodynamic modeling of solar coronal dynamics

*飯島 陽久[1] (1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

16:45 ~ 17:00

[PEM19-06] Detection and energy derivation of nano-flares based on deep learning

*河合 敏輝[1]、今田 晋亮[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

太陽-ジオスペース結合過程の理解に向けて：第25太陽活動周期の課題
The Sun-Geospace connection: toward the 25th solar cycle

*三好 由純[1]、今田 晋亮[1]
*Yoshizumi Miyoshi[1], Shinsuke Imada[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

One of the major goals of solar-terrestrial physics is to understand how the transfer of Sun and solar wind energy into the Geospace and vice versa. In the last decade, there have been several flagship missions in Geospace; NASA/THEMIS, Van Allen Probes, and MMS, and JAXA/Arase, making important contributions to our understandings of how the Geospace responds on variations of Sun and solar wind. Solar atmosphere is also observed and monitored by modern satellite, such as Hinode, and Solar Dynamics Observatory. The present solar cycle (cycle 24) is one of the weakest cycles in these 100 years. Existing missions successfully observe several abnormal phenomena during weak solar cycle, such as extremely low-density solar wind, strong asymmetry for solar polar magnetic field, or relatively weak geomagnetic activities. For example, large flux enhancements of the outer belt associated with huge magnetic storms have not observed in cycle 24. Further, a lot of cycle prediction studies suggest that next solar cycle (cycle 25) is also as weak as cycle 24. There are also several preexisting and under-preparing missions which will be flagship missions during solar cycle 25. In this presentation, we briefly review highlights from these missions and discuss what subjects are important for the next decade, i.e, the 25th solar cycle to understand coupling process between Sun and Earth.

キーワード：太陽-ジオスペース結合、第25活動周期
Keywords: Sun-Geospace Coupling, Cycle 25

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽風乱流の未解決問題
Unsolved problems of the solar wind turbulence

*庄田 宗人[1]
*Munehito Shoda[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, University of Tokyo

太陽風は磁気流体スケールから運動論スケールまでにわたる擾乱で特徴付けられ、故にプラズマ乱流の理想的な実験室である。これまで多くの探査機観測や数値シミュレーションによる研究が行われてきたが、依然として太陽風乱流には未解決問題が残されている。これらは太陽物理学におけるコロナ加熱や太陽風加速といった問題にも直結した課題である。本講演では太陽風乱流に関する未解決問題をレビューし、それらに対する最新の結果についてまとめる。Parker Solar Probe に対する理論的予言（や実際の観測結果）についても議論する。

キーワード：磁気流体乱流、磁気流体波動、太陽風加速
Keywords: MHD turbulence, MHD waves, solar wind acceleration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

公募型小型Solar-C_EUVSTミッション
The Solar-C_EUVST Epsilon mission

*清水 敏文[1]
*Toshifumi Shimizu[1]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science, JAXA

Solar-C_EUVST衛星計画は、公募型小型衛星のミッション候補の一つとして2018年7月に選定された次期太陽観測衛星である。宇宙に如何に高温プラズマが作られ、太陽が如何にして地球や惑星に影響を及ぼしているのかという命題を探求するため、Solar-C_EUVST衛星計画は、太陽表面から太陽コロナのエネルギーと質量の輸送を理解し、宇宙プラズマ中で普遍的に起きている基礎物理過程を検証する。観測装置として極紫外線撮像分光望遠鏡(EUVST, EUV High-Throughput Spectroscopic Telescope)を搭載し、太陽大気の光球/彩層から太陽コロナに到る温度領域を隙間なく観測する。太陽大気全体に亘り、プラズマのダイナミックな現象に追随するため、EUVSTは以前に飛翔のものに較べておよそ１桁以上の性能（空間・時間分解能、波長範囲）向上させ、EUV域にある様々な輝線のスペクトルを高分散分光計測して、視線速度や温度・密度などの物理診断を行う。ミッションは、I)彩層・コロナと太陽風の形成に必要なエネルギー・質量輸送機構および散逸機構の究明、およびII)太陽面爆発現象の物理過程の解明を目指す。これら２つの科学課題を通じて、Solar-C_EUVSTミッションの使命は、どのようにして活動的な太陽が作り出されるか、という太陽物理学で最も基本的な問いに答えを出す。2025年前半にイプシロンロケットにより太陽同期極軌道に投入される構想である。本講演は、Solar-C_EUVSTミッションの概要についてお話しする。

キーワード：太陽外層大気、EUV分光、衛星計画
Keywords: Solar outer atmosphere, EUV Spectroscopy, New mission plan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Advanced Observations of the Solar Atmosphere by a Balloon-Borne Telescope SUNRISE-3

*勝川 行雄[1]、Quintero Noda Carlos[2]、久保 雅仁[1]、原 弘久[1]、清水 敏文[2]
*Yukio Katsukawa[1], Carlos Quintero Noda[2], Masahito Kubo[1], Hirohisa Hara[1], Toshifumi Shimizu[2]

1. 国立天文台、2. JAXA宇宙科学研究所
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. ISAS/JAXA

The solar chromosphere interfacing the solar surface (i.e. photosphere) and the corona is not a simple intermediate atmospheric layer transmitting magnetic energy, but a region where strong non-linearity drives dynamic phenomena, such as turbulence, shocks, and jets. Because the dynamics are likely to be responsible for injection of non-thermal energies into the corona and the solar winds, the chromosphere is one of the most important targets in the solar and stellar physics. It is necessary to quantitatively observe 3D magnetic and velocity fields to cover the dynamics in the chromosphere together with energy generation in the photosphere. We plan to acquire high-quality 3D magnetic and velocity fields for the first time by the SUNRISE-3 balloon-borne solar telescope planned for 2021. We are building a high precision spectro-polarimeter called SCIP (SUNRISE Chromospheric Infrared spectro-Polarimeter) to be installed in SUNRISE-3 for precise spectro-polarimetric observation of near-IR spectral lines sensitive to magnetic fields in the photosphere and the chromosphere. To interpret the SUNRISE-3 data, we are developing numerical modeling of the dynamic phenomenon in the solar atmosphere as well as tools to interpret radiative transfer through the atmosphere. The goal is to understand the conversion process of magnetic energies in the astrophysical plasma based on spatially resolved observations of the Sun.

キーワード：太陽、彩層、コロナ、磁場、気球観測
Keywords: Sun, Chromosphere, Corona, Magnetic field, Balloon observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiation magnetohydrodynamic modeling of solar coronal dynamics

*飯島 陽久[1]
*Haruhisa Iijima[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

We present highly dynamic simulations of solar corona that exhibit intermittent heating and brightening based on the radiation magnetohydrodynamic model. The recent development of observational instruments allows us to access a large amount of remote-sensing image of the solar atmosphere. Because of the high nonlinearity of the solar atmosphere, the interpretation of the observational data is becoming more difficult. One approach to overcome this difficulty of the observational interpretation is to compare the observational data with synthesized realistic numerical simulations more directly. Realistic model of the solar corona should take into accout various physical processes like the radiative transfer, non-ideal equation of states, and thermal conduction. Our radiation magnetohydrodynamic model RAMENS is one of such solvers that can model the realistic solar dynamics from the upper convection zone to the corona. Recently, we further develop this code by including the semi-relativistic correction of the Alfven wave and thermal conduction to avoid severe time stepping near the active region. This new code allows us to simulate the highly dynamic solar corona within a moderate numerical cost. In the presentation, we will report our implementation of the semi-relativistic correction and present new energetic coronal simulations.

キーワード：太陽、コロナ、シミュレーション
Keywords: Sun, Corona, Simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detection and energy derivation of nano-flares based on deep learning

*河合 敏輝[1]、今田 晋亮[1]
*Toshiki Kawai[1], Shinsuke Imada[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

Coronal heating is one of the long-standing problems in solar physics. So far, two primary mechanisms have been proposed to explain how the corona is heated, namely small-scale magnetic reconnection and wave dissipation. To estimate the contribution of small-scale magnetic reconnection, so called nano-flares, to heat the corona is crucial to solve the coronal heating problem. The purpose of this study is to develop a method which can accurately detect nano-flares and estimate their energies. Firstly, we carry out one-dimensional hydrodynamic simulations of coronal loops heated by nano-flares which have wide range of energy ($10^{23} < E < 10^{27}$ erg). Secondly, we calculate the temporal variation of EUV and soft X-ray spectra of coronal loops from the simulation results by using CHIANTI atomic database. We perform these procedures more than 1,000 times with randomized flare energy and occurrence time to produce various datasets. Finally, we train a Deep Neural Network (DNN) by using these datasets to estimate the energy distribution and occurrence times of flares from soft X-ray observation. Moreover, we apply trained DNN to actual soft X-ray observations. As a result, we obtain reasonable occurrence times and energies of flares comparing another method which regards flare energy as change amount of thermal energy of the loop.

キーワード：深層学習、ナノフレア
Keywords: deep learning, nano-flare

©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-AE 天文学・太陽系外天体

2019年5月26日(日) 9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[P-AE20] 系外惑星

コンビーナ:生駒 大洋(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、成田 憲保(東京大学)、座長:成田 憲保(東京大学)、生駒 大洋(東京大学)

1995年にホットジュピターの発見で幕を開けた系外惑星科学は，ケプラー計画による多数のスーパーアースの発見によって大きな転換期を迎えている．さらに最近では，Proxima Centauri やTRAPPIST-1など太陽近傍星まわりに地球と同程度のサイズで同程度の中心星光照射を受ける（いわゆるハビタブルゾーンにある）惑星も発見されはじめた．それによって，太陽系外の地球型惑星の大気や表層環境に関する実証的な研究が始まりつつある．さらに，従来は発見が困難だった晩期型星・早期型星まわりの惑星発見数も増加しつつあり，主星のタイプに応じた惑星の存在頻度や軌道分布も明らかになりつつある．これにより包括的な汎惑星系形成論の土台となる観測的な知見も集まりつつあると言える．その結果，これまで主に天文学の対象とされてきた系外惑星も，いよいよ地球惑星科学が中心的貢献をすべき研究対象となったと言えるだろう．本セッションでは，そうした転換期にある系外惑星科学の最先端の研究成果を共有することを目的とする．

9:00 ~ 9:15

[PAE20-01] Gravitational Microlensing Surveys for Exoplanets

★Invited Papers

*鈴木 大介[1] (1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

9:15 ~ 9:30

[PAE20-02] Doppler planet searches targeting stars in solar neighborhood

★Invited Papers

*佐藤 文衛[1] (1.東京工業大学)

9:30 ~ 9:45

[PAE20-03] TESS惑星候補の地上フォローアップ観測に向けたMuSCAT3の開発

*成田 憲保[1,2,3]、福井 暁彦[2]、生駒 大洋[2]、田村 元秀[1,2]、日下部 展彦[1]、森 万由子[2]、山室 智康[4] (1.アストロバイオロジーセンター、2.東京大学、3.科学技術振興機構、4.オプトクラフト)

9:45 ~ 10:00

[PAE20-04] Effect of metallicity and eddy diffusion on transmission spectra of hazy exoplanet atmospheres

*川島 由依[1]、生駒 大洋[2] (1.SRON Netherlands Institute for Space Research、2.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[PAE20-05] Mineral clouds of fluffy aggregates: how they form in exoplanetary atmospheres and influence transmission spectra

*大野 和正[1]、奥住 聡[1]、田崎 亮[2] (1.東京工業大学 理学院 科地球惑星科学系、2.東北大学天文学教室)

10:15 ~ 10:30

[PAE20-06] 巨大衝突によって形成される惑星系の軌道構造

★招待講演

*小久保 英一郎[1] (1.自然科学研究機構国立天文台理論研究部)

Gravitational Microlensing Surveys for Exoplanets

*鈴木 大介[1]
*Daisuke Suzuki[1]

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science / Japan Aerospace Exploration Agency

Gravitational microlensing can detect cold planets beyond the snow line. It is sensitive to the planets down to the Earth mass. Thus, it is only microlensing among the current exoplanet detection methods that can probe the outer planets orbiting other stars. In this talk, we present the recent microlensing statistical study which finds a disagreement between the observed planet mass-ratio function and the prediction from the population synthesis models based on the core accretion model. The models predict 7 - 10 times fewer planets at mass-ratios of $10^{-4} < q < 10^{-3}$ than found by the microlensing observations. This implies that the formation of gas giants may involve more complicated processes than assumed by the standard core accretion theory. Or, it implies that the planet formation process may vary significantly as a function of host star mass, because the population synthesis models have been calibrated for planets around solar-type stars while microlensing observations are biased toward lower-mass stars.

We also present recent planet discoveries with mass constraint and/or measurement by using the space-based observations or 10m class telescopes. Finally, we introduce future, infrared microlensing surveys, such as the PRIME (PRime-focus Infrared Microlensing Experiment) project and NASA’s WFIRST (Wide Field Infrared Survey Telescope) microlensing survey.

キーワード：系外惑星、重力マイクロレンズ
Keywords: Exoplanets, Gravitational Microlensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Doppler planet searches targeting stars in solar neighborhood

*佐藤 文衛[1]
*Bunei Sato[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

A precise Doppler measurement is one of the powerful techniques to detect planets orbiting stars. The technique is applicable to the detection of planets with a wide range of orbital parameters, such as semimajor axis and eccentricity, mass, and host stars. The planets detected by the Doppler surveys can thus help us to gain a general understanding of planet formation and evolution. Furthermore, given the high detection efficiency of planets of the Doppler technique compared to transit ones, it is highly useful to search for planets around stars in solar neighborhood.

We have been conducting Doppler planets searches for planets around nearby giant stars, that is evolved intermediate-mass stars, for about 20 years with 188cm telescope and High Dispersion Echelle Spectrograph (HIDES) of Okayama observatory. We have also started intensive Doppler monitoring of nearby bright solar-type stars at Okayama aiming to explore low-mass planets in their habitable zones. Thanks to refurbishment of the HIDES last year, we can now achieve a Doppler precision better than 1 m/s. In this February, a new planet search program targeting nearby low-mass M-type dwarfs was launched with use of the new InfraRed Doppler instrument (IRD) of Subaru 8.2m telescope. The program aims at detecting earth-mass planets in their habitable zones as well as uncovering population of planets around them. Here we report the latest results from these planet-search programs and discuss future prospects.

キーワード：ドップラー法、太陽近傍星、ハビタブルゾーン、地球質量惑星
Keywords: Doppler technique, nearby stars, habitable zone, earth-mass planets

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

TESS惑星候補の地上フォローアップ観測に向けたMuSCAT3の開発
Development of MuSCAT3 for ground-based follow-up observations of TESS candidate exoplanets

*成田 憲保[1,2,3]、福井 暁彦[2]、生駒 大洋[2]、田村 元秀[1,2]、日下部 展彦[1]、森 万由子[2]、山室 智康[4]
*Norio Narita[1,2,3], Akihiko Fukui[2], Masahiro Ikoma[2], Motohide Tamura[1,2], Nobuhiko Kusakabe[1], Mayuko Mori[2], Tomoyasu Yamamuro[4]

1. アストロバイオロジーセンター、2. 東京大学、3. 科学技術振興機構、4. オプトクラフト
1. Astrobiology Center, 2. University of Tokyo, 3. JST, 4. OptCraft

2018年4月18日に打ち上げられたNASAのトランジット惑星探索衛星TESSは2019年夏から黄道面に対する北天の観測を開始する。それに伴い2019年秋以降は多数のトランジット惑星の候補が北天で発見される見込みとなっている。

我々は岡山188cm望遠鏡とテネリフェ1.52m望遠鏡に搭載されたMuSCAT1/2に続いて、アメリカ・アリゾナ州のホプキンス山にあるフレッド・ローレンス・ウィップル天文台に設置された1.2m望遠鏡用の4色同時撮像カメラMuSCAT3を開発している。MuSCAT3は、既存のMuSCAT1/2と連携することによって北半球における多色撮像観測の24時間体制を確立し、2019年時点で世界で唯一となる多色トランジット観測ネットワークを実現する。これにより、TESSで発見された面白い惑星候補の発見確認観測を世界の中でいち早く行うことが可能となり、すばる望遠鏡などの観測へとつなげていくことを目指している。

本講演では、MuSCAT3の設置望遠鏡や装置の仕様などの詳細と、今後の開発スケジュールおよびTESSやMuSCAT1/2との連携の展望について紹介する。

キーワード：系外惑星、トランジット、観測装置、TESS
Keywords: exoplanets, transit, instrument, TESS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of metallicity and eddy diffusion on transmission spectra of hazy exoplanet atmospheres

*川島 由依[1]、生駒 大洋[2]
*Yui Kawashima[1], Masahiro Ikoma[2]

1. SRON Netherlands Institute for Space Research、2. 東京大学
1. SRON Netherlands Institute for Space Research, 2. The University of Tokyo

Recently, properties of exoplanet atmospheres have been constrained via multi-wavelength transit observation, which measures an apparent decrease in stellar brightness during planetary transit in front of its host star (called transit depth). Sets of transit depths so far measured at different wavelengths (called transmission spectra) for some exoplanets are featureless or flat, inferring the existence of haze particles in the atmospheres. Previous studies that addressed theoretical modeling of transmission spectra of hydrogen-dominated atmospheres with haze used some assumed distribution and size of haze particles. In Kawashima & Ikoma (2018), we developed new photochemical and microphysical models of the creation, growth, and settling of haze particles for deriving their size and number-density distributions in close-in warm (< 1000 K) exoplanet atmospheres.

In this study, we explore the dependence of the production rate of haze and the resultant transmission spectra on metallicity and eddy diffusion coefficient. We find that the photodissociation rates of the hydrocarbons, which are related to the haze monomer production rate, are basically smaller for higher metallicity in spite of their increased abundances. This is because of the enhanced photon-shielding effect by the major photon absorbers, H_2O, CO, CO_2, and O_2, existing at higher altitudes than the hydrocarbons. Thus, the transmission spectrum for higher metallicity atmosphere is less affected by haze. We also find that the efficient eddy diffusion yields a steep Rayleigh-scattering slope in the optical and more prominent molecular-absorption features, which is the dependence opposite of condensation clouds.

キーワード：大気、透過スペクトル、ヘイズ、金属量、渦拡散
Keywords: Atmospheres, Transmission spectra, Haze, Metallicity, Eddy diffusion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mineral clouds of fluffy aggregates: how they form in exoplanetary atmospheres and influence transmission spectra

*大野 和正[1]、奥住 聡[1]、田崎 亮[2]
*Kazumasa Ohno[1], Satoshi Okuzumi[1], Ryo Tazaki[2]

1. 東京工業大学 理学院 科地球惑星科学系、2. 東北大学天文学教室
1. Department of Earth and Planetary Science, Tokyo Institute of Technology, 2. Astronomical Institute, Tohoku University

Observations of transmission spectra have suggested ubiquity of high-altitude clouds in exoplanetary atmospheres. Recent theoretical studies have examined the formation of high-altitude clouds; however, they usually need to assume vigorous vertical mixing to explain the observations, which is orders of magnitude stronger than that suggested from general circulation models. The discrepancy might be caused by an assumption of the compact spheres for cloud particles adopted in previous studies. Because the hot environment of exoplanets leads to the formation of mineral condensates, they potentially grow into fluffy aggregates with very low sedimentation velocity that can be easily transported to high altitude. In this study, we investigate the influences of the particle porosity on vertical profiles of the clouds using a microphysical model taking into account the vertical transport, particle growth, and porosity evolution of cloud particles. We will demonstrate that the particle density can be lower than the material density by 2–3 orders of magnitude. As a result, the vertical extent of the clouds is potentially much larger than that expected in previous studies. We also calculate synthetic transmission spectra with fluffy-aggregate clouds. The fluffy-aggregate clouds largely obscure molecular signatures in the spectra and produce a characteristic spectral slope in visible to near-infrared wavelength. Finally, we compare the synthetic spectra with the transmission spectrum of GJ1214b, a super-Earth suggested to have clouds at ~0.01mbar in pressure, and find that the observed spectra can be explained by the mineral cloud of fluffy aggregates if atmospheric metallicity is higher than 100 times solar abundance. The predicted high atmospheric metallicity might encapsulate information about the formation process of GJ1214b.

キーワード：系外惑星、雲、大気透過光分光観測
Keywords: Exoplanet, Cloud, Transmission spectrum

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

巨大衝突によって形成される惑星系の軌道構造
Orbital Architecture of Planetary Systems Formed by Giant Impacts

*小久保 英一郎[1]
*Eiichiro Kokubo[1]

1. 自然科学研究機構国立天文台理論研究部
1. Division of Theoretical Astronomy, National Astronomical Observatory of Japan

惑星系形成の標準シナリオでは、地球型惑星形成の最終段階は原始惑星どうしの衝突(巨大衝突)と考えられている。この段階では、系が力学的に安定になるまで、原始惑星は重力散乱で軌道を乱し合い、衝突合体して成長する。この過程で惑星系の最終的な軌道構造がどのように決まるかを多体シミュレーションによって調べた。惑星系の軌道構造(軌道間隔、軌道離心率、軌道傾斜角)は原始惑星の物理半径/ヒル半径で決まり、この比が大きいほどコンパクトで力学的に冷たい惑星系が形成されることがわかった。この結果と系外惑星系の軌道構造を比較する。

キーワード：地球型惑星、巨大衝突
Keywords: terrestrial planets, giant impacts

©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-AE 天文学・太陽系外天体

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[P-AE20] 系外惑星

コンビーナ:生駒 大洋(東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)、成田 憲保(東京大学)、座長:生駒 大洋(東京大学)、成田 憲保(東京大学)

1995年にホットジュピターの発見で幕を開けた系外惑星科学は，ケプラー計画による多数のスーパーアースの発見によって大きな転換期を迎えている．さらに最近では，Proxima Centauri やTRAPPIST-1など太陽近傍星まわりに地球と同程度のサイズで同程度の中心星光照射を受ける（いわゆるハビタブルゾーンにある）惑星も発見されはじめた．それによって，太陽系外の地球型惑星の大気や表層環境に関する実証的な研究が始まりつつある．さらに，従来は発見が困難だった晩期型星・早期型星まわりの惑星発見数も増加しつつあり，主星のタイプに応じた惑星の存在頻度や軌道分布も明らかになりつつある．これにより包括的な汎惑星系形成論の土台となる観測的な知見も集まりつつあると言える．その結果，これまで主に天文学の対象とされてきた系外惑星も，いよいよ地球惑星科学が中心的貢献をすべき研究対象となったと言えるだろう．本セッションでは，そうした転換期にある系外惑星科学の最先端の研究成果を共有することを目的とする．

10:45 ~ 11:00

[PAE20-07] スーパーアースのマントル対流シミュレーション

★招待講演

*宮腰 剛広[1]、亀山 真典[2]、小河 正基[3] (1.海洋研究開発機構、2.愛媛大学、3.東京大学)

11:00 ~ 11:15

[PAE20-08] Atmospheric escape from M-dwarf exoplanets and implications for habitability

*Chuanfei Dong[1] (1.Princeton University)

11:15 ~ 11:30

[PAE20-09] 中心星近傍岩石スーパーアースの放射スペクトル推定：大気散逸によるアルカリ金属の枯渇

*伊藤 祐一[1,2]、生駒 大洋[2] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.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

[PAE20-10] Hot Rocky Super-Earthsにおける金属気体を含む大気化学モデルの構築

*Danielache Sebastian[1,2]、高橋 遊大[1]、Miguel Yamila[3]、Simoncini Eugenio[4]、Grassi Tommaso[5] (1.上智大学 理工学部 物質生命理工学科、2.東京工業大学　地球生命研究所、3.Leiden Observatory, Leiden University、4.Simoncini Telai Gambassi Terme、5.University Observatory Munich, Ludwig-Maximilians-University)

11:45 ~ 12:00

[PAE20-11] 潮汐固定された地球型水惑星の気候

*小玉 貴則[1] (1.ボルドー大学)

12:00 ~ 12:15

[PAE20-12] 地球類似惑星の発見に向けたWSO-UV/UVSPEX計画の現状

*亀田 真吾[1]、長田 直也[1]、小玉 貴則[2]、村上 豪[3]、塩谷 圭吾[3]、生駒 大洋[4]、成田 憲保[5]、寺田 直樹[6]、藤原 均[7] (1.立教大学理学部、2.ボルドー大学、3.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4.東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻、5.国立天文台、6.東北大学大学院理学研究科、7.成蹊大学理工学部)

スーパーアースのマントル対流シミュレーション
Thermal convection in the mantle of super-Earths

*宮腰 剛広[1]、亀山 真典[2]、小河 正基[3]
*Takehiro Miyagoshi[1], Masanori Kameyama[2], Masaki Ogawa[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 愛媛大学、3. 東京大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Ehime University, 3. University of Tokyo

マントル対流は惑星表面のテクトニックな活動や内部の熱進化を支配している。それはプレート運動、物質循環、核の対流などの現象の駆動源ともなる。スーパーアース内部のマントルダイナミクスがどのようなものであり、また地球とどう異なるかは、それ自身興味深い惑星科学における問題であるが、加えてその理解は、スーパーアースの熱進化や表層環境を考察する上でも不可欠な要素の一つである。

地球とスーパーアースのマントルを比較した時、特に大きな違いの一つが、スーパーアース内部では強い断熱圧縮効果が働くという事である。地球のマントル内ではこの効果は比較的小さい為、地球のマントル対流を調べる際にはこの効果はしばしば無視される。しかしながらこの効果は惑星サイズに比例して大きくなる。その為、スーパーアースのマントル対流を調べる際にはこの効果を適切に考慮する事が必要である。本講演では、惑星サイズの増加に伴い増大する断熱圧縮効果を適切に考慮した数値シミュレーション結果（Miyagoshi et al., 2014; 2015; 2017; 2018）を紹介する。我々のモデルではまた、惑星サイズに比例して大幅に増加する（地球よりも遥かに大きな）レイリー数、温度依存粘性、圧力（深さ）依存熱膨張率を考慮している。

我々の計算結果からは、惑星サイズが増大するにつれで、コアーマントル境界から上昇するホットプルームの活動性が著しく弱められる事が分かった。対照的に、表層から沈降するコールドプルームは惑星サイズが増大しても活動性を失わない。また対流の熱輸送効率は、断熱圧縮効果を無視した場合（ブシネスク近似、地球のモデルで通常用いられる）に比べ、大きく減少する事が分かった。また10倍地球質量の惑星において、対流のレジームダイアグラムを見出し、固いリソスフェアが形成されるレジームとされないレジームの境界を同定した。

このような断熱圧縮の効果は、惑星質量が地球質量の4倍を超えた付近から顕著に見られるようになる。また、惑星質量が大きくなるにつれて、プレートは厚くなる一方、対流の流れの速さは殆ど変化しない。この結果は、断熱圧縮を無視した場合の予測と著しく異なる。この結果はスーパーアースのプレート運動の起こりやすさを考える上で大きなヒントを与えると考えられる。

我々はまた大きな（地球の10倍質量の）スーパーアースの熱進化過程を調べた。その結果、巨大スーパーアースでは、初期温度分布の影響が非常に長く続く（場合によっては数十億年以上）事が分かった。我々のモデルでは初期温度分布の一例として、マントルの浅い部分が（いくつかの惑星形成モデルで示唆されているように）、断熱温度勾配分布よりも熱い状態から出発すると仮定した。その結果、最終的な全層対流状態に至る前に、数十億年以上にわたって、初期温度分布に由来する過渡の二層対流の状態が続く事が分かった。その間、下層では活発な対流が生じるが、上層では表層からのコールドプルームが少しずつ下降してくるだけとなり、上層と下層が混合しない状態が長期間続く。

我々の結果からは、惑星サイズか増大するにつれて、プレート運動やホットスポット火山などのテクトニックな活動は生じづらくなる事が示唆される。また対流の熱輸送効率が弱くなるため、核の対流や惑星磁場もそれほど強くなれないと予想される。加えて、特に巨大なスーパーアースの内部活動や表層環境を考える場合、非常に長く続く初期温度分布の影響を考慮に入れる事が重要であると考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：スーパー地球、マントル対流、断熱圧縮
Keywords: super-Earths, mantle convection, adiabatic compression

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Atmospheric escape from M-dwarf exoplanets and implications for habitability

*Chuanfei Dong[1]

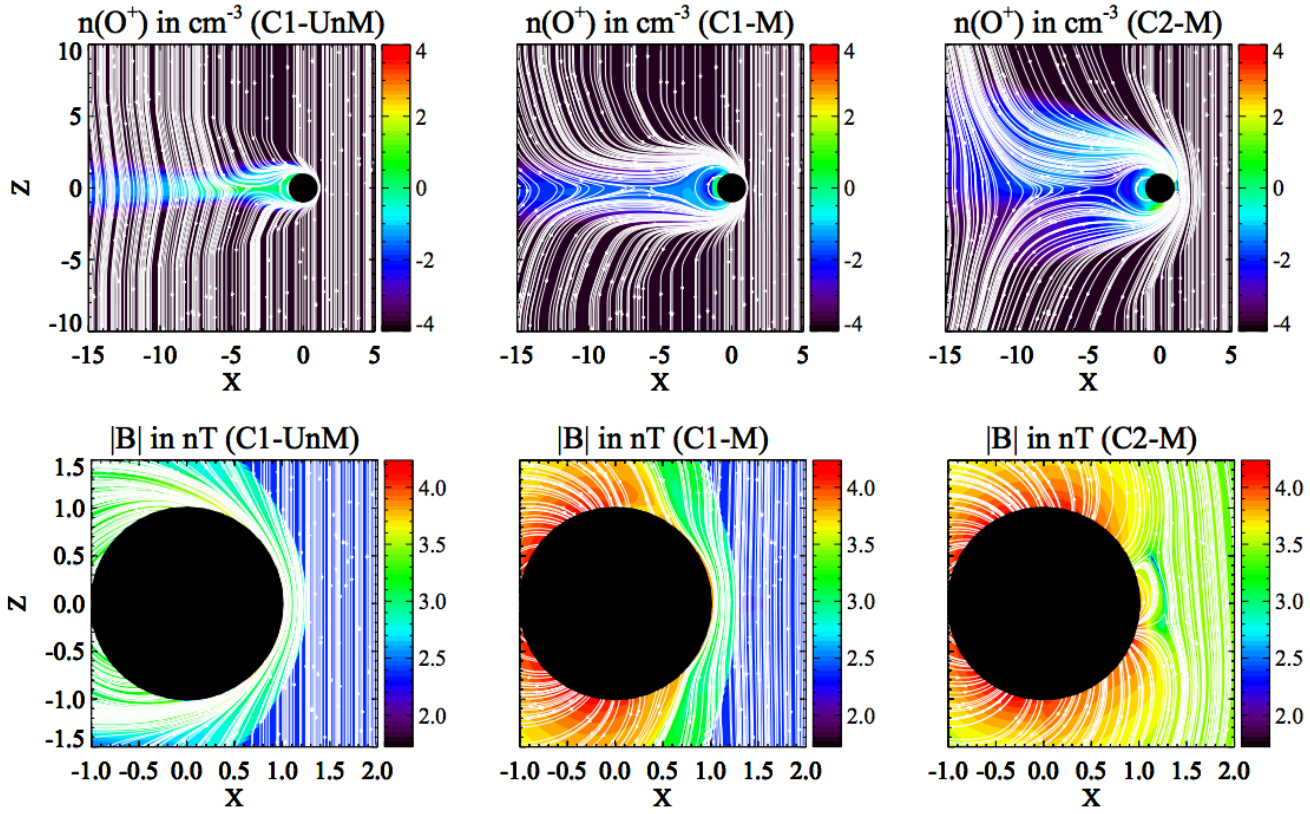
1. Princeton University

In the last two decades, the field of exoplanets has witnessed a tremendous creative surge. Research in exoplanets now encompasses a wide range of fields ranging from astrophysics to heliophysics and climate science. One of the primary objectives of studying exoplanets is to determine the criteria for habitability, and whether certain exoplanets meet these requirements. The classical definition of the Habitable Zone (HZ) is the region around a star where liquid water can exist on the planetary surface given sufficient atmospheric pressure. However, this definition largely ignores the impact of the stellar wind and stellar magnetic activity on the erosion of an exoplanet's atmosphere. Amongst the many factors that determine habitability, understanding the mechanisms of atmospheric loss is of paramount importance.

We will discuss the impact of exoplanetary space weather on the long-term climate evolution and habitability, which offers fresh insights concerning the habitability of exoplanets, especially those orbiting M-dwarfs, such as Proxima b and the TRAPPIST-1 planets. I will focus on a wide range of atmospheric compositions, ranging from exo-Venus candidates to ocean worlds; the latter being a unique class of planets with water-rich surfaces and atmospheres that do not currently exist in our Solar system. For each of these cases, we will demonstrate the importance of the exoplanetary space weather on atmospheric ion loss and habitability.

Keywords: atmospheric escape, planetary habitability, M-dwarf exoplanets, stellar wind and magnetic activity, Proxima b, the TRAPPIST-1 planets

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中心星近傍岩石スーパーアースの放射スペクトル推定：大気散逸によるアルカリ金属の枯渇

Theoretical emission spectra of hot rocky super-Earths: Lack of alkali metals due to atmospheric escape

*伊藤 祐一[1,2]、生駒 大洋[2]
*Yuichi Ito[1,2], Masahiro Ikoma[2]

1. 北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2. 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Department of Cosmosciences, Graduate school of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

現在、2地球半径以下の惑星半径を持つ系外惑星は1000個以上発見されている。それらの約半数は、岩石の融点温度を超えた放射平衡温度を持つほど中心星近傍(0.1AU以下)に存在している。それらがCoRoT-7 bに代表されるような岩石惑星であるなら、中心星近傍の岩石惑星はマグマ由来の岩石蒸気（NaやO, Si, Mg, SiOなど）で構成されたミネラル大気と呼ばれる大気を持つと考えられている(Schaefer & Fegley 2009)。さらに、岩石中でNaやKは高い揮発性を持つ一方で低い存在量であるために、大気散逸のような大気の損失過程は、ミネラル大気そしてマグマからNaとKの選択的な枯渇を引き起こすと考えられる。また、紫外線が照射されたミネラル大気を想定した１次元流体モデル(Ito & Ikoma, in prep)から、主星が若い頃に起こる大気の流体力学的散逸によって、NaやKが全て失われてしまう可能性が示唆されている。従って、ミネラル大気の観測的検出はその惑星が岩石惑星である確定的証拠を与える。さらには、その大気成分の特定、特にNaやKの有無は、マグマ組成を制約するだけでなく、惑星の内部や進化を知る手がかりとなりうる。

本研究では、スーパーアースサイズの中心星近傍岩石惑星の持つミネラル大気の温度構造及び放射スペクトルについて、マグマ中のNaやKの枯渇がどのような影響を与えるかを調べる。その際、マグマと大気間の化学平衡である気体組成、鉛直温度構造、二次食スペクトルを計算する静水圧平衡・放射平衡・化学平衡を仮定した大気モデル（Ito et al. 2015）を用いた。本発表では、CoRoT-7 bやKepler-10bのような高い放射平衡温度を持つ場合の結果を示す。NaとKを含まない場合の大気構造は、NaとKを含む場合（Ito et al., 2015）と同様に温度逆転層を持った。ただし、NaとKがない場合の方が、より高温であった。これは、NaやKがないために、特に可視光の波長での放射率が弱くなったためである。この高温化に伴い、平衡温度が3000Kの場合には、NaやK由来の可視光の放射がなくなるだけでなく、SiOによる放射特徴がNaとKを含む場合と比べ上昇した。最後に、このNaとKの有無に伴う二次食スペクトルの違いは、将来計画されている宇宙望遠鏡で検出可能であることを示す。

キーワード：系外惑星、大気、地球型惑星
Keywords: Exoplanet, Atmosphere, Terrestrial planet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hot Rocky Super-Earthsにおける金属気体を含む大気化学モデルの構築
Hot Rocky Super-Earths atmospheres, a revision of gas phase metal chemistry and the relevance of reverse chemistry

*Danielache Sebastian[1,2]、高橋 遊大[1]、Miguel Yamila[3]、Simoncini Eugenio[4]、Grassi Tommaso[5]
*Sebastian Danielache[1,2], Takahashi Yuta[1], Miguel Yamila[3], Simoncini Eugenio[4], Grassi Tommaso[5]

1. 上智大学 理工学部 物質生命理工学科、2. 東京工業大学　地球生命研究所、3. Leiden Observatory, Leiden University、4. Simoncini Telai Gambassi Terme、5. University Observatory Munich, Ludwig-Maximilians-University
1. Department of Materials & Life Sciences, Faculty of Science & Technology, Sophia University, 2. Tokyo Institute of Technology, Earth-Life Institute , 3. Leiden Observatory, Leiden University, 4. Simoncini Telai Gambassi Terme, 5. University Observatory Munich, Ludwig-Maximilians-University

2018年10月に運用を終了し、引退したKepler宇宙望遠鏡は、その任務中に2600個以上の太陽系外惑星を発見した。このように近年、系外惑星の探査およびハビタブルゾーンや発見された惑星における環境の解明などの研究が注目されている。その中でも、Hot Rocky Super-Earths（以下、HRSEs）と呼ばれる区分の系外惑星に関する環境は未解明の分野の一つである。明確な定義は無いものの、Super-Earthsは質量が地球の10倍以下、半径は地球の2倍以下の地球型岩石惑星を指す。特にHRSEsは、我々の太陽から水星までの距離（0.387 AU）よりもはるかに主星に近い軌道を公転し、表面温度が地表岩石の融点を超え、岩石成分が蒸発することで鉱物由来の金属化学種を含む大気を有していると考えられている。本研究は、HRSE s の高温低圧環境を仮定し、金属気体を含む大気化学モデルを構築することが目的である。

現代の技術では、太陽系外惑星はその存在を確認するだけでも大きな功績であり、個々の惑星の詳細な環境の解明には至っていない。そこで、本研究で境界条件を設定するにあたり、BSE(Bulk Silicate Earth)を高温状態にしたと仮定して得られる温度ー圧力プロファイルおよび化学種の初期の混合比を用いて、地表温度が2500 K、重力加速度が25 m s^{-2}であり、Na、O、Fe、SiOなどを大気主成分とする系外惑星を考えた。HRSEsの環境は非常に高温であるため、揮発性物質は散逸していると考えられ、本研究では反応は主に酸素と金属の反応を考慮した。高度400 kmまでを仮定した鉛直一次元モデルを用いてシミュレーションを行った。

本モデルによって得られたNa系列とFe系列の化学種の高度分布を以下に示す。金属化学種は、結合する酸素数が増えるにしたがって数密度が小さくなり、存在量が少ないことがわかる。

キーワード：Hot Rocky Super-Earths、大気化学
Keywords: Hot Rocky Super-Earths, Atmospheric Chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

潮汐固定された地球型水惑星の気候
A Climate of tidally locked terrestrial exoplanets

*小玉 貴則[1]
*Takanori Kodama[1]

1. ボルドー大学
1. University of Bordeaux

多くのハビタブル惑星に関する研究は、ハビタブルゾーンの境界を決めることに焦点が当てられている。近年の系外惑星観測により、低温度星周りの地球質量からスーパーアース質量の惑星たちのハビタビリティが議論されている。それらは、中心星に近いため、中心星の潮汐力により、惑星の自転が潮汐固定されている。

近年、３次元大気大循環モデルを用いた気候推定が始まってきており、１次元気候モデルを用いて見積もられたハビタブルゾーンとは大きく異なることがわかってきた。最も大きな違いは、雲分布である。低温度星回りの水を保持した地球型惑星は、太陽直下点付近で高高度に雲を形成するため、高アルベドをもたらす。その結果、１次元気候モデルでの見積もられたハビタブルゾーンの外側でも、温暖な気候を維持することが示された。しかしながら、惑星の公転周期が十分に短い場合、大気循環パターンがsuper-rotationに変化するため、そのような雲は形成されない.

TRAPPIST-1 dとProxima Centauri bを例として、大気循環とハビタビリティを検討した。また、気候と惑星の水分布には強い関係があるため、惑星の水分布を変えた場合、雲形成にどのような影響があるか検討した。

キーワード：系外ハビタブル惑星
Keywords: Habitable exoplanets

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球類似惑星の発見に向けたWSO-UV/UVSPEX計画の現状
Current status of WSO-UV/UVSPEX for discovery of Earth-like planets

*亀田 真吾[1]、長田 直也[1]、小玉 貴則[2]、村上 豪[3]、塩谷 圭吾[3]、生駒 大洋[4]、成田 憲保[5]、寺田 直樹[6]、藤原 均[7]
*Shingo Kameda[1], Osada Naoya[1], Takanori Kodama[2], Go Murakami[3], Keigo Enya[3], Masahiro Ikoma[4], Norio Narita[5], Naoki Terada[6], Hitoshi Fujiwara[7]

1. 立教大学理学部、2. ボルドー大学、3. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4. 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻、5. 国立天文台、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 成蹊大学理工学部
1. School of Science, Rikkyo University, 2. University of Bordeaux, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 5. National Astronomical Observatory of Japan, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Faculty of Science and Technology, Seikei University

The World Space Observatory for Ultraviolet (WSO-UV) is an orbital optical telescope with a 1.7-m diameter primary mirror currently under development. The WSO-UV is aimed to operate in the 115- to 310-nm UV spectral range. Its two major science instruments are UV spectrographs and UV imaging field cameras with filter wheels. The WSO-UV project is currently in the implementation phase, with a tentative launch date in 2023. As designed, the telescope field of view in the focal plane is not fully occupied by instruments. Recently, two additional instruments devoted to exoplanets have been proposed for WSO-UV, which are the focus of this paper. UVSPEX, a UV-spectrograph for exoplanets, aims to determine atomic hydrogen and oxygen abundance in the exospheres of terrestrial exoplanets. The spectral range is 115 to 130 nm, which enables simultaneous measurement of hydrogen and oxygen emission intensities during an exoplanet transit. A study of exosphere transit photometric curves can help differentiate among different types of rocky planets. The exospheric temper- ature of an Earth-like planet is much higher than that of a Venus-like planet because of the low mixing ratio of the dominant coolant (CO2) in the upper atmosphere of the former, which causes a large difference in transit depth at the oxygen emission line. Thus, whether the terrestrial exoplanet is Earth-like, Venus-like, or other can be determined.

キーワード：系外惑星、地球型惑星、高層大気
Keywords: exoplanet, terrestrial planet, upper atmosphere

©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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | 201B 2F

[P-CG23] 宇宙における物質の形成と進化

コンビーナ:三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、野村 英子(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、大坪 貴文(宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)、瀧川 晶(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、座長:田崎 亮、高橋 葵

近年の天文観測・室内実験・惑星探査・理論的研究の進展は、銀河系・原始惑星系円盤・晩期型巨星周囲に存在する物質(ダスト・ガス)を、物質科学的観点から理解することを可能としている。特に、近年大きな成果を挙げているALMAや、SPICA・JWST・TMTなどの次世代大型望遠鏡により、天文観測により太陽系内外のフロンティアが拓かれると期待されている。銀河や星・惑星系の進化においてダストやガスが果たす役割を理解するためには、これまで以上に天文学的・宇宙物理学的研究と物質科学的研究をリンクさせることが重要である。本セッションでは、宇宙の物質進化や形成を理解するために、天文観測と物質科学からどのようなアプローチが可能なのかを双方向から議論する。
太陽系物質の起源や進化に関する発表は「太陽系における惑星物質の形成と進化」セッションへの投稿を推奨します。太陽系物質の研究にもとづいて宇宙での物質形成全般を議論する発表は、ぜひ本セッションにご投稿ください。

9:00 ~ 9:15

[PCG23-01] 宇宙塵の起源：銀河スケールからの考察

★招待講演

*井上 昭雄[1,2] (1.大阪産業大学、2.早稲田大学)

9:15 ~ 9:30

[PCG23-02] SPICA and future infrared observations of cosmic matters

★Invited Papers

*山村 一誠[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

9:30 ~ 9:45

[PCG23-03] Engineering first light of a new mid-infrared instrument MIMIZUKU

*上塚 貴史[1]、宮田 隆志[1]、酒向 重行[1]、大澤 亮[1]、内山 允史[1]、森 智宏[1]、吉田 泰[1] (1.東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター)

9:45 ~ 10:00

[PCG23-04] 急冷窒素含有炭素質物質の性質と宇宙曝露実験

*遠藤 いずみ[1]、左近 樹[1]、尾中 敬[1]、癸生川 陽子[2]、小林 憲正[2]、三田 肇[4]、矢野 創[3] (1.東京大学、2.横浜国立大学、3.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所、4.福岡工業大学)

10:00 ~ 10:15

[PCG23-05] Shape dependence of dust absorption opacity in the Rayleigh domain

*田崎 亮[1]、田中 秀和[1] (1.東北大学理学研究科)

10:15 ~ 10:30

[PCG23-06] 星・惑星形成領域におけるダスト表面上での水素分子のオルソ・パラ変換

*古家 健次[1]、Sameera W. M. C.[2]、羽馬 哲也[2]、渡部 直樹[2]、相川 祐理[3] (1.筑波大学　計算科学研究センター、2.北海道大学　低温科学研究所、3.東京大学)

宇宙塵の起源：銀河スケールからの考察
Origin of cosmic dust: Galaxy-scale perspective

*井上 昭雄[1,2]
*Akio Inoue[1,2]

1. 大阪産業大学、2. 早稲田大学
1. Osaka Sangyo University, 2. Waseda University

銀河は、宇宙の構成要素とも言える天体である。銀河系をはじめとする現在（すなわち近傍宇宙）の銀河では、銀河スケールで積分した宇宙塵と恒星の質量比はおよそ0.1%である。一方、ビッグバンから数億年の時代では、アルマ望遠鏡による観測で宇宙塵が検出されている銀河もあれば、宇宙塵が検出されない銀河もある。銀河スケールで積分した宇宙塵と恒星の質量比には、桁違いの多様性が見られる。このような初期宇宙での宇宙塵量の多様性の原因について考察し、銀河スケールで見たときの宇宙塵の起源について議論する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

SPICA and future infrared observations of cosmic matters

*山村 一誠[1]
*Issei Yamamura[1]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

SPICA (Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) is an ESA-JAXA joint mission for infrared astrophysics. The main goal of the mission is to make significant contribution to answer the essential questions; how the universe has evolved to the current state of being rich in metals and cosmic dust, and how our solar system involving life has formed and developed.
SPICA is equipped with a 2.5 m telescope operated at cryogenic temperature (8 K). Three scientific instruments on board are SPICA Mid-infrared Instrument (SMI), SPICA Far-infrared Instrument (SAFARI) and Magnetic field explorer with Bolometric Polarimeter (B-BOP). SMI covers 18-36 μm with spectral resolutions R~100 or 2000, and 12-18 μm with R~28000 and it is also capable of imaging at 34 μm. SAFARI observes 34-230 μm in four wavelength bands at spectral resolution of R~300 or 2000-11000. B-BOP carries out imaging polarimetry at 100, 200, and 350 μm.
Thanks to the cryogenic telescope and the cutting-edge sensor technique, SPICA will realize sensitivity two orders of magnitude better than that in the previous missions such as Herschel. Significant fraction of the observing time will be open to the committee as proposal-based observations. Various celestial objects can be targets for observation with SPICA. For instance, high-quality spectroscopic data of trans-Neptunian objects and planet-forming circumstellar disks may clarify detailed formation process of our solar system. Observation of circumstellar dust of mass-losing stars at various environments will inform us how the cosmic dust are provided into our universe.
SPICA was selected as one of three candidates for ESA Cosmic Vision M5 mission from 25 proposals in May 2018, and it is currently under conceptual design. JAXA is a major partner, and will provide cryogenic payload module (PLM) and SMI. SAFARI and B-BOP are provided by the European consortia. The final selection of M5 will be in mid 2021, and the launch is expected to be late 2020's.

キーワード：赤外線、スペース観測、ダスト
Keywords: Infrared, Space Mission, Dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Engineering first light of a new mid-infrared instrument MIMIZUKU

*上塚 貴史[1]、宮田 隆志[1]、酒向 重行[1]、大澤 亮[1]、内山 允史[1]、森 智宏[1]、吉田 泰[1]
*Takafumi Kamizuka[1], Takashi Miyata[1], Shigeyuki Sako[1], Ryou Ohsawa[1], Masahito S. Uchiyama[1], Tomohiro Mori[1], Yutaka Yoshida[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター
1. Institute of Astronomy, School of Science, the University of Tokyo

The University of Tokyo is currently constructing an observatory, the University of Tokyo Atacama Observatory (TAO), in the Atacama Desert in Chile. The site is located at the summit of Cerro Chajnantor, whose altitude is 5640 m. The high altitude and the dry climate decrease the water vapor in the atmosphere (Precipitable Water Vapor <0.5 mm) and improve the atmospheric transmittance in the infrared region. Therefore, the site is one of the most ideal places for infrared observations on the ground. By placing a large-aperture telescope (6.5 m in diameter) at the site, we make the TAO a cutting-edge facility for infrared observational astronomy. The Mid-Infrared Multi-field Imager for gaZing at the UnKnown Universe (MIMIZUKU) is the first-generation mid-infrared instrument for the TAO. The main features of MIMIZUKU are: 1) wide wavelength coverage from 2 to 38 microns, 2) high-spatial resolution, and 3) accurate calibration of the atmospheric absorption. The wide wavelength coverage is achieved by installing three optical channels, NIR, MIR-S, and MIR-L, covering 2.0-5.3, 6.8-26, and 24-38 microns, respectively. Each channel can perform imaging and low-resolution spectroscopic observations. The high spatial resolution is achieved by the large-aperture telescope, which determines diffraction-limited spatial resolution. The calibration accuracy of the atmospheric absorption is improved by installing a special optical device called Field Stacker. The Field Stacker has three movable mirrors and is placed on the telescope focal plane. The mirrors pick off the light from two sky regions and combines them into one field. Then, we can observe two different sky regions simultaneously. By using this function, we can perform simultaneous observations of scientific target and reference object. Simultaneous observations allow us to compensate the time variation of the atmospheric absorption and improve accuracy of its calibration. If this function successfully works, we can realize stable and accurate observations even in wavelength regions with low atmospheric transmittance, like ozone absorption region around 9.6 microns and long-wavelength mid-infrared regions in >20 microns.

Ahead of the completion of the TAO, planned around late-2020, engineering observations of MIMIZUKU were carried out at the Subaru telescope in July and December, 2018. In these observations, the functions of the MIR-S channel and the Field Stacker device were tested. As for the imaging functions, the spatial resolutions in the N- and Q-bands were confirmed to be 0.32 and 0.59 arcsec, respectively. It means that MIMIZUKU can achieve diffraction-limited images in the mid-infrared regions. As for the spectroscopic functions, spectral resolutions for the N- and Q-band modes were measured to be 180 and 100, respectively. These are consistent with the designed values. In addition, the effectiveness of the Field Stacker on the calibration of the atmospheric absorption were also confirmed. It was found that we can reduce the photometric uncertainty to a few percent even under the condition where the photometric count varies with >10 % (p-v) due to the atmospheric variation. As for the spectroscopy, Q-band spectroscopic observations, which have been difficult in ground-based observations, were realized. We found that the atmospheric absorption can be calibrated with the Field Stacker and that we can get spectra in 17-24.5 microns with fluctuations less than 5%.

These capabilities enable us to perform wide-wavelength spectroscopic monitoring observations. Such

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observations are useful to investigate time variation of temperature and amount of dust produced by dust-forming events around evolved stars like red giants and supernovae. In this presentation, we will report the results of the engineering observations and future prospects of the observational studies on dust formation process using MIMIZUKU.

キーワード：地上中間赤外線観測、モニタリング観測、ダスト形成、東京大学アタカマ天文台、MIMIZUKU
Keywords: Ground mid-infrared observations, Monitoring observations, Dust formation, The University of Tokyo Atacama Observatory (TAO), MIMIZUKU

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

急冷窒素含有炭素質物質の性質と宇宙曝露実験
Properties and space exposure of Quenched Nitrogen-included Carbonaceous Composite (QNCC)

*遠藤 いずみ[1]、左近 樹[1]、尾中 敬[1]、癸生川 陽子[2]、小林 憲正[2]、三田 肇[4]、矢野 創[3]
*Izumi Endo[1], Itsuki Sakon[1], Takashi Onaka[1], Yoko Kebukawa[2], Kensei Kobayashi[2], MITA Hajime[4], Hajime Yano[3]

1. 東京大学、2. 横浜国立大学、3. 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所、4. 福岡工業大学
1. University of Tokyo, 2. Yokohama National University, 3. ISAS/JAXA, 4. Fukuoka Institute of Technology

有機物は現在の宇宙にありふれているが、その起源や、それらがどのように太陽系の生命の誕生に寄与したかについては未だ詳細はわかっていない。様々な天体物理環境で観測される未同定赤外バンドは、その担い手が有機物に関連すると考えられているため、宇宙における有機物の起源を考える上で重要な研究対象である。我々は、赤外特性が古典新星周囲の未同定赤外バンドを極めてよく再現する急冷窒素含有炭素質物質(Quenched Nitrogen-included Carbonaceous Composite; QNCC)の合成に初めて成功した。物性解析の結果、QNCCはN/C=3-5%の窒素を含んでいることがわかった。また、我々はQNCCがアミン(C-N)の構造を有し、それが古典新星で観測される未同定赤外バンドに特徴的な8μm付近のbroad な構造に寄与していることを見出した。QNCCの赤外吸収スペクトル中に見られたbroad な8μmの構造は、炭素質コンドライト中の不溶性有機物(IOM) の赤外特性にも見られることがわかっている。また、QNCCのN/C 比はIOMのN/C比(2-5%)とほぼ一致する。これらのことから、QNCCは太陽系初期の有機物の起源を探る上で重要な物質であると考えられる。これらの結果を踏まえて、我々は現在、国際宇宙ステーション(ISS)「きぼう」日本実験棟汎用宇宙曝露実験用ハンドレール取り付け機構ExHAMを利用した、QNCCの宇宙環境曝露実験に着手した。本宇宙曝露実験により、晩期型星を起源とする有機物(QNCC)が太陽近傍における宇宙環境曝露によって獲得する物性を明らかにし、太陽系初期の有機物(IOM)との比較を行うことにより、晩期型星を起源とする有機物星間空間を漂ったのち太陽系初期の有機物に寄与する可能性を検証する。本講演では、これまで室内合成実験および物性分析の結果、新星周囲の未同定赤外バンドの担い手の最も有力な候補と考える急冷窒素含有炭素質物質(QNCC)の性質とその宇宙曝露実験計画の最新の進捗状況を述べる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Shape dependence of dust absorption opacity in the Rayleigh domain

*田崎 亮[1]、田中 秀和[1]
*Ryo Tazaki[1], Hidekazu Tanaka[1]

1. 東北大学理学研究科
1. Astronomical Institute, Tohoku University

In various astrophysical environments, dust absorption opacity must be assumed to estimate dust mass by observations. Cosmic dust particles often have radii smaller than FIR or more longer wavelengths, and hence, they are typically in the Rayleigh domain at these observing wavelengths. It is known that absorption opacity in the Rayleigh domain sensitively depends on the shape of dust particles. In this study, we study how dust coagulation alters absorption opacity in the Rayleigh domain by using the T-Matrix Method. We find that higher-order terms of harmonic expansion of the electromagnetic field must be taken into account to reproduce strong field appearing around contact points between monomer particles. As a result, we show that coagulation can enhance dust absorption opacity by a factor of about 2 for silicate and about 5 for carbonaceous particles. We discuss appropriate approximate methods to mimic the shape effect of dust absorption opacity.

キーワード：非球形ダスト粒子、吸収不透明度、T-Matrix Method
Keywords: Non-spherical dust particles, Absorption opacity, T-Matrix Method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

星・惑星形成領域におけるダスト表面上での水素分子のオルソ・パラ変換
Modeling of the H_2 ortho-para spin conversion on grain surfaces in star- and planet-forming regions

*古家 健次[1]、Sameera W. M. C.[2]、羽馬 哲也[2]、渡部 直樹[2]、相川 祐理[3]
*Kenji Furuya[1], W. M. C. Sameera[2], Tetsuya Hama[2], Naoki Watanabe[2], Yuri Aikawa[3]

1. 筑波大学　計算科学研究センター、2. 北海道大学　低温科学研究所、3. 東京大学
1. Center for Computer Sciences, University of Tsukuba, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University,, 3. The University of Tokyo

Hydrogen is the most abundant element in the universe. In star- and planet-forming regions, hydrogen is primary present in H_2, which has two nuclear spin configurations, ortho and para. As the internal energy difference between ortho-H_2 and para-H_2 (170 K) is much higher than the typical temperature of star-forming regions (around 10 K), the H_2 ortho-to-para ratio (OPR) can affect the chemical evolution, including deuterium fractionation, significantly.

H_2 molecules form on grain surfaces with the statistical OPR of three. The ortho-para spin conversion proceeds through proton exchange reactions with H^+ and/or with H_3^+ in the gas phase. Laboratory experiments have found that the H_2 spin conversion can also occur on bare grains and on amorphous water ice in laboratory timescales (around a few hours). Given this very short timescale, it has been thought that the spin conversion on surfaces affects the H_2 OPR evolution in star- and planet-forming regions. However, its efficiency in the astronomical conditions remains unclear; almost all H_2 is present in the gas phase rather than on grain surfaces, and thus the spin conversion timescale of overall H_2 (i.e., gas + solid) via the spin conversion on surfaces depends on how efficiently gaseous and solid H_2 interact.

We investigate the efficiency of the H_2 spin conversion on grain surfaces under physical conditions that are relevant to star- and planet forming regions. We utilize the rate equation model that considers adsorption of gaseous H_2 on grain surfaces which have a variety of binding sites with different potential energy depth, thermal hopping and desorption of adsorbed H_2, and the spin conversion. We find that the conversion efficiency depends on H_2 gas density and surface temperature. As a general trend, increased H_2 gas density reduces the conversion efficiency, while the temperature dependence is not monotonic; there is a critical temperature at which the efficiency is maximum. We will discuss whether the spin conversion on surfaces can dominates over that in the gas-phase in star- and planet-forming regions.

キーワード：水素分子、オルソ/パラ比、星・惑星形成領域
Keywords: H2 molecule, Ortho-to-para ratio, Star- and planet-forming regions

©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26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 201B 2F

[P-CG23] 宇宙における物質の形成と進化

コンビーナ:三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、野村 英子(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、大坪 貴文(宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)、瀧川 晶(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、座長:古家 健次、日比谷 由紀

近年の天文観測・室内実験・惑星探査・理論的研究の進展は、銀河系・原始惑星系円盤・晩期型巨星周囲に存在する物質(ダスト・ガス)を、物質科学的観点から理解することを可能としている。特に、近年大きな成果を挙げているALMAや、SPICA・JWST・TMTなどの次世代大型望遠鏡により、天文観測により太陽系内外のフロンティアが拓かれると期待されている。銀河や星・惑星系の進化においてダストやガスが果たす役割を理解するためには、これまで以上に天文学的・宇宙物理学的研究と物質科学的研究をリンクさせることが重要である。本セッションでは、宇宙の物質進化や形成を理解するために、天文観測と物質科学からどのようなアプローチが可能なのかを双方向から議論する。
太陽系物質の起源や進化に関する発表は「太陽系における惑星物質の形成と進化」セッションへの投稿を推奨します。太陽系物質の研究にもとづいて宇宙での物質形成全般を議論する発表は、ぜひ本セッションにご投稿ください。

10:45 ~ 11:00

[PCG23-07] 非晶質ケイ酸塩と水蒸気との酸素同位体交換速度論から制約される始原的ケイ酸塩ダストの原始惑星系円盤での熱的プロセス

★招待講演

*山本 大貴[1]、橘 省吾[2]、川崎 教行[1]、黒田 みなみ[1]、坂本 直哉[3]、圦本 尚義[1,4] (1.北海道大学 大学院理学院 自然史科学専攻 地球惑星システム科学講座、2.東京大学 大学院理学系研究科 宇宙惑星科学機構、3.北海道大学 創成研究機構、4.宇宙航空研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[PCG23-08] Birth-place of comet 17P/Holmes from its mass fractions of minerals

★Invited Papers

*新中 善晴[1]、大坪 貴文[2]、河北 秀世[1]、山口 充[1]、本田 充彦[3]、渡部 潤一[4] (1.京都産業大学、2.宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、3.久留米大学、4.国立天文台)

11:15 ~ 11:30

[PCG23-09] 「あかり」中間赤外線分光観測による異なる母天体起源の惑星間塵の性質比較

*高橋 葵[1]、大坪 貴文[2]、松原 英雄[2]、臼井 文彦[3]、左近 樹[4]、茅原 弘毅[5] (1.総合研究大学院大学、2.JAXA宇宙科学研究所、3.神戸大学、4.東京大学、5.大阪産業大学)

11:30 ~ 11:45

[PCG23-10] アモルファスMg_2SiO_4微粒子を覆った氷の光化学反応によるフォルステライト結晶の生成

*香内 晃[1]、木村 勇気[1]、大場 康弘[1]、羽馬 哲也[1]、渡部 直樹[1]、橘 省吾[2]、土山 明[3]、延寿 里美[3]、大坪 貴文[4] (1.北海道大学低温科学研究所、2.東京大学理学系研究科、3.京都大学理学研究科、4.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[PCG23-11] 誘導熱プラズマ装置を用いたFe-Mg-Si-O-S系での凝縮実験：GEMS形成環境の解明に向けて

*延寿 里美[1]、河野 颯[1]、小牧 久[2]、土山 明[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.日本電子株式会社)

12:00 ~ 12:15

[PCG23-12] 外側太陽系におけるニオブ-92の初生存在度

*日比谷 由紀[1,2]、飯塚 毅[2]、榎本 葉月[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大学院理学系研究科)

非晶質ケイ酸塩と水蒸気との酸素同位体交換速度論から制約される始原的ケイ酸塩ダストの原始惑星系円盤での熱的プロセス

Thermal processes of primary silicate dust in protoplanetary disk: Constraints from oxygen isotope exchange kinetics between amorphous silicate and water vapor

*山本 大貴[1]、橘 省吾[2]、川崎 教行[1]、黒田 みなみ[1]、坂本 直哉[3]、臼本 尚義[1,4]
*Daiki Yamamoto[1], Shogo Tachibana[2], Noriyuki Kawasaki[1], Minami Kuroda[1], Naoya Sakamoto[3], Hisayoshi Yurimoto[1,4]

1. 北海道大学 大学院理学院 自然史科学専攻 地球惑星システム科学講座、2. 東京大学 大学院理学系研究科 宇宙惑星科学機構、3. 北海道大学 創成研究機構、4. 宇宙航空研究開発機構
1. Department of Natural History Sciences ,Hokkaido University, 2. UTokyo Organization for Planetary Space Science, The University of Tokyo , 3. Creative Research Institution, Hokkaido University , 4. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

Mass-independent oxygen isotope variations of extraterrestrial materials is considered to be a result of oxygen isotope exchange between ^{16}O-rich primitive materials and ^{16}O-poor gaseous reservoirs (Yurimoto & Kuramoto, 2004; Lyons & Young, 2005). Because the isotope exchange rate is controlled by the physicochemical condition of protoplanetary disks, oxygen isotopic compositions of extraterrestrial materials could be a good tracer for the disk conditions. However, little has been known about the kinetics of isotope exchange reaction for oxygen in the disks. We focused on oxygen isotope evolution of amorphous silicate dust, which is recognized as primitive material in protoplanetary disks, and investigated oxygen isotope exchange kinetics between amorphous silicates and water vapor.

A series of oxygen isotope exchange experiments between submicron-sized grains of amorphous silicate with forsterite and enstatite stoichiometry and ^{18}O-enriched water vapor (97% ^{18}O) were carried out at 803–1123 K and water vapor pressure (P_{H2O}) of 0.01–1 Pa using a gold-mirror vacuum furnace equipped with a gas flow system (Yamamoto & Tachibana, 2018). The run products were analyzed with FT-IR (JASCO FT-IR 4200), XRD (Rigaku SmartLab), and FE-SEM (JEOL JSM-7000F). The bulk oxygen isotope composition was determined as an average of multiple measurements for a pelletized sample by SIMS (Cameca ims-6f and -1280HR).

An infrared absorption peak of amorphous silicate at ~10 micron shifted to longer wavelengths with time by annealing with $H_2{}^{18}O$ vapor of 0.3 Pa at 803–883 K for amorphous forsterite and at 923–1003 K for amorphous enstatite, whereas such a shift was not observed for samples annealed in the presence of isotopically normal water vapor of 0.3 Pa. The relative peak shifts of the 10 micron feature of amorphous forsterite and enstatite correlate with their oxygen isotopic compositions, suggesting that the peak shift was caused by the isotope exchange of oxygen between amorphous silicates and $H_2{}^{18}O$ vapor. Temporal change of the degree of isotope exchange under these conditions was governed by diffusive isotope exchange with the isotope exchange rate of D ($m^2\,s^{-1}$) = (1.5 ±1.0) $\times10^{-19}$exp[−161.5 ±14.1 (kJ mol^{-1}) R^{-1} (1/T−1/1200)] for amorphous forsterite and D ($m^2\,s^{-1}$) = (5.0 ±0.2) $\times10^{-21}$exp[−161.3 ±1.7 (kJ mol^{-1}) R^{-1} (1/T−1/1200)] for amorphous enstatite. At P_{H2O}= 0.01 Pa, the isotope exchange reaction for amorphous forsterite is controlled by a supply of water vapor at 853 and 883 K, and the supply-controlled isotope exchange rate was evaluated. Crystallization of amorphous forsterite dominated over oxygen isotope exchange at a higher temperature of 1073 K because crystallization precedes the oxygen isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

exchange reaction. The oxygen isotope exchange timescales for amorphous forsterite and enstatite dust under protoplanetary disk conditions suggest that the primary oxygen isotope signatures of amorphous silicate dust would be erased by thermal annealing at temperatures above 500–650 K within the lifetime of protoplanetary disks.
Cometary silicate dust collected by the Stardust mission has ^{16}O-poor isotopic compositions close to the terrestrial value (McKeegan et al., 2006; Nakamura et al., 2008). If primitive silicate dust in the protosolar disk has the same ^{16}O-rich composition as the Sun, this observation implies that comets accreted silicate dust that was thermally processed at temperature above ~500–650 K in the inner Solar System and transported to the comet formation region (e.g., Nuth, 1999; Ciesla, 2007). This could also explain that presolar silicate grains are not a major component in cometary silicates (Floss et al., 2013). The effective radial transport of inner disk materials to the outer part of protoplanetary disks may provide some constrains on the dynamics of protoplanetary disks prior to planet formation.

キーワード：非晶質ケイ酸塩、ダスト、酸素、同位体交換、原始惑星系円盤
Keywords: amorphous silicate, dust, oxygen, isotope exchange, protoplanetary disk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Birth-place of comet 17P/Holmes from its mass fractions of minerals

*新中 善晴[1]、大坪 貴文[2]、河北 秀世[1]、山口 充[1]、本田 充彦[3]、渡部 潤一[4]
*Shinnaka Yoshiharu[1], Takafumi Ootsubo[2], Hideyo Kawakita[1], Mitsuru Yamaguchi[1], Mitsuhiko Honda[3], Jun-ichi Watanabe[4]

1. 京都産業大学、2. 宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、3. 久留米大学、4. 国立天文台
1. Kyoto Sangyo University, 2. JAXA/ISAS, 3. Kurume University, 4. NAOJ

Comets are considered as the most pristine icy small objects in the solar system. They are likely to have kept the information about the solar system formation. Physical properties of cometary dust grains and composition of cometary volatiles are precious clues to physico-chemical conditions of the solar nebula. Comet 17P/Holmes is a Jupiter-family comet with an orbital period of ~7 yrs. Comet Holmes exhibited a great outburst starting on UT 2007 October 23 when the comet was 2.5 au from the Sun and five months after the perihelion passage. Because the observed relative abundance ratios of volatiles with respect to water in comet Holmes are enriched compared with other comets (Dello Russo et al. 2016, Icarus, 278, 301), it is thought that the nucleus of comet Holmes formed at a further distance from the Sun in the solar nebula (SN).

Silicate grains in the interstellar space are considered almost in amorphous form (only a few percent of mass or less is considered as crystalline for silicate; Kemper et al. 2004, ApJ, 609, 826). However, abundant crystalline silicate grains have often been found in cometary grains (up to ~80% by mass with large variety among comets; Hanner et al. 1994, ApJ, 425, 274; Wooden et al. 1999, ApJ, 517, 1034; Ootsubo et al. 2007, P&SS, 55, 1044, and references therein). It is thought that these crystalline silicates in comets formed by annealing of interstellar amorphous silicate grains or by direct condensation of gaseous materials in a hot region of the SN, and incorporated into cometary nuclei after they were transported to the cold comet-forming region (several to 30 au from the Sun). In this scenario, it is expected that mass fraction of the crystalline silicates in cometary dust grains tends to be smaller at further distances from the Sun.

We discuss the possibility that comet Holmes formed in a colder region in the SN rather than other comets based on the mass fraction of crystalline silicates in silicate grains. We derived mineral abundances in comet Holmes by applying the thermal emission model for cometary dust grains (Ootsubo et al. 2007, P&SS, 55, 1044; Shinnaka et al. 2018. AJ, 156, 242) to the mid-infrared spectra of comet Holmes taken with the COMICS on the Subaru Telescope from UT 2007 October 25 to 28. The derived mass fraction ratios of crystalline silicate of comet Holmes (~30%) is the almost smallest among comets studied in previous articles, supporting the hypothesis that comet Holmes formed at a further distance from the Sun in the SN compared with other comets. At such a cold region, hyper volatile ices like CO and amorphous water ices (possible energy sources for explosive sublimation) would be abundant.
This work was supported by JSPS grants (15J10864 and 17K05381).

キーワード：彗星、鉱物組成比、中間赤外線
Keywords: Comet, Mineral abundance, Mid-infrared

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「あかり」中間赤外線分光観測による異なる母天体起源の惑星間塵の性質比較

Comparison of grain properties in interplanetary dust from different types of parent bodies by mid-infrared spectroscopic observations with AKARI

*高橋 葵[1]、大坪 貴文[2]、松原 英雄[2]、臼井 文彦[3]、左近 樹[4]、茅原 弘毅[5]
*Aoi Takahashi[1], Takafumi Ootsubo[2], Hideo Matsuhara[2], Fumihiko Usui[3], Itsuki Sakon[4], Hiroki Chihara[5]

1. 総合研究大学院大学、2. JAXA宇宙科学研究所、3. 神戸大学、4. 東京大学、5. 大阪産業大学
1. The Graduate University for Advanced Studies, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Kobe University, 4. University of Tokyo, 5. Osaka Sangyo University

Interplanetary dust (IPD) diffusely distributes in interplanetary space and is thought to be recently supplied from the inside of primordial planetesimals like asteroids or comets. The IPD’ s grain properties, such as compositions and crystal morphologies, depend on the types of parent bodies and can give us the information on the environment in the proto-solar system. The properties can be investigated in terms of silicate features around 10 μm seen in the zodiacal emission spectra. Since the IPD originating from different types of the parent bodies have different spatial distributions, it is important to survey the silicate features at various sky directions. For example, the asteroidal IPD locally distributes at low specific ecliptic latitudes and observed as band structures near the ecliptic plane. On the other hand, because of the variety of comets' inclinations, the cometary IPD distributes more globally than the asteroidal IPD does. The IPD from theJupiter Family Comets (JFCs) can form the dust cloud with a broad distribution in ecliptic latitudesaround the ecliptic plane, while the IPD from the Oort Cloud Comets (OCCs) is expected to distribute isotropically.

We obtained the high signal-to-noise zodiacal emission spectra at 74 different directions of the sky by using the mid-infrared slit-spectroscopic data obtained with the Infrared Camera on board the Japanese AKARI satellite. They exhibit the excess emission feature at the 9-12 μm range and even some sharp peaks. In order to identify the constituents, we compared the shape of spectral featureswith absorption coefficients of 4 types ofcandidate materials: amorphous with olivine composition, amorphous with pyroxene composition, forsterite (Mg2SiO4, one of olivine crystals), and ortho-enstatite (MgSiO3, one of pyroxene crystals).

The IPD was found to typicallyinclude small silicate crystals, especially enstatite grains with extreme crystal morphologies. We also found that the shape of spectral features slightly changesdependingon the sky directions.As the result of the investigation into peak wavelengths and the excess strength of each peak, the IPD at the higher ecliptic latitudes seems to have lower olivine/(olivine+pyroxene) ratio.At the sky directions toward the asteroidal dust band structures, the feature shapes show a difference which cannot be explained only by the difference in theolivine/(olivine+pyroxene) ratioand may indicate contamination of the hydrated minerals.

We will present the results of the grain properties of the IPD originating from some types of the parent bodies, and give the implications for the environment in the proto-solar system.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アモルファスMg_2SiO_4微粒子を覆った氷の光化学反応によるフォルステライト結晶の生成

Formation of forsterite crystal induced by ultraviolet irradiation of water ice ice on amorphous Mg_2SiO_4 particles

*香内 晃[1]、木村 勇気[1]、大場 康弘[1]、羽馬 哲也[1]、渡部 直樹[1]、橘 省吾[2]、土山 明[3]、延寿 里美[3]、大坪 貴文[4]
*Akira Kouchi[1], Yuki Kimura[1], Yasuhiro Oba[1], Tetsuya Hama[1], Naoki Watanabe[1], Shogo Tachibana[2], Akira Tsuchiyama[3], Satomi Enju[3], Takafumi Ootsubo[4]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 東京大学理学系研究科、3. 京都大学理学研究科、4. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. UTokyo Organization for Planetary and Space Science, University of Tokyo, 3. Graduate School of Science, Kyoto University, 4. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

赤外線観測により，彗星の珪酸塩には結晶とアモルファス（非晶質）の双方が見つかっている．珪酸塩結晶の生成機構としては，次の可能性が考えられている：加熱によるアモルファス珪酸塩の結晶化，太陽系星雲での直接凝縮物の混合，有機物中のラジカル–ラジカル再結合時に発生する熱によるアモルファス珪酸塩の結晶化．本研究では，氷に覆われたアモルファス珪酸塩に紫外線が照射されて起こるラジカル–ラジカル再結合時に発生する熱による結晶化を実験的に調べた．

誘導熱プラズマ法を用いたガスからの凝縮により作製した３種類のアモルファス微粒子，Mg_2SiO_4，$MgSiO_3$，GEM組成のアモルファス珪酸塩，を用いた．これらアモルファス珪酸塩微粒子をアモルファスSi薄膜の上にのせ，それを超高真空透過型電子顕微鏡中で10Kまたは82Kに冷却した．その上にアモルファス氷薄膜を蒸着した．重水素ランプからの紫外線を照射し，構造変化を電子回折法で調べた．

氷で覆われたアモルファスMg_2SiO_4に82Kで紫外線を照射した時にのみ結晶化（forsteriteの生成）が観察され，10Kでは何の変化も起こらなかった．さらに，アモルファス$MgSiO_3$およびGEM様組成のアモルファス珪酸塩では，10Kでも82Kでも何の変化も観察されなかった．

これらの結果は以下のようにして解釈できる．水分子は紫外線照射により分解される，

$H_2O + UV \rightarrow OH + H.$ (1)

逆反応のラジカル–ラジカル再結合も起こる，

$OH + H \rightarrow H_2O + 4.8\ eV.$ (2)

反応(2)は10Kでは非常に遅いが，82Kでは即座に起こる．反応(2)の4.8eVは，アモルファスMg_2SiO_4の結晶化エネルギー(3-4eV)より大きく，アモルファス$MgSiO_3$の結晶化熱(9 eV)およびGEM様組成のアモルファス珪酸塩より小さい．

以上の結果をもとに，彗星で観測されるforsterite結晶の一部は彗星コマ中で氷に覆われたアモルファスMg_2SiO_4に太陽紫外線が照射されて生成されると考えることができる．発表では赤外線観測との比較も述べる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：アモルファス珪酸塩、光化学反応、結晶化、フォルステライト
Keywords: Amorphous silicate, Photochemical reaction, Crystallzation, Forsterite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

誘導熱プラズマ装置を用いたFe-Mg-Si-O-S系での凝縮実験：GEMS形成環境の解明に向けて

Condensation experiments in the sytem Fe-Mg-Si-O-S using induction thermal plasma: implication to GEMS forming condition

*延寿 里美[1]、河野 颯[1]、小牧 久[2]、土山 明[1]
*Satomi Enju[1], Hayate Kawano[1], Hisashi Komaki[2], Akira Tsuchiyama[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2. 日本電子株式会社
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. JEOL Ltd.

彗星塵にはGEMS（glass with embedded metal and sulfides）と呼ばれる、Fe-Ni金属と硫化鉄の微小粒子（約10-50 nm）を包有する直径100 -500 nm程度の非晶質珪酸塩粒子が特徴的に含まれている[1, 2]。GEMSは太陽系で最も始原的な物質の一つと考えられ、その起源を理解することは太陽系物質の起源を理解する上で重要である。星雲ガスにおける非平衡凝縮モデル[1]に基づいて、これまでGEMS模擬粒子の凝縮実験[2, 3]が行われているが、主要元素の一つである硫黄を含む系での系統的な実験は行われていない。本研究では、硫黄を含むFe-Mg-Si-O-S系において、酸化還元条件を系統的に変化させた凝縮実験によるGEMSの再現と、その形成環境の理解を目指している。

凝縮実験には誘導熱プラズマ(induction thermal plasma: ITP) 装置を用いた。この装置では、～10^4 Kの熱プラズマにより出発物質を蒸発させ、そのガスの急冷により微粒子を合成することができる。粉体試薬（SiO_2, Si, MgO, Fe, FeS_2）をGEMS平均組成Mg : Fe : Si : S = 0.7 : 0.6 : 1 : 0.3 (mol比)[1]となるように混合物したものを出発物質とし、ArとHeをプラズマガスとして用いて、圧力70 kPaで実験を行った。酸化還元雰囲気は、出発物質のSiO_2/Si比および粉末供給量 (fd)によって変化する。本研究では、酸化還元雰囲気を変えた計10回の実験を行なった。得られた生成物は粉末X線回折装置 (XRD)、走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS)、透過型電子顕微鏡 (TEM/STEM-EDS)を用いて評価した。

回収されたサンプルは主としての凝縮物であるナノ粒子と、粗粒(~10 μm)な蒸発残渣によって構成されており、XRDでも蒸発残渣由来とみられるピークが確認された。TEM観察により、凝縮物は10-100 nm程度の大きさの非晶質珪酸塩粒子からなり、その内側または表面にFeを含む数10 nmの大きさの微粒子を含むことが、全ての実験生成物において確認できた。各実験での凝縮物を構成する粒子は以下に示す5つのタイプに分類できた。

A：Feを多く含む非晶質珪酸塩粒子の内部にFe-metal微粒子を含む

B：Feを多く含む非晶質珪酸塩粒子の表面にFeS微粒子が存在

C：Feを多く含み、二相分離した非晶質珪酸塩粒子の表面にFeS微粒子が存在

D：Feに乏しい二相分離した非晶質珪酸塩粒子の表面にFeSで覆われたFe-metal微粒子が存在

E：Feに乏しい二相分離した非晶質珪酸塩の表面にFe_3Si (gupeiite)微粒子がMgS (niningerite)またはFeS微粒子と共に存在

酸化的条件での実験では凝縮物は主にタイプA, B, Cの粒子で構成されており、中間的条件ではタイプA, Dで構成されていた。一方、還元的条件においてはタイプEの粒子のみで構成されていた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

均質核形成凝縮理論[4]を考慮し、本実験で合成された凝縮物の形成過程の推察を行った。基本のプロセスとして、どの実験においても最初に珪酸塩メルトが凝縮し、その後に他のFeを含む粒子が凝縮、最後に硫化物が形成されたと考えられる。酸化的な条件では、Feの少なくとも一部はFeOとして珪酸塩メルトに取り込まれ(タイプA, B, C)、ガス中のFeが少なくなったために、金属鉄は凝縮しなかったか、あるいは凝縮した少量の金属鉄が硫化されFeSが生成されたと考えられる(タイプB, C)。ガス中でのFe量が多い場合には、比較的高温で金属鉄が珪酸塩メルト表面に不均質核形成し、表面エネルギーのために硫化を受ける前にメルト内部に移動したと考えられる (タイプA)。一方、還元的な条件では、Feは非晶質珪酸塩メルト中にほとんど含まれない(タイプD, E)。タイプDでは、ガラス表面に不均質核形成し、その後一部が硫化を受けたものと思われる。タイプEは最も還元的な条件で、金属鉄の代わりにFe_3SiやMgS, FeSが凝縮して生成されたものと考えられる。

本研究の実験では、GEMSの特徴の一部を持った粒子は生成されたが、全く同じ特徴 (比較的Feに乏しい非晶質珪酸塩内部に多数の金属鉄を含み、外側にFeSが位置する)を持つ粒子の生成は確認できなかった。本研究で提案した凝縮物の形成モデルを考慮するとGEMSは、タイプC-D程度の酸化還元状態にて形成されたと考えられる。その際、タイプAのように高温で金属鉄が珪酸塩メルト表面に不均質核形成してメルト内部に移動した後、ガラス転移点以下の環境にて非晶質珪酸塩表面における金属鉄の生成が続き、やがて表面で硫化を受けたと考えられる。

[1] Keller and Messenger (2011) GCA, 75, 5336-5365. [2] Matsuno (2015) Ph.D. thesis. [3] Kim et al. (2017) ISPC, 23, P2-33-7, abstract. [4] Yamamoto and Hasegawa (1977) Progress of Theoretical physics vol. 58, No. 3.

キーワード：GEMS、凝縮、誘導熱プラズマ装置
Keywords: GEMS, condensation, Induction thermal plasma

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

外側太陽系におけるニオブ-92の初生存在度
The initial abundance of ^{92}Nb in the outer solar system.

*日比谷 由紀[1,2]、飯塚 毅[2]、榎本 葉月[2]
*Yuki Hibiya[1,2], Tsuyoshi Iizuka[2], Hatsuki Enomoto[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大学院理学系研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. The University of Tokyo

Introduction: The *p*-process radionuclide niobium-92 (^{92}Nb) decays to zirconium-92 (^{92}Zr) by electron capture with a half-life of 37 million years (Ma). The system is a promising chronometer for addressing the early solar system evolution and planetary differentiation [1, 2]. Thus, the initial abundance of ^{92}Nb and its distribution in the early solar system provide valuable constraints on the time-scale of our solar system evolution, and on the origin of *p*-process nuclides. The initial ^{92}Nb abundance at the solar system formation was previously determined to be $(^{92}Nb/^{93}Nb)_0 = (1.7 \pm 0.6) \times 10^{-5}$, applying the internal isochron approach to the NWA 4590 angrite (U–Pb age: 4557.93 ±0.36 Ma) [2]. This value is consistent with those obtained from eucrites, ordinary chondrites, and mesosiderites [1, 3], indicating that ^{92}Nb was homogeneously distributed among their source regions. Yet, all samples previously studied for ^{92}Nb are thought to have originated from the inner solar system. Here we report internal Nb–Zr isochron dating of Northwest Africa (NWA) 6704.
NWA 6704 is a primitive achondrite having a fresh igneous texture [4] with a U–Pb age of 4562.76 ±0.30 Ma [6]. This meteorite underwent melting above liquidus temperature and subsequent rapid cooling (> 10^{-1} °C/yr; [4]), making the effect of differing closure temperatures between the U–Pb and Nb–Zr systems insignificant. Furthermore, this meteorite has Δ^{17}O, ε^{50}Ti, ε^{54}Cr and ε^{84}Sr values similar to those of carbonaceous chondrites [4-6], indicating that it samples the same reservoirs in the solar nebula as the carbonaceous chondrite parent bodies (i.e., the outer solar system). Thus, NWA 6704 enables us to evaluate the distribution of ^{92}Nb between the inner and outer solar system for the first time.

Results & Discussion: We prepared mineral and whole rock fractions from five fragments of NWA 6704. All Nb–Zr isotopic data were obtained by the ICP mass spectrometry. The isochron defines an initial ^{92}Nb/^{93}Nb of (2.8 ±0.3) $\times 10^{-5}$ at the time of NWA 6704 formation. By combining this value with the U–Pb age of NWA 6704, an initial ^{92}Nb/^{93}Nb of (3.0 ±0.3) $\times 10^{-5}$ at the time of solar system formation is derived. The obtained value is distinctly higher than the initial value in the inner solar system of (1.7 ±0.6) $\times 10^{-5}$ [2]. This indicates that ^{92}Nb was heterogeneously distributed in the protoplanetary disk before the formation of NWA 6704, and was relatively enriched in the outer solar system. The difference between these two initial values causes the apparent Nb–Zr age difference of ~30 Ma, demonstrating that the current canonical value of $(^{92}Nb/^{93}Nb)_0 = (1.7 \pm 0.6) \times 10^{-5}$ should not be used for the Nb–Zr dating of planetary materials from the outer solar system. The newly obtained initial ^{92}Nb/^{93}Nb value is clearly higher than the expected value in the model of ^{92}Nb synthesis by Type Ia supernova (SNIa) [7]. Thus, our results require another production site to be invoked for selectively producing ^{92}Nb. At the moment, only the ν-process in Type II supernova (SNII) [8] satisfies such requirement. If so, our finding suggests that the time-interval from the last SNII explosion to the formation of our solar system needs be <100 My and that nuclides synthesized by the last SNII were preferentially implanted or preserved in the outer solar system. Such enrichment of the last SNII components in the outer solar system may account for the isotopic dichotomy between carbonaceous and non-carbonaceous meteorites [e.g., 9].

References: [1] Schönbächler et al. (2002), [2] Iizuka et al. (2016), [3] Haba et al. (2017), [4] Hibiya et al.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(2019) *GCA.*, [5] Amelin et al. (2019), [6] Hibiya et al. (2019) *GGR.*, [7] Lugaro M. et al. (2016), [8] Hayakawa et al. (2013), [9] Warren (2011).

キーワード：ニオブ-92、短寿命放射性核種、p-過程、ニュートリノ反応、Type II 超新星、同位体二分性
Keywords: niobium-92, short-lived radionuclide, p-process, ν-process, Type II supernova, isotopic dichotomy

©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26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[A-AS06] ミクロスケール気象の稠密観測・数値モデリングの新展開

コンビーナ:伊藤 純至(東京大学大気海洋研究所)、荒木 健太郎(気象研究所)、古本 淳一(京都大学生存圏研究所)、東 邦昭(京都大学生存圏研究所・メトロウェザー株式会社)、座長:伊藤 純至(東京大学)、荒木 健太郎(気象研究所)

近年、サブキロメートルの気象観測や数値モデリングが急速に発達し、ミクロスケール大気現象の構造や実態が解明されつつある。突風や大雨などの極端現象も、局地的な収束やヒートアイランドといったマイクロスケールの現象との関連が議論されている。数値モデルの高精細化により、マイクロスケールの気象の再現や予測が可能になっている。本セッションでは、稠密観測や数値モデルにより明らかになりつつあるミクロスケール現象の最新の研究成果や今後の研究方策について議論する。

13:45 ~ 14:00

[AAS06-01] 地上付近の直接詳細観測ための多点型地上観測システム

★招待講演

*楠 研一[1]、猪上 華子[1]、石津 尚喜[2]、藤原 忠誠[3] (1.気象研究所、2.アルファ電子／気象研究所、3.東日本旅客鉄道)

14:00 ~ 14:15

[AAS06-02] ドローン艦隊によるメソスケール定点気象観測アーキテクチャ

*矢口 勇一[1]、板羽 昌之[4]、中野 修三[3]、山岸 和彦[2]、五百部 達也[5] (1.会津大学、2.株式会社eロボティクス福島、3.株式会社東日本計算センター、4.株式会社日本環境調査研究所、5.五百部商事有限会社)

14:15 ~ 14:30

[AAS06-03] 地表光ファイバーケーブルとDASテクノロジーを使った稠密気象イベント観測の可能性

*木村 恒久[1] (1.シュルンベルジェ)

14:30 ~ 14:45

[AAS06-04] Case study of environmental conditions and cloud microphysical properties of winter convective clouds developed in the Kanto plain

*荒木 健太郎[1]、佐藤 晋介[2]、田尻 拓也[1] (1.気象研究所、2.情報通信研究機構)

14:45 ~ 15:00

[AAS06-05] 都市キャノピースキームSPUCを用いた数値シミュレーションによる首都圏の大気境界層構造の解析

*清野 直子[1] (1.気象研究所)

15:00 ~ 15:15

[AAS06-06] 瞬時的な風速に適用可能な接地境界層モデルの深層学習による構築

*伊藤 純至[1,2]、毛利 英明[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象研究所)

地上付近の直接詳細観測ための多点型地上観測システム
A Linear Array of Wind and Pressure Sensors for High Resolution in situ Measurements in Winter Tornadoes

*楠 研一[1]、猪上 華子[1]、石津 尚喜[2]、藤原 忠誠[3]
*Kusunoki Kenichi[1], Hanako Inoue[1], Naoki Ishitsu[2], Chusei Fujiwara[3]

1. 気象研究所、2. アルファ電子／気象研究所、3. 東日本旅客鉄道
1. Meteorological Research Institute, 2. Alpha-denshi Co., Ltd. / Meteorological Research Institute, 3. East Japan Railway Company

我々は鉄道用の突風探知システム開発の一環として、山形県庄内平野で突風の高密度観測をしている。突風のほとんど(88%)が上空の渦を伴うとの知見を踏まえ、レーダーによる渦探知と追跡を基本とした突風探知システムの基礎となりうる仕組みをテストしている。レーダーは地上を直接観測できないため、上空の渦と地上突風との適切な関係づけは、本システムが乗り越えるべき課題だが、そもそも渦内部を地上まで含めて観測した先行研究が世界的にほとんどない。今回はこの問題を解決する多点型地上観測システムの概要について発表する。

キーワード：冬季竜巻、多点型地上観測システム
Keywords: winter tornado, A Linear Array of Wind and Pressure Sensor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ドローン艦隊によるメソスケール定点気象観測アーキテクチャ
Mesoscale fixed point weather observation architecture by Drone fleet

*矢口 勇一[1]、板羽 昌之[4]、中野 修三[3]、山岸 和彦[2]、五百部 達也[5]
*Yuichi Yaguchi[1], Masayuki Itaha[4], Shuzo Nakano[3], Kazuhiko Yamagishi[2], Tatsuya Iyobe[5]

1. 会津大学、2. 株式会社eロボティクス福島、3. 株式会社東日本計算センター、4. 株式会社日本環境調査研究所、5. 五百部商事有限会社
1. The University of Aizu, 2. e-Robotics Fukushima Co., Ltd., 3. East-Japan Accounting Center Co., Ltd., 4. Japan Environment Research Co., Ltd., 5. Iyobe Shoji Ltd.

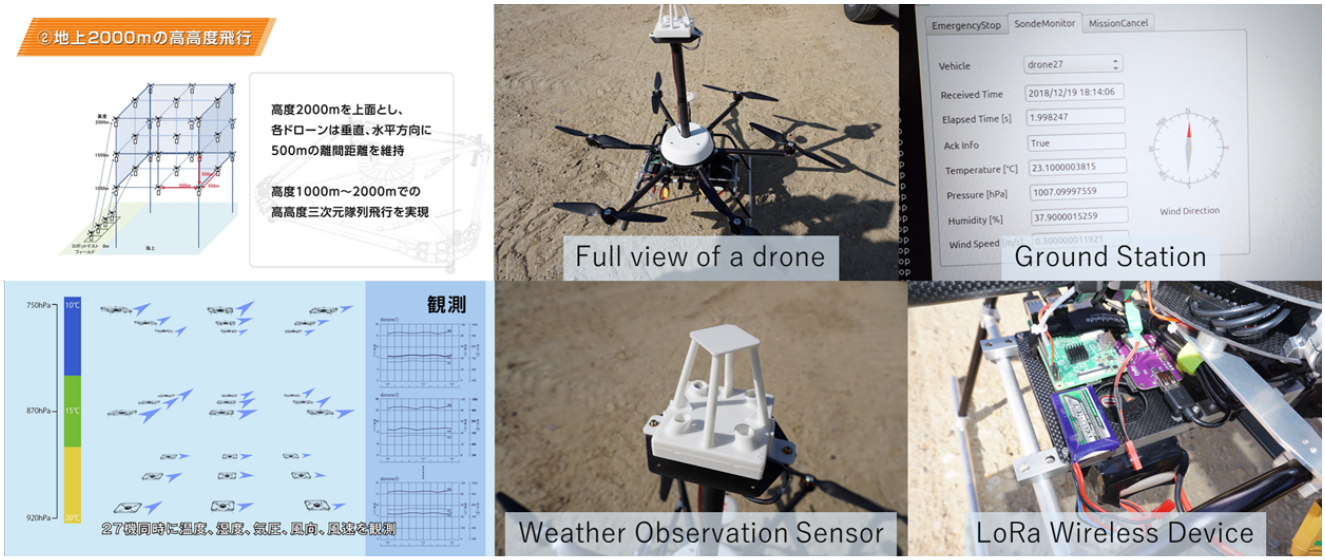
高高度における気象観測をメソスケールで行うためには、ある程度の密度を確保した広い空間に気象センサーを配し、定点観測させる必要がある。Dopplar SODAR等を用いた方法では、計測できる高度に制限があり（Yoshiki ITO, 2009)、ラジオゾンデを用いる方法では2000m~10000m程度までの風向風力を測定可能だが特定のポイントに直接置くことが出来ず、時系列的には点の情報しか得ることができない。また、航空機を用いた観測では、温度や湿度を得ることができるが、航空機の移動速度や航空機自身が引き起こす気流の乱れより風向風力を正しく得ることは難しい。衛星のセンサーからの計測もあるが、空間解像度は1.5km程度であり、綿密な計測は行えない（Ryosuke NIWA, 2009)。

本研究では、これらの問題を直接的な計測で解決するために、無人航空機の一種であるマルチコプターを複数台同時に用いて計測する技術を提案する。具体的には、1台当たり30分程度ホバリング可能な耐風速20m/sとなる６葉のマルチコプターを製造し、ここに超音波を利用したポータブルな気象観測装置を取り付ける。この気象観測装置は、超音波を用いて2軸の風力を計算することで、風向及び風力を計算する。加えて、気象観測装置に気温、湿度及び気圧計を搭載し、ラジオゾンデと同等かそれより頻度の高い計測をドローンに搭載しているペイロードコンピューターに保存する。この気象観測装置は、事前に計測したドローンの気流の乱れに影響しない高さまでマストで上げられて計測する。また、ペイロードコンピューターに蓄積されたデータは1秒に1回程度の頻度で整理され、LoRa変調方式による920MHz帯小型省電力無線局より地上に伝送され、リアルタイムに表示することを可能とした。このデータを、インターネットを通して複数拠点同時に集約することで、メソスケールで定点での気象測定を行うことができる。なお、マルチコプターは重量25kgまでは航空法の軽飛行機の範疇から外れるため、現時点では航空法で規定されている高度までは容易に飛ばすことができる。しかしながら、本研究で目指す高度は1000m ~ 2000mの雲の出来る高さでの隊列飛行を行うことから、事前に国土交通省や航空管制との折衝が必要となる。

実際の実証として、単機のドローンを500m, 1000m, 1500m, 2000mの高度にそれぞれ上昇させて、リアルタイムの計測を行うことができるかを検証した。2018年12月20,21,22日に、朝6:30~7:00の間に行った実験では、地上における風速は3~5m/s程度であったが、1500mの高度では13m/sに上昇することを確認した。また、それらの情報はリアルタイムに地上に伝送され、直接目視することが可能であることを確認した。また、同等のシステムを搭載した別のドローンを用いて、高度100mまでの空間中に27台のドローンを30m間隔で3 x 3 x 3のメッシュ型に飛翔させ、定点に留まる検証を行い、成功している。これらのものを組み合わせて用いることで、広い地域での定点の観測が可能となった。

キーワード：ドローン艦隊、同時定点観測、メソスケール気象観測
Keywords: Drone fleet, Simultaneous fixed point observation, Mesoscale weather observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地表光ファイバーケーブルとDASテクノロジーを使った稠密気象イベント観測の可能性
Potential of dense weather event observation using surface optical fiber cable and DAS technology

*木村 恒久[1]
*Tsunehisa KIMURA[1]

1. シュルンベルジェ
1. Schlumberger

DASテクノロジーは、2011年頃から石油・ガス産業において、パイプラインのモニタリングや侵入者を感知する目的で導入されている。近年では “heterodyne Distributed Vibration Sensing”（以下、hDVS）と呼ばれる位相差データを用いる最新の光ファイバーセンシング技術の適用により、Vertical Seismic Profile（以下、VSP）を含むサイスミックデータ取得ができるようになった[1)]。3DVSPの手法で立体的なイメージングもできる[2)]。そのhDVS装置を使った自然地震や、津波を目標に据える波の観測ができることを近年のJpGUや地震学会で説明してきた[3)]。

2017年9月、一般財団法人エンジニアリング協会（以下、ENAA）の協力の下、ENAAが深さ約20cmに埋設した光ファイバケーブルを使った地震観測を含むDAS技術の実証実験を行った。400mの長さの光ファイバケーブルのうち、300mを100mの長さの溝の中に往復させて設置し、残りの100mは地表を這わせ、室内に設置してある第三世代のhDVS取得装置につなげた。つまり地表を這わせた約50m区間の光ファイバーケーブルは、気象の変化の影響を受けやすい環境下にあった。４日間の観測期間中の第２日目、雨が降り、時折雨脚が激しい時間帯もあった。特に夜間の時間帯は人工震源を使わない連続観測を行ったので、地表を這わせた光ファイバーケーブルは車の往来等の地表ノイズや自然地震のような偶発的な現象の他に、雨の影響と思われる定常的な現象を記録していた。その一例を図１に示す。

このことは、光ファイバーを振動センサーとして用いるDASテクノロジーが、気象の観測に利用できる可能性を示唆する。hDVS/DASはGPSにシンクロさせて記録を行い、最大観測長はファイバーの種類や状態にも依るが、ロスの少ないシングルモードファイバー（以下、SMF）を使えば40kmに達する。数十kmの範囲の気象状況ををを一台の装置で数十m置きに観測することができれば、より詳細な警報を発することが可能であろう。

日本における通信用光ファイバーは大都市部の幹線通信網を除き、電柱や鉄塔等の空気中に設置される場合が多い。そのような光ファイバーは雨や風の影響を直接受けるが、車両、鉄道、工場等の地表で発生するノイズ源の影響が少ない。つまりOPGWと呼ばれる送電線上の光ファイバーにhDVS/DAS装置をつなげると、瞬くうちに気象観測網を構築することができる可能性がある。雨の場合、雨脚が穏やかなときは雨がOPGWに当たる率が低くなり振動、つまり光ファイバーの動的歪が少なく現れ、hDVS/DASの信号が小さい。雨脚が激しくなると雨がOPGWに当たる率が高くなり、振動（光ファイバーの動的歪）が大きく現れ、hDVS/DASの信号が大きい。なので局地的な雨量を数十m間隔に定量的に観測することができる可能性がある。さらに雨粒の大きさや、雨か雹なのかの違いを把握することができる可能性もある。

風の影響も同じように扱うことができる。風速が低い場合は、光ファイバーの振動が小さくhDVS/DASの信号が小さく現れる。風速が高い場合は、光ファイバーの振動が大きくhDVS/DASの信号が大きく現れる。この現象は、井戸内での液体の流れの観測に酷似しており、同じような手法で風速を定量的に観測できるであろう。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風のように雨量も風量も大きく同時に変化する場合は、それぞれの事象を分離する手法を取ることができるであろう。雨の場合、雨粒が光ファイバーケーブルに衝突することによって振動が起き、よりミクロな振動で、振動の周波数領域が高いと思われる。一方、風の場合は、鉄塔間の光ファイバーケーブル全体に影響を及ぼすマクロな振動で、周波数領域が低いと思われる。このことは、JAMSTEC所有の海底光ファイバーケーブルを使って海底地震を観測した際、波も同時に観測したが、ゲージ長を変化させる再処理を行うことによって２つの異なる事象を分離することができることを2018年の地震学会で述べた[4)]。ゲージ長を変化させる再処理は、様々なDAS装置の中でhDVSのみが持つユニークな特徴である。雨量と風速のリアルタイムでの同時観測は、hDVS装置を改良することで可能になるであろう。

hDVSを地中、海底、そして地上の光ファイバー網につなげることにより、地震、火山、津波、そして台風やゲリラ豪雨の観測という、総括的な防災の観測網を構築することができる可能性が見えてきた。

謝辞：2017年に行った一般財団法人エンジニアリング協会との共同実験のデータを用いました。感謝の意を表します。

引用文献：

1) Kimura, T., Lees, G., and Hartog, A., Optical Fiber Vertical Seismic Profile using DAS Technology, JpGU 2016 (RAEG 2016, STT17-12) Extended Abstract.

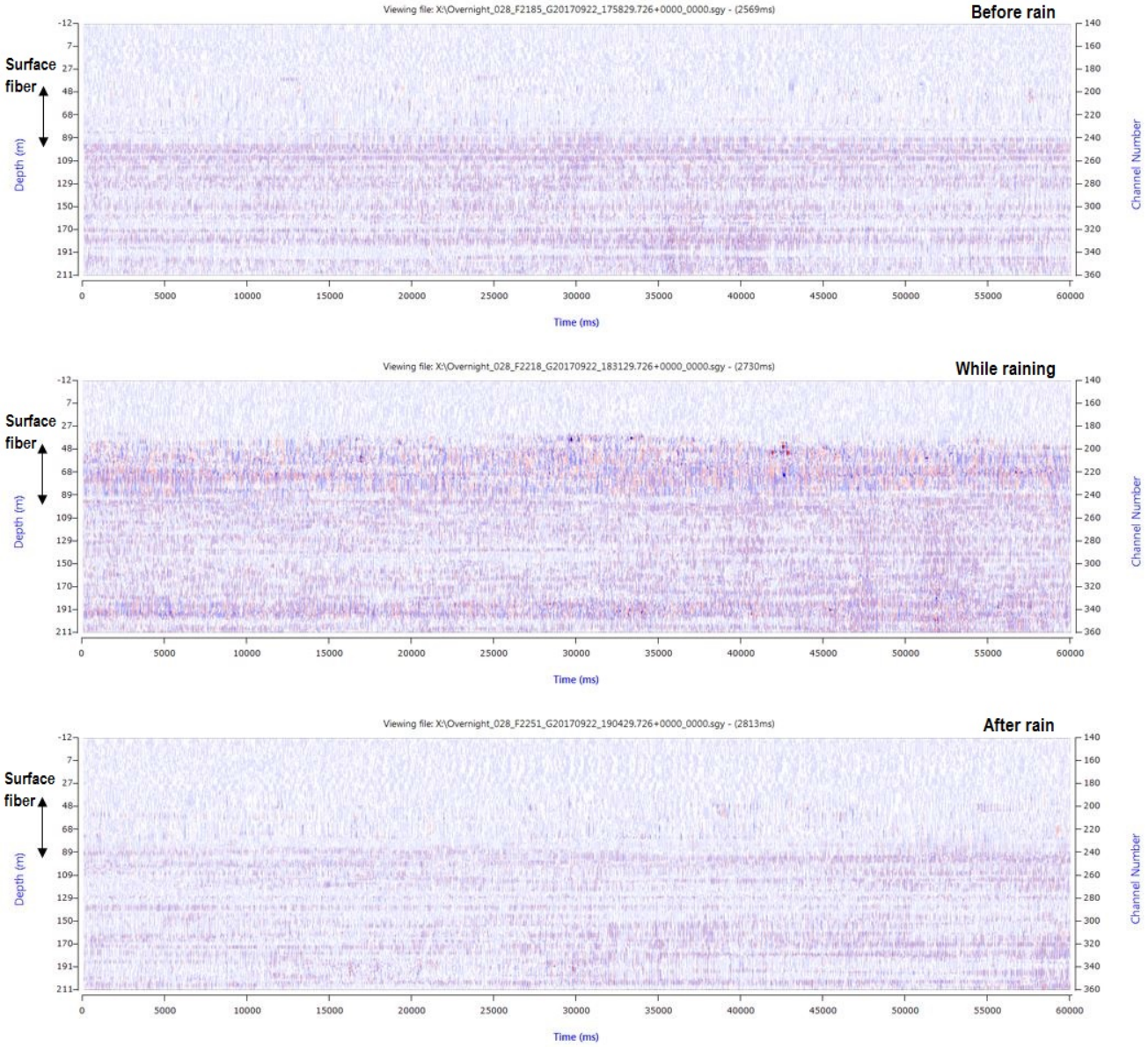
2) Kimura, T. et al, Hybrid 3D VSP Using Fiber-Optic Technology and a Conventional Borehole Seismic Array Tool, EAGE Copenhagen 2018 (Th H 10) Extended Abstract.

3) Kimura, T., Kobayashi, Y., Naruse, R., and Xue, Z., Earthquake events monitoring in a well using Optical Fiber and DAS Technology, JpGU 2018 (STT50-04), Kimura, T., Summary of Earthquake Events Recorded in Japan using DAS Technology, and Future Vision, SSJ 2018 (S02-P12).

4) Kimura, T., Araki, E., and Yokobiki, T., Separation of Events from DAS Data Recorded from Submarine Fiber Cable using Different Gauge Length, SSJ 2018 (S02-03)

キーワード：DAS、hDVS、光ファイバー、マイクロスケール気象学、稠密気象観測、台風
Keywords: DAS, hDVS, optical fiber, micro-scale meteorology, dense observation, typhoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Case study of environmental conditions and cloud microphysical properties of winter convective clouds developed in the Kanto plain

*荒木 健太郎[1]、佐藤 晋介[2]、田尻 拓也[1]
*Kentaro Araki[1], Shinsuke Satoh[2], Takuya Tajiri[1]

1. 気象研究所、2. 情報通信研究機構
1. Meteorological Research Institute, 2. National Institute of Information and Communications Technology

In winter, convective clouds sometimes develop and cause local snowfalls and lightning strikes in the Kanto plain in Japan. To understand and forecast these winter convective clouds, detailed observations of environmental conditions and cloud microphysical properties are required. In this study, we performed a case study on the winter convective clouds on 26 January 2019, and examined the temporal variation of environmental conditions and properties of cloud and precipitation by using Japan Meteorological Agency (JMA) analysis data, dense surface meteorological observation data, Himawari-8 data, JMA operational radar data, photograph data of precipitation particles derived from citizen science, disdrometer and microwave radiometer data obtained at the Meteorological Research Institute in the Tsukuba, Ibaraki.

On 26 January, the surface pressure pattern was the winter monsoon type and the upper cold vortex moved to the northern Japan. Since the Kanto plain was located on the southeastern side of the cold vortex, synoptic condition was favorable for convection development in the Kanto plain. In respect of the mesoscale environments, the low-level convergence line was formed in the Kanto plain by west-northwesterly and northerly airflows that crossed the mountain areas. The Himawari-8 infrared images captured the cloud street associated with the convergence line from 13:30 JST (=UTC+9h), and radar echoes of convective clouds were observed by JMA Tokyo radar from 14:40 JST. Two convective clouds developed in the convergence line and passed over Tsukuba from about 15:30 to 16:30 JST. From the results of one-dimensional variational (1DVAR) analysis combined with numerical weather model and microwave radiometer data, it was found that thermodynamic environments significantly got unstable at 15 JST because of increases of low-level atmospheric temperature and influence of upper cold air flow.

Disdrometer in Tsukuba observed precipitation of two convective clouds from 15:34 to 15:44 JST and from 16:03 to 16:32 JST. Results of zenith-looking observation by micro rain radar showed the existence of echo at the altitude of 3-5 km 5-10 minutes before the surface precipitation at 15:34. Liquid water path (LWP) derived by the microwave radiometer significantly increased about 20 minutes before the surface precipitation by the first convective cloud, and the value of LWP in the case of second convective cloud was smaller than that of the first one. Results of disdrometer observation showed characteristics of the precipitation particles were similar to that of typical lump graupel, and fall velocity of the particles from the first convective cloud was significantly greater than that of second one. Photograph data by citizen science revealed that the graupel particles from the first convective cloud had densely rimed structures compared with those of second one. These differences of cloud microphysical properties would be due to the difference of the life stages of the convective clouds.

キーワード：対流雲、降雪、関東平野
Keywords: convective clouds, snowfall, Kanto plain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

都市キャノピースキームSPUCを用いた数値シミュレーションによる首都圏の大気境界層構造の解析

Numerical simulation of the urban effect on the atmospheric boundary layer structure in Tokyo using the SPUC urban canopy scheme

*清野 直子[1]
*Naoko Seino[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

都市化が降水に及ぼす影響を明らかにするため、単層キャノピースキームSPUCを導入した気象庁非静力学モデルによる感度実験を行った結果、都心付近の1℃程度の高温化が10%の降水量増加をもたらすことが示唆されている（Seino et al, 2018）。都市化影響をさらに詳しく調べるため、モデルのキャノピー物体温度初期値にSPUCによる予報結果を反映できるサイクル化の手法を導入し、都心部の夏季の気温再現性が向上することがわかった。いっぽう、冬季の都内におけるゾンデ特別観測事例で比較したところ、日中の大気境界層高度はモデルに過小評価の傾向が見られた。空間的により詳細な都市効果の把握に向け、検証事例を増やし再現性の確認を進める予定である。

キーワード：都市化、数値シミュレーション、大気境界層
Keywords: urbanization, numerical simulation , atmospheric boundary layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

瞬時的な風速に適用可能な接地境界層モデルの深層学習による構築
Surface layer model for instantaneous wind speeds designed by deep learning

*伊藤 純至[1,2]、毛利 英明[2]
*Junshi Ito[1,2], Hideaki Mouri[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 気象研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo , 2. Meteorological Research Institute

parameterizations consider the Monin-Obukhov similarity law for diagnosing momentum transports between the lowest atmosphere and ground. This law was found in the relations between temporally averaged (typically periods of 10 minutes) wind speeds and momentum fluxes. We have suggested that it is inappropriate to apply the law for the parameterization in large eddy simulations in which turbulence fluctuation is involved in resolved wind speed at each grid point. However, we do not know a good alternative to the law.

In this study, we perform a preliminary attempt to apply the deep learning technique for the parameterization. Results of wind tunnel experiments are used for the date to be learned: the relationship between wind speeds and momentums fluxes in a short time scale (1 second, typically) was obtained in the condition with steady external winds and neutral stratification over ten hours.

Nine-tenth of the wind tunnel data for three kinds of different external wind speeds was inputted to the routine of the TensorFlow library. Then the validation is performed by the left of the data. The result shows that diagnoses of the momentum fluxes through the trained network show far better performances than those of the misused Monin-Obukhov law.

If the wind speed is inputted in training, the network overfits the other wind speed that has not been used for the training. It would be better to consider normalize wind speeds for the training to apply a wide range of wind speeds.

キーワード：接地境界層、深層学習、地表面フラックス、モニン・オブコフ則、壁法則
Keywords: Surface layer, Deep learning, Surface flux, Monin-Obkuhov law, Law-of-the-wall

©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26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[A-OS21] インド洋域の物理・生物地球化学・生態系と相互連関

コンビーナ:升本 順夫(東京大学大学院理学系研究科)、齊藤 宏明(東京大学大気海洋研究所)、植木 巌(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、座長:升本 順夫

インド洋の海洋気候変動研究は、新たな気候変動モードの発見や近年の観測網の
整備などにより活発に進められている。このような中、IIOE-2やEIOURI等の国際的・
学際的な研究協力プログラムが本格化するとともに、2018年11月/12月には学術
研究船白鳳丸による東部インド洋の統合的観測が行われる予定であり、分野間
連携も含めた精力的な研究活動が国内外で進められている。本セッションは、
インド洋域の平均場と変動を海洋物理、生物地球化学、生態系、気候変動の様々な
視点から捉え、それらのメカニズムや関連性を考察し、統合的な理解の促進を図る
とともに、さらなる研究協力の推進を目的とする。また、観測の概要や初期解析
結果、研究協力の新たな方向性提案、今後の観測計画等の情報共有などに関する
発表も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[AOS21-01] Coastal upwelling events and barrier layer observed along the southwestern coast of Sumatra

*堀井 孝憲[1]、植木 巌[1]、安藤 健太郎[1] (1.海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)

15:45 ~ 16:00

[AOS21-02] Mechanisms of the sea surface temperature cooling in the Somalia-Oman upwelling region during the summer monsoon

*久住 空広[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、升本 順夫[1] (1.東京大学)

16:00 ~ 16:15

[AOS21-03] インド洋南東部の中規模渦の生成機構

*松田 拓朗[1]、升本 順夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[AOS21-04] 東部インド洋における物理・生物地球化学・生態系の統合的研究に関する白鳳丸観測航海(KH-18-6)の概要

*升本 順夫[1]、齊藤 宏明[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京大学大気海洋研究所)

16:30 ~ 16:45

[AOS21-05] 東部インド洋における蛍光性溶存有機物の分布と光分解性

*武田 重信[1] (1.長崎大学)

16:45 ~ 17:00

[AOS21-06] Observed subsurface Chlorophyll maximum in the tropical eastern Indian Ocean during KH18-6 Leg3 cruise

*植木 巌[1]、笹岡 晃征[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

Coastal upwelling events and barrier layer observed along the southwestern coast of Sumatra

*堀井 孝憲[1]、植木 巌[1]、安藤 健太郎[1]
*Takanori Horii[1], Iwao Ueki[1], Kentaro Ando[1]

1. 海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター
1. Research and Development Center for Global Change (RCGC), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Coastal upwelling along the southwestern coast of Sumatra during the boreal summer monsoon is closely linked to the El Nino/Southern Oscillation and the Indian Ocean Dipole. To understand the coastal upwelling system, we investigated ocean temperature and salinity variations obtained from Argo floats. During 2013-2017, two Argo floats observed vertical structure of temperature and salinity every 10 days within 100 km from the coast of Sumatra. The floats observed intraseasonal-scale subsurface temperature cooling events with significant upward movements of thermocline. Anomalous local southwesterly winds and equatorial easterly winds explained the temperature cooling and thermocline variations, suggesting that the Argo observation captured coastal upwelling signal. Although these subsurface temperature cooling signals were significant, local sea surface temperature (SST) variations were relatively small. We found that during coastal upwelling events, local SST tended to be disconnected with subsurface cooling by the presence of upper-layer salinity stratification and thick barrier layer which suppressed entrainment cooling.

キーワード：沿岸湧昇、スマトラ島、バリアレイヤー、インド洋ダイポール現象
Keywords: Coastal upwelling, Sumatra, Barrier layer, Indian Ocean Dipole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mechanisms of the sea surface temperature cooling in the Somalia-Oman upwelling region during the summer monsoon

*久住 空広[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、升本 順夫[1]
*Kusumi Takahiro[1], Shoichiro Kido[1], Tomoki Tozuka[1], Yukio Masumoto[1]

1. 東京大学
1. the Unversity of Tokyo

Alongshore southwesterly winds in the western Arabian Sea associated with the Indian summer monsoon induce coastal upwelling and cool sea surface temperature (SST) along the coast of Somalia and Oman. Since the upwelling region is a moisture source of the Indian summer monsoon rainfall, understanding of the SST variations in this region is crucial for the prediction of the Indian summer monsoon precipitation. In this study, an on-line mixed layer heat budget analysis is conducted to clarify the mechanisms of the SST cooling using the Regional Ocean Modeling System (ROMS) simulation. It is revealed that causes of the SST cooling in the upwelling region are different between the onset (May) and mature phases (June-July) of the Indian summer monsoon. The horizontal advection, surface heat flux, entrainment and vertical diffusion terms contribute to the cooling in the former phase, while the vertical diffusion term plays a dominant role in the latter phase.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インド洋南東部の中規模渦の生成機構
Generation of meso-scale eddies in the southern Indian ocean

*松田 拓朗[1]、升本 順夫[1]
*Takuro Matsuta[1], Yukio Masumoto[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

A Leeuwin Current region off the coast of western Australia is known as an area of strong meso-scale eddy activity among the midlatitude eastern boundary current regions. While these eddies are believed to be generated through mixed barotropic and baroclinic instability associated with the poleward-flowing Leeuwin Current, their relative importance as well as interactions between eddies and large-scale circulations need to be investigated in detail. Motivated by the above, an analysis on energy conversion between eddy field and mean flow is conducted. Results revealed detailed spatial distributions of large baroclinic energy conversion. The interactions between density anomalies and the thermal front near 30˚S play an important role in making the baroclinic energy conversion.

キーワード：中規模渦、Leeuwin海流、渦-平均流相互作用
Keywords: meso-scale eddies, Leeuwin Current, eddy-mean flow interactions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東部インド洋における物理・生物地球化学・生態系の統合的研究に関する白鳳丸観測航海(KH-18-6)の概要

Summary of R/V Hakuho-Maru observations (KH-18-6) for Integrated physical, biogeochemical, and ecosystem research in the eastern Indian Ocean

*升本 順夫[1]、齊藤 宏明[2]
*Yukio Masumoto[1], Hiroaki Saito[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute

R/V Hakuho-Maru cruise (KH-18-6) was conducted from Nov. 6 (leaving from Phuket) to Dec. 29 (Arriving at Fremantle) to facilitate integrated physical, biogeochemical, and ecosystem researches in the eastern Indian Ocean, which is a core research project under EIOURI and IIOE-2. The first leg occupied the 88E section from the Bay of Bengal down to 20S, while the second leg observed the region between the Java Island and northwestern Australia. During these legs, measurements of physical, chemical, biological, and ecological parameters were taken place by multiple equipment such as CTD casts, water sampling, LADCP, net observations, turbulence measurements. This presentation introduce summary of observations conducted during the cruise and highlights some preliminary results, together with the basic conditions during the observations.

キーワード：東部インド洋、観測
Keywords: Eastern Indian Ocean, Observations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東部インド洋における蛍光性溶存有機物の分布と光分解性
Distribution and photodegradation of fluorescent dissolved organic matter in the eastern Indian Ocean

*武田 重信[1]
*Shigenobu Takeda[1]

1. 長崎大学
1. Nagasaki University

海洋の主要な炭素プールの一つである溶存有機物の一部は、紫外光の励起により青色蛍光を発することが知られている。蛍光性溶存有機物（FDOM）は、主にタンパク質様蛍光物質と腐植様蛍光物質で構成され、その動態には、表層での光分解と、中深層での微生物による有機物分解過程での生成が関与していると考えられている。外洋の中深層では、腐植様蛍光物質が鉄など微量金属の天然有機配位子としての役割を果たしている可能性も指摘されており、FDOMの分布や動態を明らかにすることは、海洋における微量金属の循環を理解する上でも重要になる。

本研究では、2018年11月の白鳳丸KH-18-6航海において、生物生産と有機物分解の活性が南北方向で大きく変化する東部インド洋の東経88度線上で断面観測を行い、FDOM蛍光強度の鉛直分布を北緯16.5度から南緯20度までの9測点で明らかにした。FDOMの測定は、CTD-ニスキン採水システムで採取した海水を孔径0.2 μmのフィルターでろ過後、励起波長350 nm（半値幅80 nm）蛍光波長410-450 nmのUVモジュールを備えたトリロジー蛍光光度計を用いて行い、4 ppb硫酸キニーネ標準液により規格化した。また、様々な深度から採水したろ過海水を石英瓶に入れて自然光下の表面海水かけ流し水槽内に5日間置き、蛍光強度の変化を毎日測定してFDOMの光分解性について検討した。

FDOM蛍光強度の鉛直分布は、表層で低く中層で増加して深層でやや減少する栄養塩型のパターンを示したが、それに加えて亜表層クロロフィル極大の直下の酸素極小層でも明瞭なピークが認められた。観測線上では、ベンガル湾の北緯15度付近でFDOM蛍光強度が最も高く、南に向かうにつれて水柱全体の蛍光強度が減少する傾向がみられた。中深層ではFDOM蛍光強度と見かけの酸素消費量(AOU)との間に相関関係が認められたのに対して、ベンガル湾の亜表層クロロフィル極大の直下付近では、その関係性から外れる高い蛍光強度が観測されたことから、有機物分解過程で生成されるFDOMの蛍光特性は、深度や海域によって異なる可能性がある。光照射実験では、開始後24時間で蛍光強度が大きく減少した後、数日にわたって緩やかに蛍光強度が減少するパターンが認められ、光反応性の異なる発蛍光団がFDOM中に存在することが示唆された。また、照射光のレベルに応じて光分解の程度に違いが見られた。これらの結果から、東部インド洋におけるFDOMの動態には、表層付近の光量および鉛直混合過程と、分解される有機物の量・質や微生物群集の深度による違いが強く影響を及ぼしていると考えられる。

キーワード：インド洋、蛍光性溶存有機物、光分解
Keywords: Indian Ocean, FDOM, Photodegradation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observed subsurface Chlorophyll maximum in the tropical eastern Indian Ocean during KH18-6 Leg3 cruise

*植木 巌[1]、笹岡 晃征[1]
*Iwao Ueki[1], Kosei Sasaoka[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

To enhance interdisciplinary understanding of the eastern Indian Ocean upwelling study, R/V Hakuho-Maru KH18-6 cruise has been conducted in November-December 2018. During the Leg-3 cruise; started from Jakarta in 06 December and arrived at Fremantle in 29 December, physical, chemical and biogeochemical observations at more than 30 stations along 3 sections have been conducted. During the Leg 3 cruise, climate condition of the Indian Ocean became a neutral condition after positive Indian Ocean Dipole event. At the eastern section from the station 22 (12°S, 112.5°E) to station 34 (24°S, 111° E), we can capture predominance of eddy activity at around 16°S. In terms of chlorophyll distribution, subsurface maximum were recognized at the all stations. However, the distribution was modified in associated with the eddy activity. The details will be shown in the presentation.

キーワード：東部インド洋、クロロフィル、渦
Keywords: The eastern Indian Ocean, Chlorophyll, Eddy

©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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | 301A 3F

[A-CG43] 気候変動への適応とその社会実装

コンビーナ:石川 洋一(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)、大楽 浩司(防災科学技術研究所)、座長:大楽 浩司(防災科学技術研究所)、石川 洋一(海洋研究開発機構)

気候変動による影響は台風や集中豪雨等をはじめとした自然災害リスクの増大、高温障害など農林水産業における品質・収量の悪化などがあり、今後ますます多様化・深刻化する可能性が予想されているため、これらの問題に対応することは喫緊の課題である。我が国では2018年に「気候変動適応法」が成立した。気候変動の影響による被害を最小化あるいは回避し、持続可能な社会の構築を目指しており、今後地方自治体などに適応計画の策定の動きが加速していくことが期待される。
本セッションでは科学的知見に基づいた適応策の検討、策定に必要な気候変動予測データの創出やリスク評価に関する講演を期待するとともに、ステークホルダーとの共創などその社会実装に関する課題についても議論を行いたい。

9:00 ~ 9:15

[ACG43-01] **チャオプラヤ川上流域において温暖化と植林が流出と蒸発散に及ぼす影響**

*高田 久美子[1]、花崎 直太[1] (1.国立環境研究所)

9:15 ~ 9:30

[ACG43-02] 高解像RCM実験の情報を用いたハイブリッドダウンスケーリングと降雨流出氾濫モデルによる河川水位・氾濫リスク評価

*若月 泰孝[1,2]、阿部 紫織[4]、中村 要介[3,4] (1.国立大学法人茨城大学、2.海洋研究開発機構、3.土木研究所、4.三井共同建設コンサルタント)

9:30 ~ 9:45

[ACG43-03] 企業の適応策検討支援を目的とした世界水リスク評価ツールの開発：近似ベイズ計算による全球水資源モデルのパラメータ同定

*花崎 直太[1] (1.国立環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG43-04] 日本周辺のSI-CAT海洋プロダクトの検証

*山中 吾郎[1]、中野 英之[1]、坂本 圭[1]、豊田 隆寛[1]、浦川 昇吾[1]、辻野 博之[1]、西川 史朗[2]、若松 剛[2,3,4]、石川 洋一[2] (1.気象庁気象研究所、2.海洋研究開発機構、3.ナンセン環境リモートセンシングセンター、4.ビヤークネス気候研究センター)

10:00 ~ 10:15

[ACG43-05] Downscaling and Reanalysis of Coastal Current System on the Ibaraki Coast with Included Freshwater Impact

*Josko Troselj[1]、Yuki Imai[2]、Junichi Ninomiya[3]、Nobuhito Mori[1] (1.Coastal Engineering Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University、2.Graduate School of Engineering, Kyoto University、3.Kanazawa University)

10:15 ~ 10:30

[ACG43-06] 近未来の温暖化環境下における黒潮域のマイワシ資源量予測

*西川 悠[1]、西川 史朗[1]、若松 剛[2,3]、石川 洋一[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.Nansen Environmental and Remote Sensing Center、3.Bjerknes Center for Climate Research)

チャオプラヤ川上流域において温暖化と植林が流出と蒸発散に及ぼす影響
Effects of afforestation and climate warming on evapotranspiration and river discharge in the upper Chao Phraya River basin

*高田 久美子[1]、花崎 直太[1]
*Kumiko TAKATA[1], Naota Hanasaki[1]

1. 国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

タイ国チャオプラヤ川では、上流の山岳地帯で森林伐採が進んでおり、最上流部のNan川支流域では低水時の流量に増大傾向が観測され、森林伐採との関係が指摘されている（Tebakari et al., 2018）。さらに、地球温暖化によって河川流量が雨季に大きく増大すると予測されており（Kotsuki et al., 2014）、毎年、雨季後半に繰り返されている洪水の被害が増大すると懸念されている。植林には年間流出量を減少させ、ピークを低減させる効果があることから、植林が温暖化時の適応策の一つとして挙げられているが、森林増加は蒸発散を増加させる効果もあり、乾季の水資源の枯渇が増進される懸念もある。

そこで本研究では、植生を陽に扱っている陸面水文過程モデルMATSIRO（Takata et al., 2003; Nitta et al., 2014）を用いたオフライン実験を行い、温暖化した気候における森林増加がチャオプラヤ川上流域の河川流量と蒸発散量に与える影響を調べた。気象データは20世紀末（1981-2004年, Kotsuki et al., 2013）と 温暖化時の21世紀（2040−2059年と2080-2099年、Watanabe et al., 2014）で、2つの温暖化シナリオによる3つ気候モデルの予測結果を用い、水平解像度は5分（約10km）で、次の3つの実験を行った。一つ目は2000年の植生分布を境界条件として与えたもの（コントロール実験、CTL）、二つ目は現在より20%耕地面積が少なかった1970年の植生分布を与えたもの（AFR20実験）、三つめは国土の大部分が自然植生に覆われていた1950年の植生分布を与えたもの（AFR100で）である。

温暖化により年間の降水量、流出量、蒸発散量はいずれも増加し、降水量増加の約80%が流出量の増加に、残り約20%が蒸発散量の増加になった。森林増加による効果は、温暖化による年流出量の増加に対してAFR20で3〜5%、AFR100でも21世紀半ばで10〜15%の低減率に留まり、Chacuttrikul et al. (2018) と同様に、温暖化の進行に伴ってその比率は小さくなった。但し、植林に伴う土質変化を単純化して考慮した実験で、流出低減効果は土質変化により増大することが示唆された。また、森林増加による年間流出量の低減は、年間蒸発散量の増加表裏の関係にある。両者の変化を季節別に見ると、雨季には流出量の増加は降水量増加の約75%を占めるが、蒸発散量の増加は約10%で、残り約15%は乾季の蒸発散量増加になる。その結果、森林増加による流出量の低減は雨季に顕著で、蒸発散量の増大は乾季に顕著だった。従って、水管理の諸問題への適応策として植林を検討する際には、森林増加が流出を減少させる効果と蒸発散を増大させる効果の両方に注意を払うことが必要である。

謝辞：本研究は科学技術振興機構(JST)と国際協力機構(JICA)による地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）と環境省環境研究総合推進費(S-14-5)の支援を受けて実施している。

References

Chacuttrikul et al., Hydrol. Res. Lett., 12(2), 7-13, 2018.
Kotsuki, S., et al., Hydrol. Res. Lett., 7, 7984, 2013.
Nitta, T., et al., J. Clim., 27(9), pp3318-3330, 2014.
Takata, K., et al., Global and Planetary Change, 38, 209-222, 2003.
Tebakari et al., 水文水資源学会誌, 31(1), 17-24.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Watanabe, S., et al., Hydrol. Res. Lett., 8, 33, 2014.

キーワード：森林増加、河川流出、蒸発散、チャオプラヤ川流域
Keywords: Afforestation, Runoff, Evapotranspiration, Chao Phraya River basin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像RCM実験の情報を用いたハイブリッドダウンスケーリングと降雨流出氾濫モデルによる河川水位・氾濫リスク評価
Hybrid downscaling using high-resolution RCM information and rainfall-runoff-inundation model simulations

*若月 泰孝[1,2]、阿部 紫織[4]、中村 要介[3,4]
*Yasutaka Wakazuki[1,2], Shiori Abe[4], Yosuke Nakamura[3,4]

1. 国立大学法人茨城大学、2. 海洋研究開発機構、3. 土木研究所、4. 三井共同建設コンサルタント
1. Ibaraki University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Public Works Research Institute, 4. Mitsui Consultants Co., Ltd.

軽い計算コストで実施できる統計的ダウンスケーリング(DS)やバイアス補正は、領域気候変化予測の不確実性を評価するためには必要不可欠である。一方で、1～2km程度の格子間隔での高解像RCMによる力学的DSは、計算負荷が大きいために数多く実施するのは極めて困難だが、観測情報の乏しい地域を含めて、気温や降水量などの気候学的特性を合理的に表現できる。この数少ない高解像RCMの情報を低解像RCMの空間内挿(HI)に使い、RCMだけでつくられた高解像の分布構造を生かしたバイアス補正(BC)を施す手法が開発され、JPGU2018などで紹介した。当初は、降水量の補正において平均値の比の補正のみを適用すいていたが、強雨側と弱雨側で連続する関数を用いてフィッティングし、関数の母数比で補正する方法に変更した。その結果、降水量の極値近傍値での再現性が向上することが確かめられた。本手法は、d4PDFおよび２℃昇温実験のダウンスケーリングに適用し、創生プロジェクトのデータを活用して2km解像度で計算中である。計算途中結果について発表で紹介する。

ダウンスケーリング計算から得られる高解像度の降水データは、関東を流れる鬼怒川・小貝川流域での降雨流出氾濫モデル（RRIモデル）実験に利用された。計算例の一つとして、流域雨量が6%増加した事例を挙げる。この実験では、日降水量の年最大値は約15%増加しており、鬼怒川下流域のピーク流量の年最大値の増加率は、これにちかい12%であった。それに対して、ピーク水位の年最大値の増加率は1%程度しかなかった。河川には氾濫注意水位・氾濫危険水位など様々な水位が設定されている。危険レベルの水位に達する回数は、温暖化によって増加していたが、特に低い危険レベルでの水位の増加の方が大きく、ハイリスク水位の回数の増加は顕著に大きいわけではなかった。もともと、河道断面構造上、高い水位の面積が広くなっていることと、ダムモデルが導入されていることがこの結果に結び付いていると推定された。氾濫回数の増加も顕著ではなかったが、氾濫面積の最大値は顕著に増加した。大きなダメージをもたらす水害が増えるリスクを示唆している。発表では、複数のシナリオについて計算した結果についても、可能な範囲で紹介する。

キーワード：ダウンスケーリング、領域気候モデル、降雨流出氾濫モデル
Keywords: Downscaling, Regional climate model, rainfall-runoff-inundation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

企業の適応策検討支援を目的とした世界水リスク評価ツールの開発：近似ベイズ計算による全球水資源モデルのパラメータ同定
Development of a global water risk assessment tool to support investigation of adaptation to climate change in the private sector: Calibrating parameters of a global water resources model by Approximate Bayesian Computation

*花崎 直太[1]
*Naota Hanasaki[1]

1. 国立環境研究所
1. NIES National Institute of Environmental Studies

民間企業は事業への気候変動の悪影響を回避するとともに、いわゆるESG投資の隆盛を受けて、気候変動に対する計画と行動を表明する必要がある。こうした背景のもと、企業の適応策検討支援を目的とした公開型世界水リスク評価ツールの開発を行っている。

全球水資源H08モデルは自然の水循環だけでなく人間の水利用も含めて、0.5度の空間解像度で日単位でシミュレーションすることができる。H08に将来の気候シナリオと社会経済的仮定を与えることにより、将来の水文循環と水需要・水利用の変化を時空間詳細に分析することができる。こうした機能は将来の洪水と干ばつのリスクを検討するのに役立つが、モデルの不確実性は効果的な解釈を妨げてしまう。特に、生産拠点がある場所でのシミュレーション性能は企業にとって非常に重要である。そこで、これまで全球規模ではほとんど行われてこなかった、水文モデルのパラメータ同定を実施した。

本研究は、H08の４つの水文パラメータを同定するために近似ベイズ計算（ABC）を適用した。ランダムに４つのパラメータを変更することにより、全部で5000回のシミュレーションを実施した。過去の再現性が最も高い各パラメータの範囲を特定することにより、４つのパラメータの範囲を同定した。この手法を世界の500,000km2以上の集水面積を持つ64の流域に対して適用した。結果は、同定されたパラメータが世界のほとんどの流域に対して合理的なシミュレーション結果を生み出すことを示した。発表では、より小さな流域や日単位のシミュレーションについての結果も示したい。

キーワード：適応、気候変動、水資源
Keywords: Adaptation, Climate Change, Water resources

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本周辺のSI-CAT海洋プロダクトの検証
Verification of SI-CAT ocean products around Japan

*山中 吾郎[1]、中野 英之[1]、坂本 圭[1]、豊田 隆寛[1]、浦川 昇吾[1]、辻野 博之[1]、西川 史朗[2]、若松 剛[2,3,4]、石川 洋一[2]
*Goro Yamanaka[1], Hideyuki Nakano[1], Kei Sakamoto[1], Takahiro Toyoda[1], Shogo Urakawa[1], Hiroyuki Tsujino[1], Shiro Nishikawa[2], Tsuyoshi Wakamatsu[2,3,4], Yoichi Ishikawa[2]

1. 気象庁気象研究所、2. 海洋研究開発機構、3. ナンセン環境リモートセンシングセンター、4. ビヤークネス気候研究センター
1. Meteorological Research Institute, 2. JAMSTEC, 3. Nansen Environmental and Remote Sensing Center, 4. Bjerknes Centre for Climate Research

日本周辺のSI-CAT海洋プロダクト（海面水温、海面水位、海氷、黒潮）の再現性を検証した。用いたデータ（SICAT10 Version2）は、北太平洋10km解像度の海洋モデルをJRA-55及びCMIP5（MIROC5, MRI-CGCM3, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-MR）大気外力で駆動した現在気候実験（1960-2005年）における結果である。検証に用いた観測データは、COBE-SST2およびCMEMSである。海面水温と海面水位の観測データとモデルデータについて、平均の差と分散の比のt-検定とF-検定を行い、それぞれのp値をモデルの信頼性の尺度とした。モデルで再現された海面水温については、北太平洋の主要な長周期の変動モードは各ランにおいて概ね再現されていた。日本周辺については、東北太平洋沖や日本南方沖など渦活動が活発な海域を除いて、変動場の信頼性は高い。領域平均の海面水温の推移は長期的な上昇トレンドを示していた。モデルで再現された海面水位については、一般に海面水温と比べると信頼性は劣るものの、日本周辺の平均的な海面水位は、どのモデルもPDOに関連した長周期変動および温暖化に関連した長期的な上昇トレンドを示す。黒潮については、10kmモデルを用いたことにより、平均的な黒潮流路や続流の位置の再現性は概ね良い。黒潮続流の緯度の変動については、観測と同様に顕著なトレンドは見られなかった。冬季のオホーツク海の海氷面積については、IPSLランの再現性は良いが、MIROCランで過小評価、MRIランとGFDLランで過大評価となっていた。冬季の長期的なトレンドは、GFDLランは観測と同様に統計的に有意な減少を示していた。

キーワード：SI-CAT、気候変動適応、高解像度海洋大循環モデル
Keywords: SI-CAT, climate change adaptation, high-resolution ocean general circulation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Downscaling and Reanalysis of Coastal Current System on the Ibaraki Coast with Included Freshwater Impact

*Josko Troselj[1], Yuki Imai[2], Junichi Ninomiya[3], Nobuhito Mori[1]

1. Coastal Engineering Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Kanazawa University

Introduction and Objective

Global mean sea level, surface temperatures and extreme precipitation amounts are expected to increase in 21st century under the climate change impact. It will especially affect coastal zones which are sensitive to all of these factors because extreme freshwater inflow, inundation levels, erosion as well as fishery industry nearshore are expected to be largely impacted. Coastal processes, such as variabilities of shallow water temperatures, cannot be precisely reproduced by coarse scale global climate models and therefore downscaling the coastal current system to fine resolution scales is needed.

Objective of the study is providing fine scale 7-years ocean circulation reanalysis and assessment of natural variabilities of physical processes of the coastal ocean by downscaling of coastal current system for Ibaraki prefecture in Japan from 10 km scale parent dataset to related projections of 222 m scale on the Ibaraki coast, particularly taking into account freshwater outflow impact from 3 major rivers (Tone, Naka and Kuji). Our results can be used for adaptation of countermeasures for climate change impact assessment.

Methods

We continued the study from Troselj et al. (2018) with improved downscaling model methodology and extended analyzed period into 7 years (2000-2006). We applied better vertical transformation equation (Vtransform=2, new formulation developed by A. Shchepetkin) and different vertical stretching function (Vstretching=4, where A. Shchepetkin improved double stretching) compared to Troselj et al. (2018). River forcing conditions were applied as observed river temperature and discharge (MLIT, 2017) with constant salinity of 0.5 PSU for Tone, Naka and Kuji rivers.

Discussions

We validated our modelled results with observed sea surface temperature data from Hasaki point (PARI) and satellite images from MGDSST for winter and spring seasons (Figure 1). Results for all seasons will be presented on the conference. The modelled results corresponded well with Hasaki observations in winter and with MGDSST observations in spring season and their mean and variabilities were improved compared to FORA results. Reason for that might be because vertical mixing in spring and summer seasons is lower than in autumn and winter seasons. We expect that Hasaki observations, which are located 2-3 meters below sea level, will have better fit with the modelled results during colder seasons when vertical mixing is higher. Similarly, we expect that MGDSST observations of sea surface layer will

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

have better fit with the modelled results during warmer seasons when vertical mixing is lower.

We showed that reproducibility of coastal natural variabilities of physical processes is increased compared to parent dataset FORA when using downscaling, both for sea surface temperature and salinity. Our model reproduced bigger variabilities of both temperature and salinity in vicinity of the coast than in the offshore zone, and it was not well reproduced in FORA.

We showed monthly, seasonal and inter-annual trends in magnitudes and directions of coastal currents. The reproducibility of the trends was improved compared to FORA, because our model provides more precise fine scale representation of coastal currents.

Summary

We conducted dynamic downscaling and reanalysis of coastal current system on the Ibaraki coast particularly considering freshwater outflow impact, with improved methodology and extended targeted period from previous study. We showed that variability of sea surface temperatures in coastal shallow waters is better represented with the downscaling than with the coarser parent model.

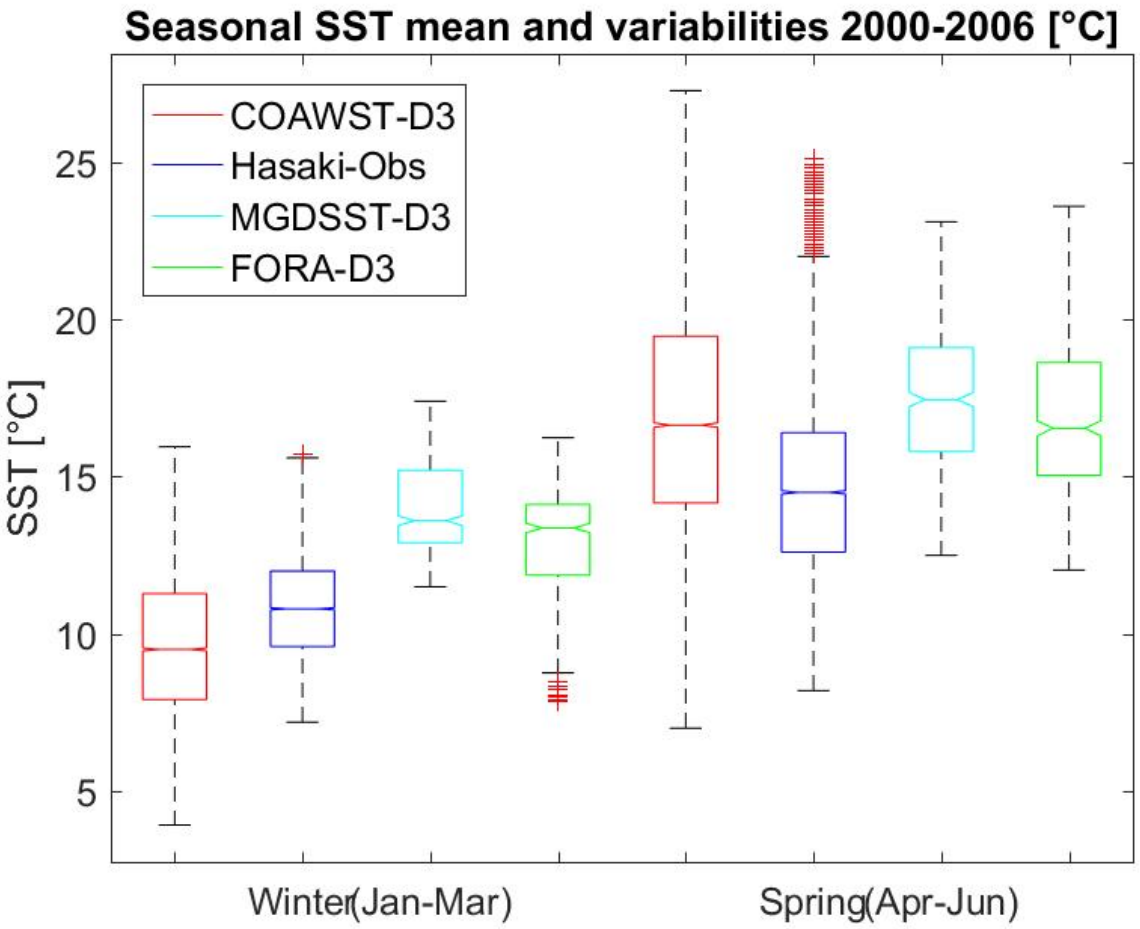
Reference

Troselj, J, Imai, Y, Ninomiya, J, Mori, N (2018). Coastal Current Downscaling Emphasizing Freshwater Impact on Ibaraki Coast, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering), vol.74, no.2, pp. 1357-1362.

Keywords: downscaling, coastal current, natural variability, freshwater impact, COAWST, climate change

Keywords: downscaling, coastal current, natural variability, freshwater impact, COAWST, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

近未来の温暖化環境下における黒潮域のマイワシ資源量予測
Estimation of the Japanese sardine stock in relation to the future Kuroshio variability

*西川 悠[1]、西川 史朗[1]、若松 剛[2,3]、石川 洋一[1]
*Haruka Nishikawa[1], Shiro Nishikawa[1], Tsuyoshi Wakamatsu[2,3], Yoichi Ishikawa[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. Nansen Environmental and Remote Sensing Center、3. Bjerknes Center for Climate Research
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Nansen Environmental and Remote Sensing Center, 3. Bjerknes Center for Climate Research

マイワシ（*Sardinops melanostictus*）の資源量は、海洋環境変化の影響を受けて100倍近く変動する。資源量変動に最も影響するのは黒潮流速、二番目に影響するのは大気による冷却量の変化である。マイワシは冬季の日本南岸黒潮域で産卵し、黒潮に輸送されながら成長する。このとき、成育場である黒潮強流帯の水温が低いほど採餌・成長に好適な環境となり、仔魚の生残率が高くなって資源量は多くなる。マイワシ仔魚の成育場である日本近海での冬季の黒潮水温は、黒潮流速が遅いほど低くなる。流速が大きいと、亜熱帯海域から輸送されてきた黒潮水が、十分に冷却されないまま日本近海に到達するためである。黒潮流速は十年～数十年スケールで変化することが知られている。過去数十年のマイワシ資源量は黒潮が速い時に減少する傾向があり、黒潮変動の影響を強く受ける魚であると言える。マイワシは日本における重要な水産資源であり、将来の資源量、特に地球温暖化の影響を知りたいという需要は大きい。しかし資源量を左右するマイワシ仔魚の成育場は、黒潮強流帯のごく狭い場所に限られることから、これまでの温暖化予測モデルの空間解像度では成育場の環境を詳しく調べることができなかった。我々のグループは既往の低解像度温暖化予測モデルCMIP5に力学的ダウンスケーリングを施し、マイワシ資源量予測を行うに十分な0.1ºの水平解像度を持つ温暖化予測シミュレーション結果を得た。そこで本研究では、現時点までのマイワシ資源量を成育場水温に基づいて再現する資源量推定モデルを構築し、このモデルに高解像度温暖化予測シミュレーションから得られた将来の成育場水温変化を適用した。今回は、成育場水温の変化に伴って2100年までのマイワシ資源量がどのように変化するかを、特にこれまで資源量に決定的な影響を与えていた黒潮流速との関係に焦点を当てて発表する。

キーワード：マイワシ、黒潮、地球温暖化
Keywords: Japanese sardine, Kuroshio, Global warming

©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26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 301A 3F

[A-CG43] 気候変動への適応とその社会実装

コンビーナ:石川 洋一(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)、大楽 浩司(防災科学技術研究所)、座長:石川 洋一(海洋研究開発機構)、大楽 浩司(防災科学技術研究所)

気候変動による影響は台風や集中豪雨等をはじめとした自然災害リスクの増大、高温障害など農林水産業における品質・収量の悪化などがあり、今後ますます多様化・深刻化する可能性が予想されているため、これらの問題に対応することは喫緊の課題である。我が国では2018年に「気候変動適応法」が成立した。気候変動の影響による被害を最小化あるいは回避し、持続可能な社会の構築を目指しており、今後地方自治体などに適応計画の策定の動きが加速していくことが期待される。
本セッションでは科学的知見に基づいた適応策の検討、策定に必要な気候変動予測データの創出やリスク評価に関する講演を期待するとともに、ステークホルダーとの共創などその社会実装に関する課題についても議論を行いたい。

15:30 ~ 15:45

[ACG43-07] Recent progress of Japan’s regional downscaling project (SI-CAT) and CORDEX Asia Empirical-Statistical Downscaling (ESD)

*大楽 浩司[1] (1.防災科学技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[ACG43-08] 北海道における気候変動に伴う洪水リスクの変化

*星野 剛[1]、山田 朋人[1]、Dzung Nguyen-Le[1]、稲津 將[1]、佐藤 友徳[1]、川瀬 宏明[2] (1.北海道大学、2.気象研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG43-09] Intensification of sub-daily and daily rainfall extremes from densely distributed records for Japan

*渡辺 恵[1]、吉川 沙耶花[1]、鼎 信次郎[1] (1.東京工業大学環境・社会理工学院)

16:15 ~ 16:30

[ACG43-10] 大規模アンサンブル気候データの効率的な解析に向けたコンテンツベース検索システム

*中川 友進[1]、川原 慎太郎[1]、荒木 文明[1]、松岡 大祐[1]、石川 洋一[1]、藤田 実季子[1]、杉本 志織[1]、岡田 靖子[1]、川添 祥[1]、渡辺 真吾[1]、石井 正好[2]、水田 亮[2]、村田 昭彦[2]、川瀬 宏明[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.気象庁気象研究所)

16:30 ~ 16:45

[ACG43-11] アンサンブル気候予測データベースd4PDFを活用した四国での気候変動影響評価

*吉村 耕平[1]、那須 清吾[1]、Sanchez Patricia[2] (1.高知工科大学、2.フィリピン大学ロス バニョス校)

16:45 ~ 17:00

[ACG43-12] 気候変動に対する土砂災害適応策に向けた警戒区域のリスク定量化

*川越 清樹[1]、齋藤 洋介[1]、鈴木 皓達[1] (1.福島大学)

Recent progress of Japan’s regional downscaling project (SI-CAT) and CORDEX Asia Empirical-Statistical Downscaling (ESD)

*大楽 浩司[1]
*KOJI DAIRAKU[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

As a Japan’s national project, SI-CAT develops reliable technologies to find climate change adaptation measures in collaboration with researchers of geoscience, social science and humanities, and officials of local governments from the beginning of the project to avoid and reduce various threats of climate change.

We conducted dynamical downscaling experiments with horizontal grid spacing of 5km and 2km to reproduce regional climate information. We examine the performance of the regional climate model (NHRCM) to represent severe precipitation events occurred around Gifu and Nagano region. To examine the performance in ungauged mountainous regions, the runoff analysis was conducted. It indicates the overestimation of precipitation. We conduct the ensemble downscaling experiments using database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF) to detect the climate change impact in this region.

Multi-model large ensemble regional climate scenarios over Japan and CORDEX Asia are developed by using CMIP5 GCMs (RCP2.6 and RCP8.5) and a statistical downscaling (Bias Corrected Spatial Disaggregation (BCSD)) to investigate uncertainty of projected change associated with structural differences of the GCMs for the periods of historical climate (1950-2005) and near future climate (2026-2050). Uncertainty range information of the regional climate scenarios support various regional adaptation measures and informed decision making. Based on the SI-CAT experiences, the CORDEX Asia ESD group enhances and integrates the science and application of downscaling activities in Asia by sharing and exchanging data, knowledge, and techniques.

キーワード：力学的ダウンスケーリング、統計的ダウンスケーリング、マルチモデルアンサンブル、CORDEX、アジア
Keywords: Dynamical downscaling, Statistical downscaling, Multi-model ensemble, CORDEX, Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道における気候変動に伴う洪水リスクの変化
Assessment of Flood Risk in Hokkaido, northern Japan, Associated with Climate Change

*星野 剛[1]、山田 朋人[1]、Dzung Nguyen-Le[1]、稲津 將[1]、佐藤 友徳[1]、川瀬 宏明[2]
*Hoshino Tsuyoshi[1], Tomohito J Yamada[1], Dzung Nguyen-Le[1], Masaru Inatsu[1], Tomonori Satou[1], Hiroaki Kawase[2]

1. 北海道大学、2. 気象研究所
1. Hokkaido University, 2. Meteorological Research Institute

本研究は気候変動を踏まえた治水対策の検討に不可欠な洪水リスクの算定を実施したものである。リスクの算定には大量アンサンブルデータを用い、過去と温暖化進行後の気候条件下での北海道内の流域における洪水リスクを定量的に評価した。

2016年8月、北海道で観測史上初めて1週間に3個の台風が上陸し、その後の台風第10号の接近と合わせて全道各地で記録的な大雨が発生した。これにより、堤防決壊等による浸水被害だけでなく道路や農地など多岐にわたる被害が全道各地にもたらされた。この洪水後に国土交通省北海道開発局および北海道が設置した委員会では「気候変動による将来の影響を科学的に予測し、具体的なリスク評価をもとに治水対策を講じるべき」と提言がなされた。この提言を受け国土交通省北海道開発局および北海道は「北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会」を設置し、将来の洪水リスクを検討した。また、平成30年度からは国土交通省本省において「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」が開かれ、気候変動を踏まえた治水計画に関する検討が開始されている。このように今後の治水対策を考える上で、将来の洪水リスクをいかに評価するかが重要かつ喫緊の課題となっている。

近年、膨大な気候シミュレーションによる大量アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)が作成され、過去の気候や温暖化進行後の気候における数千年分の気候データが利用可能となった。洪水リスクの評価にこのデータを用いる最大の利点は気候システムの自由度がもたらす極端現象の生起確率を物理モデルを用いたモンテカルロ手法として推定可能とする点にある。我が国をはじめとする先進国ではこれまで数十年間に渡る降雨観測を継続しており、それにより自然現象の理解の進展ならびに確率降雨等を基軸とした治水計画が作られてきた。一方、降雨をもたらす気候システムの自由度は膨大な大きさを有しており、数十年間で各地域が経験しうる降雨イベントが発生したとは言い難い。大量アンサンブルデータの使用は計画規模に相当する大雨の生起確率を物理的モンテカルロ手法によって評価可能とし、数十年間の観測に基づいて設定された確率雨量の振れ幅を推定可能とする。また、洪水被害は降雨の時空間的なパターンにも依存するが、大量アンサンブルデータ内には様々な降雨の時空間分布が含まれることから、流域平均降雨量だけでなく降雨の時空間分布を踏まえた洪水リスクの評価が可能となる。このように大量アンサンブルデータの利用は洪水リスクの評価に新たな視点を加えうるものである。

本研究ではd4PDF領域実験の過去実験（計3000年）、2℃上昇実験（計3240年）、4℃上昇実験（計5400年）における各年での年最大降雨イベントを対象とし、流域形状および地形形状をより忠実に反映した降雨量情報を作成するため、各年での水平解像度20 kmから得られた年最大降雨イベントを力学的ダウンスケーリング（DS）により水平解像度5 kmへと変換した。DSにはd4PDF領域実験の作成に使用されたモデルである気象研究所非静力学地域気候モデル（NHRCM）を用いた。また、大雨をもたらす気象場を自己組織化マップ（SOM）を用い分析した。

d4PDF過去実験（3000年分）のDS前後と実績の年最大流域平均降雨量を比較し、DSにより年最大降雨の頻度分布や1時間強雨の頻度が実績値に近づくことを確認した。また、既往最大の降雨量以上の大雨も大量アンサンブルデータには複数含まれており、DSにより低頻度の大雨の確率的な評価に適した情報が得られることを確認した。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

従来と温暖化進行後の気候条件下で年最大降雨量を比較すると、温暖条件下での年最大降雨量は増大し、特に計画規模に相当する99%ile値の降雨量の変化率は大きいことを確認した。このような降雨量の増加は洪水リスクの増大を招き、同程度の生起確率の降雨での被害想定の結果、温暖時における被害は浸水面積、想定死者数ともに増大することが予測された。また、気候変動により降雨量の増大だけでなく降雨の時空間特性も変化し、降雨は時空間的に集中化することが確認された。このような降雨の時空間特性の変化はピーク流量の増大や被害形態の変化を招くことが予想されることから、降雨量の増大とともに時空間分布の変化を踏まえた適応策の必要性が示唆される。

これらの成果は「北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会」および国土交通省本省において「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」での議論の中核をなし、本成果に基づいて今後の治水対策が議論されることとなった。これは従来の観測に基づく洪水外力の設定から観測とシミュレーションにより予測される将来の大雨に備える治水対策のパラダイムシフトとなるものである。

キーワード：気候変動、洪水リスク、d4PDF、適応策
Keywords: Climate change, Flood risk, d4PDF, adaptation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Intensification of sub-daily and daily rainfall extremes from densely distributed records for Japan

*渡辺 恵[1]、吉川 沙耶花[1]、鼎 信次郎[1]
*Megumi Watanabe[1], Sayaka Yoshikawa[1], Shinjiro Kanae[1]

1. 東京工業大学環境・社会理工学院
1. Tokyo Institute of Technology

Rainfall intensity is projected to increase in most regions under warmer climates, and the increase in heavy rainfall will be larger than that in the mean rainfall. The increase in rainfall intensity caused by global warming was often predicted by studies with climate models. There is an argument that climate models tend to underestimate the observed changes in heavy rainfall intensity. Meanwhile, it has been suggested that, to first order, the intensification of heavy rainfall in a warmer climate could follow the Clausius-Clapeyron (CC) relationship which states that warmer air has a higher water vapor holding capacity. According to the C-C relationship a rainfall intensities are estimated to increase by ~7% per degree warming. However, observed evidence that detects CC-related changes both in daily and sub-daily (e.g., hourly) rainfall extremes between two periods (namely the past and the present) is limited. A comprehensive result derived from observed data confirmed that the intensification rate of daily precipitation is close to the rate of CC in Europe, but their analysis was done for daily precipitation only and limited observation data over a large region was used. Another recently published analysis for Australia shows on average a CC-like response for daily extremes and a super-CC (double to triple CC) response for hourly extremes which is also suggested in temperature-rainfall scaling. Nevertheless, large regional variability in their results derived from sparsely distributed observations from the tropics to mid-latitude calls for an analysis of densely-distributed observations in a single climatic zone. In this study, we try to analyze whether the CC relationship, or super-CC, can be applied to the intensification of both daily and sub-daily rainfall extremes over Japan. We also try to show the sensitivity of the estimated intensification of rainfall extremes caused by setting of the past and present period, referenced stations. We used rainfall data at more than 700 stations with less than 1% missing data for the entire area of Japan. We divided whole observation period into the past and present period. We then defined extreme precipitation criteria in the previous period at each individual observation point and counted the number of the event of extreme precipitation. Finally, we calculated the intensification rate of rainfall extremes from the past to present period. In the results, we show that the intensification rate of sub-daily extremes is higher than that of daily extremes. However, the magnitude of intensification rate greatly differs depending on referenced period, the number of stations and rate of increase in temperature.

キーワード：Clausius-Clapeyron、観測、温暖化
Keywords: Clausius-Clapeyron, observations, warmer climate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模アンサンブル気候データの効率的な解析に向けたコンテンツベース検索システム
A Content-Based Database System for Large Ensemble Future Climate Simulations

*中川 友進[1]、川原 慎太郎[1]、荒木 文明[1]、松岡 大祐[1]、石川 洋一[1]、藤田 実季子[1]、杉本 志織[1]、岡田 靖子[1]、川添 祥[1]、渡辺 真吾[1]、石井 正好[2]、水田 亮[2]、村田 昭彦[2]、川瀬 宏明[2]
*Yujin Nakagawa[1], Shintaro Kawahara[1], Fumiaki Araki[1], Daisuke Matsuoka[1], Yoichi Ishikawa[1], Mikiko Fujita[1], Shiori Sugimoto[1], Yasuko Okada[1], Sho Kawazoe[1], Shingo Watanabe[1], Masayoshi Ishii[2], Ryo Mizuta[2], Akihiko Murata[2], Hiroaki Kawase[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 気象庁気象研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Meteorological Research Institute

気候変動の確率的な影響予測を創出するためには、多数のアンサンブル実験の解析が必要である。しかし、「気候変動適応技術社会実装プログラム」（Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology; SI-CAT）で作成している将来2℃昇温実験や、気候変動リスク情報創生プログラムの成果物である「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」（database for Policy Decision making for Future climate change; d4PDF）の総データ容量は、ユーザーが手元にダウンロードして解析するには大きいため（数ペタバイト）、必要なデータを絞り込んでダウンロードする機能が必要である。

SI-CATでは、大規模アンサンブル気候データから高速かつ効率的に必要なデータを見付けるための「SI-CAT気候実験データベースシステム」（System for Efficient content-based retrieval to Analyze Large volume climate data; SEAL）を開発している。SEALは、PostgreSQLを用いたリレーショナルデータベース、データ提供機能、Webユーザーインターフェースで構成される。SEALの核となるリレーショナルデータベースは、大規模アンサンブル気候データを時間と空間で圧縮した情報が登録される。時間圧縮は複数の時刻における物理量の平均・積算、空間圧縮は複数の格子点における物理量の平均である。SEALを使うことにより、ユーザーは必要とするデータがある時間と空間を絞り込むことができる。影響評価の研究者からのニーズが多い、降水量、気温、台風トラックデータを想定してリレーショナルデータベースを開発した。データ提供機能は、絞り込んだ結果に基づき、時間と空間でデータを切り出してダウンロードするための機能である。これらの機能を簡易に使用するために、Webユーザーインターフェースを作成した。また、SEALの機能を容易に利用できるようにするため、「利用の手引き」を作成した。現在、SI-CATチームへSEALと利用の手引きを公開し、試験運用を行っている。

SEALは、利用の手引きと共に2018年度末以降に「データ統合・解析システム」（Data Integration and Analysis System Program; DIAS）から公開する予定である。SEALで開発した技術は、シミュレーションや観測を問わず、他の分野の大規模データにおいても有用であると考えている。SEALの機能や活用事例を報告する。

キーワード：気候変動、リレーショナルデータベース
Keywords: Climate Change, Relational Database

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アンサンブル気候予測データベースd4PDFを活用した四国での気候変動影響評価

Climate change impact assessment in Shikoku with the ensemble climate prediction database d4PDF

*吉村 耕平[1]、那須 清吾[1]、Sanchez Patricia[2]
*kouhei yoshimura[1], Nasu Seigo[1], Patricia Sanchez[2]

1. 高知工科大学、2. フィリピン大学ロス バニョス校
1. Kochi University of Technology, 2. University of the Philippines Los Baños

気候変動適応策としての水防災を検討するには、気候変動予測モデルの活用が不可欠である。しかし、予測モデルは主に時空間解像度・バイアス・不確実性の3点で課題がある。各地域の災害リスクに応じた対策に踏み込んで検討するには、これらのGCMの問題点や特性を考慮しなければならない。

昨年の発表では、気候変動予測モデルのCMIP5に統計的ダウンスケーリングを適用したデータを活用して吉野川流域で影響評価を行ったが、複数の問題点が明らかになった。

一つは親GCMのグリッドサイズが流域スケールよりも大きな四国全域に対してすら大きく、吉野川の上下流・支流での降雨分布を再現出来ず、全域で強い雨を与えることになった点である。早明浦ダムの集水域に限定するなどの小規模で降雨分布が比較的均一な領域では確率流量は妥当な結果となったが、より下流で大きな集水域を持つ池田ダム地点などでは確率流量は過大となった。

もう一つは流出解析で必要となる時間雨量データがないという問題である。与えられた日雨量に対して河川計画手法に倣い過去の降雨の時間降雨波形を与えたが、必ず最大流量になる降雨波形を与えるため、先の問題と合わせて確率流量が過大になる可能性がある。

さらに、各GCMでも1パターンの数十年分のみのデータであり、特異な現象などの予測も困難であった。

このため、適切な影響評価のためには多数のアウトプットを含む力学的ダウンスケーリングの導入が必要になる。

今回はアンサンブル気候予測データベースd4PDFを活用し、吉野川流域での気候変動による影響評価を行った。d4DPFでは60kmと20kmの二種類のグリッドサイズがあるが、今回は20kmグリッドを利用した。まずは四国の吉野川流域部分のグリッドを抜きだし、非温暖化実験と地上観測データの日雨量での比較を行った。四国山地の早明浦ダム付近のグリッドと徳島・高知で比較を行ったが、四国山地では観測値はおおむね降雨の多いメンバーに近く、徳島では降雨の少ないメンバーに近かった。また高知では過去に発生した台風や特殊な要因で発生した豪雨を再現出来ていない。このため、吉野川流域程度の規模・降雨特性であればリスク評価にはバイアス補正なしで活用出来るが、より小規模な河川や局地的な降雨がある河川ではそのままでは活用出来ないことが明らかになった。

吉野川の下流部でほぼ既往最大に近い流量を記録したのは近年では2004年の台風16号である。しかし早明浦ダムへの流入量はより大きい出水が翌年の2005年の台風10号で発生している。2005年は、梅雨期以降少雨が続き渇水状態で早明浦ダムの水位が下がりきった状態となっており、そこに台風で大規模な出水が発生した。このため、洪水調節容量に加え空になっていた利水容量まで利用して洪水を受け止めた。もし、渇水でなければより大きな被害になっていたと考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

また早明浦ダムは、放水路を増設する改造工事の計画が進められている。これにより、ダムの水をより素早く放流することで洪水調節容量を増大させることが出来る。同時に運用ルールを見直して、より洪水への対応能力を増やすことを計画している。

流域内での治水・利水の要となる早明浦ダムを活用した気候変動適応策を検討するために、洪水流量のみならず、長期でのダムの貯水量の推移を予測することで運用ルールを最適化する必要がある。

大規模な洪水が発生した時点での、ダムの貯水量などを検証するため、ダムへの流入量と4～6月の月雨量との関係性を比較した。非温暖化実験に対して、それぞれのGCMでは大きく傾向が異なっており、少雨からの洪水発生が増えるGCMもあれば、洪水が発生する年は降水量が多い傾向があるGCMもあった。このため、ダムの運用ルールを固定的に変更させることは困難であり、気候変動による降雨特性の変化に応じた「順応型」アプローチが必要であると考えられる。

また、下流部の自治体へのヒアリングの結果、内水氾濫・外水氾濫の複合災害のリスクを懸念していることが明らかになった。台風などによる強雨で内水氾濫が発生し、市街地での避難ルートが途絶する可能性がある。その上で、上流部で台風が発生させた降雨時が数時間後に下流部に到達し、外水氾濫のリスクに晒される。このため、下流部での洪水流量と強雨発生から洪水到達までの時間差を分析した。現在再現に比べて、強雨から洪水流下までの時間はばらつきが強くなった。このため複合災害のシナリオの多様化が必要であることが明らかになった。

キーワード：気候変動適応策、d4DPF、河川管理
Keywords: climate change adaptation, d4DPF, river management

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気候変動に対する土砂災害適応策に向けた警戒区域のリスク定量化
Caution zone quantification risk to sediment disaster adaptation due to climate change

*川越 清樹[1]、齋藤 洋介[1]、鈴木 皓達[1]
*SEIKI KAWAGOE[1], YOSUKE SAITO[1], HIROMICHI SUZUKI[1]

1. 福島大学
1. Fukushima university

気候変動に伴う降水現象の極端化により，現在以上の豪雨災害の甚大化が予測される．将来への動向をふまえ，将来のリスクを推計して被災回避する取り組みを進めなければならない．また，現在から将来へ円滑に移行できる持続性の高い対策を講じることが必要である．

本研究では，気候モデルのアウトプットデータを利用して，土砂災害警戒区域のリスクを定量化したデータベースを開発した．近未来と将来の土砂災害警戒区域のリスク推移を示すことで，気候変動にむけて適応する選択肢を誘導する情報を整備した．リスク情報として，発生確率を明示した．発生確率は，齋藤ら(2017)により開発された実績を利用した高空間解像度斜面崩壊発生確率モデルより導出した．この情報を土砂災害警戒区域に重ね合わせすることでデータベースを開発した．なお，このモデルは，雨水浸透解析に応じた水文量を用いている．そのため，降水量の変動に応じて発生確率が変化する．将来のリスクを求めるため気候モデルの降水量アウトプットが利用されている．アウトプットとして，モデルから求められる降雨量だけでなく，気温感度に応じた降雨量ポテンシャル量も加えた．降雨量の条件として，想定極大降雨量と可能最大降雨量の２ケースを用いた．２ケースの条件を考慮することで，ソフト対策やハード対策の選択や具体的目標を設定できる検討を進めた．この検討の対象領域は長野県を対象としている．

結果として，気候変動に対する長野県の土砂災害警戒区域のリスクが定量化された．また，危険になる10,000ヶ所の適応策案を提示した．

キーワード：可能最大降雨量、災害、適応策
Keywords: Probable maximum precipitation, disaster, adaptation

©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-GG 地理学

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[H-GG02] 自然資源・環境の利用・変化・管理：社会科学と地球科学の接点

コンビーナ:大月 義徳(東北大学大学院理学研究科地学専攻環境地理学講座)、上田 元(一橋大学・大学院社会学研究科)、古市 剛久(北海道大学理学研究院)、佐々木 達(宮城教育大学)、座長:大月 義徳、上田 元

本セッションでは，様々な地域の様々な自然環境における臨地研究の成果とそれについての方法論的・概念的考察に根ざして，自然資源と自然環境の人間社会による利用の実態や歴史，そのことによる変化，変化へ対応した管理をめぐる諸問題について討論する。ヒューマン・エコロジー的，地球科学的な幅広い観点から，人間による自然資源と自然環境の利用における在来知，環境史・環境誌，利用・管理にともなう自然資源と自然環境の劣化，気候変動の影響，さらにはそれらに連動した社会経済的変化や生計安全保障の問題，政治生態，臨地研究とマクロな視点の間のスケール・ギャップの問題などについて，議論を深める。

15:30 ~ 15:45

[HGG02-01] 火山ガラスのWDS分析に基づく土器の生産地同定
～中米・エルサルバドル、チャルチュアパ周辺地域のウスルタン式土器の分析事例～

*北村 繁[1]、村野 正景[2] (1.弘前学院大学社会福祉学部、2.京都文化博物館)

15:45 ~ 16:00

[HGG02-02] Preliminary magnetic biomonitoring study of the spatial distribution of roadside pollution using *Cryptomeria japonica* tree bark

*澤田 渚[1]、川崎 一雄[1] (1.富山大学)

16:00 ~ 16:15

[HGG02-03] Preliminary environmental magnetic results from heavy metal contamination around the Erdenet Cu-Mo deposit, Mongolia.

*川崎 一雄[1]、砺波 竜樹[2]、ツェツェゲー ソロンゴ[3]、ガンフレル バーサンスレン[3]、福士 圭介[4] (1.富山大学大学院理工学研究部（都市デザイン学）、2.富山大学理学部地球科学科、3.金沢大学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター)

16:15 ~ 16:30

[HGG02-04] 自然資源・環境としての土砂と土砂移動

*古市 剛久[1]、若狭 幸[2]、水垣 滋[3]、布川 雅典[3] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.秋田大学大学院国際資源学研究科、3.土木研究所寒地土木研究所)

16:30 ~ 16:45

[HGG02-05] 牡蠣養殖業より発生する竹廃材の地域資源化の試み

*西城 潔[1] (1.宮城教育大学)

16:45 ~ 17:00

[HGG02-06] 宮城県大崎市における世界農業遺産の認定とその地域的影響

*佐々木 達[1] (1.宮城教育大学)

火山ガラスのWDS分析に基づく土器の生産地同定 ～中米・エルサルバドル、チャルチュアパ周辺地域のウスルタン式土器の分析事例～

Source identification of pottery based on chemical analysis of volcanic glass contained in ceramic paste - Example for Usultan pottery in Chalchuapa, El Salvador, Central America -

*北村 繁[1]、村野 正景[2]
*Shigeru Kitamura[1], Masakage Murano[2]

1. 弘前学院大学社会福祉学部、2. 京都文化博物館
1. Faculty of Social Welfare, Hirosaki Gakuin University, 2. The Museum of Kyoto

火山地域では、土器材料のひとつとして火山灰を用いることが少なくない。このため、土器胎土に含まれる火山ガラスの化学組成をＸ線マイクロアナライザーで分析し、土器製作に用いられた火山灰層を明らかにすることで、土器の生産地や当時の流通など、考古学的に極めて重要な知見を得られる可能性が高い。そうした研究手法の開拓は、日本でも端緒についたばかりで、海外ではほとんど行われていないものの、メソアメリカ、特にエルサルバドルにおいては、後期更新世頃以降のテフラの火山ガラスの化学組成が既に波長分散型Ｘ線マイクロアナライザー（WDS）により分析されており、こうした研究の実現にじゅうぶんな基礎データが得られている。

本発表では、メソアメリカに広く出土する「ウスルタン式土器」（B.C.400頃～A.D.600頃）の産地同定を行う研究の手始めとして、中米・エルサルバドル共和国西部・チャルチュアパで出土したウスルタン式土器の破片２試料の胎土に含まれる火山ガラスの化学組成を、弘前大学理工学部のWDS（JEOL JXA-8800RL）で分析した。その結果、土器胎土中に含まれる火山ガラスの化学組成は、コアテペケカルデラを起源としてチャルチュアパ周辺に分布するアルセー・テフラ（Arce tephra；72ka）、特にその中位部層と一致が良く、また、他のテフラの火山ガラスは見出されなかった。こうしたことからみて、今回分析したウスルタン式土器は、チャルチュアパを含むアルセー・テフラの分布域で生産されたと考えられる。また、チャルチュアパ周辺では、Arceテフラの中位部層は、その上下の部層に比べて細粒であることから、特定の粒度のテフラ粒子を選択的に採取して土器製作に利用した可能性がある

キーワード：波長分散型X線マイクロアナライザー、胎土分析、アルセー・テフラ
Keywords: a wave-length-dispersive electron microprobe analyzer , analysis of ceramic paste, Arce tephra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preliminary magnetic biomonitoring study of the spatial distribution of roadside pollution using *Cryptomeria japonica* tree bark

*澤田 渚[1]、川崎 一雄[1]
*Nagisa Sawada[1], Kazuo Kawasaki[1]

1. 富山大学
1. University of toyama

Magnetic biomonitoring methods have been shown to be effective for monitoring roadside pollution. Most such studies have focused on tree leaves and only a few systematic magnetic investigations have reported on tree barks. However, tree barks could be an effective candidate for biomonitoring because tree barks can be sampled at any height above the ground. Our aim is test the efficiency of using the magnetic properties of *Crypotomeria japonica*, Japanese cedar tree, bark for monitoring roadside pollution and estimating the tree-dimensional distribution of roadside pollution. One bark sample was collected from the road-facing side of the tree and second from the forest-facing side. The samples were collected at heights of 0.5, 1.0, and 1.5 m from the ground at 18 sites along a local road in Suzu-city, Ishikawa, resulting in 108 samples in total. Stepwise isothermal remanent magnetization(IRM) acquisition and subsequent alternative field demagnetization tests indicate that the main magnetic minerals attached to the bark are pseudosingle-domain(PSD) magnetite and maghemite. The maximum saturation IRM intensities occur near the roadside and the intensities decrease rapidly by ~2 m from the roadside. Also, the higher the height above the ground, the lower is the observed SIRM intensity. Therefore, likely the magnetic minerals in tree barks are derived from passing vehicles. The results show that environmental magnetic measurements on tree barks are an effective method for estimating roadside pollution in three-dimensional space.

キーワード：磁気的モニタリング、沿道汚染、樹皮、石川県
Keywords: magnetic biomonitoring, roadside pollution, tree bark, Ishikawa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preliminary environmental magnetic results from heavy metal contamination around the Erdenet Cu-Mo deposit, Mongolia.

*川崎 一雄[1]、砺波 竜樹[2]、ツェツェゲー ソロンゴ[3]、ガンフレル バーサンスレン[3]、福士 圭介[4]
*Kazuo Kawasaki[1], Ryuki Tonami[2], Solongo Tsetsgee[3], Baasansuren Gankhurel[3], Keisuke Fukushi[4]

1. 富山大学大学院理工学研究部（都市デザイン学）、2. 富山大学理学部地球科学科、3. 金沢大学、4. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama, 2. Department of Earth Sciences, University of Toyama, 3. Kanazawa University, 4. Institute of nature & Environmental Technology, Kanazawa University

The Erdenet Cu-Mo porphyry deposit in Mongolia is one of the largest mines in the world and it has been operating since 1978. The ore processing waste is pumped into a tailings pond that contains ~400 million tons of tailings and 15 million m^3 of supernatant water. Environmental magnetic results are reported here for surrounding topsoils, stream sediments and sediments from the pond. The rock magnetic analyses indicate that the main magnetic minerals are pseudosingle domain magnetite and/or partially oxidized magnetite with minor pyrrhotite. This magnetic mineralogy is consistent through all samples, indicating that the observed fluctuations of magnetic susceptibility and saturation isothermal remanent magnetization (SIRM) intensity record the abundance of magnetic minerals in the samples. Based on geochemical analyses of the topsoils and stream sediments, positive correlations are found between susceptibility and SIRM intensity with heavy metal concentrations such as Cr and Zn. Further, SIRM intensity showed a more positive correlation with heavy metal concentration than susceptibility, implying that some of magnetite may be substituted by metal ions. These results indicate that environmental magnetic monitoring, especially the SIRM intensity, can be a rapid and cost-effective method for studying the spatial distribution of heavy metals in the Erdenet area.

キーワード：環境磁気、重金属汚染、エルデネット銅・モリブデン鉱床、モンゴル
Keywords: Environmental magnetism, Heavy metal contamination, Erdenet Cu-Mo deposit, Mongolia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然資源・環境としての土砂と土砂移動
Sediment and its movement as natural resources and environment

*古市 剛久[1]、若狭 幸[2]、水垣 滋[3]、布川 雅典[3]
*Takahisa Furuichi[1], Sachi Wakasa[2], Shigeru Mizugaki[3], Masanori Nunokawa[3]

1. 北海道大学大学院農学研究院、2. 秋田大学大学院国際資源学研究科、3. 土木研究所寒地土木研究所
1. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, 2. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, 3. Civil Engineering Research Institute for Cold Region

１．はじめに

森林や水などに比べて，土砂が自然資源であり環境を作り出している重要な要素であることは一般的にあまり認識されていない．本発表では，土砂の自然資源および環境としての価値と問題について整理してフィールドでの具体例として紹介し，分析上有用なアプローチの一つをレビューする．その上で今後の研究へ向けた展望を議論する．

２．土砂とは

「土砂（sediment）」とは粘土から巨礫まで様々な粒径の粒子の，基本的に非固結状態での集合を表す用語であり，その粒子には岩石砕屑物，火山噴出物，風化残留物，生物遺骸などが含まれる．吸着や析出などによって粒子の表面が他の起源の物質で覆われている場合もある．「debris」も「土砂」と訳されるが，大小の礫が混入している場合に使うことが多い．「堆積物（sediment）」の用語は運搬プロセスに馴染まない語感があり，そのため「堆積物」には「deposit」の訳語が当てられることもある．ここでは，粒径組成によらず，運搬プロセスにも違和感無く使える用語として「土砂（sediment）」を用いる．

３．自然資源および環境としての土砂の価値と問題

土砂は，建築物や土木構造物の材料として，また有機物を含んだ土砂は肥料として利用され，堆積した土砂は国土や農地としての地形（平地，河岸・河床，海岸・海浜）を作り，その地形が動植物の生息地（生息環境）を形成するなど，人間活動や生態系に対して便益を与えている．その一方，土砂が様々な問題を生じさせている場合もある．1) 日本を含め世界各地で発生している土砂災害は最も重大な問題の一つであり，その他にも，2) ミャンマーの湖での急激な埋積に伴う水質変化や水上交通障害，3) オーストラリア・グレートバリアーリーフ沿海での浮遊土砂（水質）問題，4) セルビアの鉱山での選鉱くず（土砂）流出に伴う重金属汚染，5) 日本を含めた世界各地での土砂不足による河床低下や海岸侵食，6) そうした地形の変化や粒径の変化による動植物の生息場環境の劣化など，様々な事例が報告されている．このように，土砂が引き起こしている問題の多くは人間活動を原因としており，また極端な大雨（気候変動にも関連）や地震が原因となる場合もある．

４．分析の枠組みとしての「土砂収支」

土砂が引き起こす問題の多くは，急激な侵食（流出）や堆積（流入）によって引き起こされる場合が多い．その侵食（source）と堆積（sink），および対象地域外部への流出（output）の3者をリンクさせ，包括的かつ量的に土砂移動の実態を示す分析上の枠組みが提案され活用されているが，それが「土砂収支（sediment budgets）」と呼ばれるものである．一種のフローチャートである土砂収支は，問題が発生しているサイトでの土砂移動の実態を平易に説明する手段でもあるため，問題への対応へ向けた基本情報としても大いに活用できる．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

５．展望

土砂は自然資源であり環境の一部だという認識を，研究界を含めて，より広めていく必要があるように思われる．そして，土砂移動の変化が引き起こす多様な影響を，便益と問題の両面から多面的に科学の立場で分析していくことが求められている．その分析には地球科学，生態科学，社会科学といった多分野の協力が一層必要になるだろう．

キーワード：土地、農業、生息地、選鉱くず、土砂災害、土砂収支
Keywords: Land, Agriculture, Habitat, Mine tailing, Sediment disaster, Sediment budgets

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

牡蠣養殖業より発生する竹廃材の地域資源化の試み
Reutilization of waste bamboo from oyster farming

*西城 潔[1]
*KIYOSHI SAIJO[1]

1. 宮城教育大学
1. Miyagi University of Education

宮城県松島湾の牡蠣養殖業では、竹（モウソウチク）で組んだ養殖棚や養殖筏が用いられている。海水に浸かった竹は約３年で劣化し、新しい竹に交換されるが、その際に大量の竹廃材が発生する。こうした竹廃材は、松島湾全体で年間4-5万本発生していると推定される。本発表では、こうした竹廃材の炭化による地域資源化の可能性について検討した結果を報告する。

キーワード：牡蠣養殖、廃材、地域資源、環境改善
Keywords: oyster farming, waste bamboo, local resource, environmental improvement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宮城県大崎市における世界農業遺産の認定とその地域的影響
Regional Impacts of Globally Important Agricultural Heritage Systems in Osaki City, Miyagi Prefecture

*佐々木 達[1]
*Toru Sasaki[1]

1. 宮城教育大学
1. Miyagi University of Education

世界農業遺産とは，世界的に重要かつ伝統的な農林水産業を含む地域を国際連合食糧農業機関（FAO）が認定する制度であり，世界で21ヶ国54地域，日本では11地域が認定されている(農林水産省)。

本研究で対象とする宮城県大崎市は，平成29年に大崎地域1市4町(大崎市、色麻町、加美町、涌谷町、美里町)が東北初となる世界農業遺産(持続可能な水田農業を支える『大崎耕土』の伝統的水管理システム)に認定された。この認定により伝統的な水管理システムや農業が育む文化，生物多様性，美しい農村の景観などの重要性を再認識し，次世代へ継承されることが期待されている。大崎地域は水資源が豊富であることから古くから稲作農業が盛んであり，東部の平場水田地帯から西部の山間地帯まで自然条件を活用した良質米産地としての地位を築いてきた。しかし，稲作の経営条件は1990年代後半以降の急速な米価下落と農業従事者の高齢化によって大きく変化しつつある。世界農業遺産の認定は，持続可能な水田農業が評価されたにもかかわらず，その農業を持続的なものにしていく仕組みは存在しているのか。本報告では，世界農業遺産が地域の農業とくに自然資源の利用と管理にどのような影響をもたらす可能性があるのかを議論したい。

キーワード：世界農業遺産、水田農業、大崎市、持続可能性
Keywords: Globally Important Agricultural Heritage Systems, Paddy Field Agriculture, Osaki City, Sustainability

©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-QR 第四紀学

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[H-QR05] 第四紀：ヒトと環境系の時系列ダイナミクス

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)、池原 研(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、兵頭 政幸(神戸大学　内海域環境教育研究センター)、座長:池原 研(産総研)、青木 かおり

人類誕生以来、ヒトは環境に適応しながら進化すると共に、固有の文化により特異な発展を成し遂げてきた。本セッションでは、過去の人類に影響を与えてきた気候、地形、地層，海洋、生物相の変化の解明とそれらの相互関係を総合的に論じることを通じて、今日われわれが直面するヒトー環境系の問題を様々な観点から提起する。第四紀におけるヒト-環境系の変化とその時間軸決定に関わる幅広い研究分野からの参加を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[HQR05-01] 地震による海底の擾乱とイベント堆積物の形成：海底堆積物を用いた地震履歴の解明に適した場所はどこか？

★招待講演

*池原 研[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

11:00 ~ 11:15

[HQR05-02] 珪藻遺骸群集を指標とした巨大津波襲来時における気仙沼湾における急激な環境変動とその後の環境復旧過程の復元

*鹿島 薫[1]、塩見 良三、福本 侑[3]、原口 強[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.大阪市立大学大学院理学研究科、3.立命館大学)

11:15 ~ 11:30

[HQR05-03] **Niger Delta dynamic phase in the Gulf of Guinea during the last 20 ka: Panacea for the sustainable development of the region**

*Onema Christopher Adojoh[1]、Marret-Davies Fabienne[2]、Tetsuji Muto[3] (1.Missouri Univetrsity of Science and Technology, Rolla, USA, Dept of Geoscience, Geological and Petroleum Engineering, 1400 North Bishop, Post Code 65401、2.School of Environmental Sciences, University of Liverpool, L69 7ZT, UK、3.Nagasaki University, Japan, Dept of Environmental Science and Fisheries, 1-14 Bunkyomachi, Nagasaki, 8528521)

11:30 ~ 11:45

[HQR05-04] 関東平野東縁にMIS 5a-c海成段丘は存在するか？

★招待講演

*田村 亨[1,2]、岡崎 浩子[3]、中里 裕臣[4]、納谷 友規[1]、中島 礼[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.東京大学新領域創成科学研究科、3.千葉県立中央博物館、4.農研機構)

11:45 ~ 12:00

[HQR05-05] 房総沖掘削コアC9010Eに介在するテフラ層序ー速報としてー

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、村田 昌則[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京火山災害研究センター)

12:00 ~ 12:15

[HQR05-06] 久慈川上流部棚倉付近における第四紀後期の河成段丘と河川争奪について

*加藤 佑一[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京大学院都市環境科学研究科)

地震による海底の擾乱とイベント堆積物の形成：海底堆積物を用いた地震履歴の解明に適した場所はどこか？
Disturbance of sea floor by large earthquake and formation of earthquake-induced event deposit: Where is a suitable location for deep-sea turbidite paleoseismology

*池原 研[1]
*Ken Ikehara[1]

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

海底堆積物中のイベント堆積物，特に細粒タービダイトを用いた地震履歴の解読が世界中の様々な場所で試みられてきている．地震履歴の解読のために適した場所は，地震のたびごとに海底堆積物の再移動現象が発生し，再移動してきた粒子が毎回堆積する場所になる．また，例えば南海トラフ域のように百年規模の間隔で再移動現象を起こしうる巨大地震が発生するような場所では，繰り返し堆積するイベント堆積物の間にこれらを識別するに十分な通常時の堆積物が堆積する必要がある．地震時に海底斜面の崩壊（海底地すべり）が発生し，その末端相としてタービダイトが形成されることがあることが報告されており，また巨大地震の際に発生する海底ケーブルの破断事故も海底地すべりあるいはこれに派生した混濁流の流下の結果と考えられてきた．海溝陸側斜面には多数の海底地すべり様の地形が認められるが，発生する地震に対してその数は多いとは言えない．また，掘削コアや音響地質断面から推定される海底地すべりの発生間隔は地震の間隔に比べて有意に大きい．一方，いくつかの場所における細粒タービダイトの堆積間隔はその場所の地震の発生間隔あるいは津波堆積物の堆積間隔と調和的であることも知られている．このことは海底堆積物中に確認できる細粒タービダイトを堆積させる機構が海底地形規模の海底地すべりの発生とは別のものである可能性を示唆する．最近，表層堆積物の再移動が細粒タービダイトを形成する，という考えが出され，これを支持する測定・観測結果が提出されてきた．これに基づけば，巨大地震間に斜面域に細粒タービダイトを形成するに十分な堆積物が堆積し，それが地震のたびごとに再移動して堆積する場所が履歴研究に適した場所として選定できる．地震時の斜面堆積物の応答と再移動する堆積物の量と細粒タービダイトが堆積する場が重要であり，堆積速度の速い海盆が重要な研究ターゲットになる．

キーワード：タービダイト、地震履歴、表層堆積物再堆積
Keywords: turbidite, paleoseismology, surface sediment remobilization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

珪藻遺骸群集を指標とした巨大津波襲来時における気仙沼湾における急激な環境変動とその後の環境復旧過程の復元

The Diatom Assemblages as the Indicators for Huge Tsunami Sedimentations and Recover Processes of Environment at Kesennuma Bay, Tohoku, Japan

*鹿島 薫[1]、塩見 良三、福本 侑[3]、原口 強[2]
*Kaoru Kashima[1], Ryozo Shiomi, Yu Fukumoto[3], Tsuyoshi Haraguchi[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 大阪市立大学大学院理学研究科、3. 立命館大学
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, 2. Department of Geosicneces, Graduate School of Science, Osaka City University, 3. Ritsumeikan University

研究の目的

宮城県気仙沼湾は、東北地方太平洋沿岸に面している。その入り組んだ地形から、特異な潮流が生じており、これが湾内に浸食場および堆積場を規定している。気仙沼湾は、繰り返し津波災害を受けているが、1960年チリ津波、および2011年東北沖地震津波において、多くの死傷者を含む甚大な被害をこうむった。両津波においてその前後の海底地形を比較すると、津波に伴う潮流によって、最大で２ｍを越す、海底の洗掘と、津波土砂の堆積が確認された。そこで、この二つの津波に伴う海底下の津波堆積物を採取し、ＣＴなどによる堆積構造の観察に加えて、堆積物中の珪藻遺骸を用いて、津波に伴う堆積過程の詳細な復元を試みた。これによって、周期的に繰り返される津波の押し波と引き波について、その流動過程の詳細な復元が可能となる。

珪藻は、珪酸質の殻をもつ単細胞の藻類であるが、その殻は堆積物中で保存されやすい。珪藻は環境指標として用いられることが多いが、泥～シルトサイズの物質の流動と堆積過程の復元の指標としても用いることが、本研究の特徴である。

研究で用いた試料

研究に用いた試料は、以下の通りである。
(1)湾内において2010年、2012年および2014年に採取された海底表層堆積物（27地点）
(2)1960年チリ津波に伴う津波堆積場におけるボーリング掘削試料（2009年掘削3地点）
(3)2011年東北沖津波に伴う津波堆積場におけるボーリング掘削試料（2013年掘削3地点）
このうち、海底表層堆積物は、2011年東北沖地震津波の前後における湾内の海況の変動を復元するだけではなく、湾内海底のボーリングコア試料中の堆積環境の復元のための基礎データとして用いた。

研究結果

(1)気仙沼湾では、湾内海底表層に分布する珪藻遺骸は、内湾域に生息して種のほかに、河川などによって陸域から流入してきたもの（淡水種）、外洋から潮流によって湾内に流入してきたもの（外洋種）、さらに赤潮などの湾内の海況汚染によって生じたもの（赤潮指標種）などが混在している。2011年東北沖津波により湾内には大量の陸源土砂が流入し、それに伴い淡水生の珪藻遺骸の割合が増加したこと、2012年と2014年では赤潮指標種が増加しており、2011年東北沖津波による湾内の海況汚染は3年を経ても解消されていなかったことがわかった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(2)1960年チリ津波堆積物から、淡水生の珪藻遺骸と海水生の珪藻遺骸の割合が周期的に変動する過程が明らかとなった。1960年チリ津波においては、長周期（約1時間40分）の周期的な津波波の襲来が記録されており、それに伴う、津波の押し波（海域から湾内へ）と引き波（陸上から湾内へ）の堆積が見られている。
(3)2011年東北沖地震津波では、津波砂を伴う押し波堆積物の上位に、引き波に伴う淡水生珪藻遺骸を多く含む堆積物と、再度の押し波に伴う海水生珪藻遺骸を多く含む堆積物が周期的に堆積している。ここでは、津波初期からその後の津波波の挙動と、それに伴う湾内の堆積作用の変動が、詳細に復元することができた。

キーワード：珪藻遺骸、1960チリ地震津波、2011年東北地方太平洋沖地震津波、気仙沼湾、海底地形
Keywords: Diatom Assemblages, 1960 Valdivia Earthquake, 2011 Earthquake off the Pacific Coast of Tohoku, Kesenunuma Bay, Submarine Topography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Niger Delta dynamic phase in the Gulf of Guinea during the last 20 ka: Panacea for the sustainable development of the region

*Onema Christopher Adojoh[1], Marret-Davies Fabienne[2], Tetsuji Muto[3]

1. Missouri Univetrsity of Science and Technology, Rolla, USA, Dept of Geoscience, Geological and Petroleum Engineering, 1400 North Bishop, Post Code 65401, 2. School of Environmental Sciences, University of Liverpool, L69 7ZT, UK, 3. Nagasaki University, Japan, Dept of Environmental Science and Fisheries, 1-14 Bunkyomachi, Nagasaki, 8528521

The Niger Delta is ideally located in a region of great sensitivity to climate change and sea level fluctuations and offers the possibility to provide insights on Late Quaternary environmental change in Equatorial West Africa. In comparison with other major tropical deltas, this deltaic system’ s response to past climate change and sea level fluctuations during the last 20 ka is poorly understood due limited studies in the basin. This presentation documents the detailed analyses of a multi-proxy dataset collected from three gravity cores obtained from the shallow margin of the Niger Delta to fill this scientific knowledge gap. The dataset included sedimentology, grain size, geochemistry, calcareous nannoplankton, foraminifera, and palynomorphs. The study hypothesised that the dynamics of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and sea level fluctuation played a major role in shaping the landscape in the Niger Basin and adjacent coastal regions.

The palynological sequences defined in the three gravity cores show very similar fluctuations; afromontane forest (Podocarpaceae), freshwater swamp (Cyperaceae), savannah (Poaceae) and lowland rainforest (Polypodiaceae) dominated the late glacial and deglaciation periods, followed by the development of mangrove vegetation (Rhizophoraceae) during the interglacial in Early to mid-Holocene. These records suggest dry conditions and lower sea level during the late glacial and deglaciation periods, and warm conditions leading to the rise of the sea level during the interglacial.

The two stages of evolution at different periods has resulted in an improved understanding of the paleoenvironmental dynamics for the sustainable development of the region.

Keywords: Niger Delta, Deltaic Environment, Late Quaternary, Sustainable Development

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

関東平野東縁にMIS 5a-c海成段丘は存在するか？
K-feldspar post-IR IRSL ages suggest the presence of MIS 5a–c marine terraces in the eastern margin of the Kanto Plain, central Japan

*田村 亨[1,2]、岡崎 浩子[3]、中里 裕臣[4]、納谷 友規[1]、中島 礼[1]
*Toru Tamura[1,2], Hiroko Okazaki[3], Hiroomi Nakazato[4], Tomonori Naya[1], Rei Nakashima[1]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 東京大学新領域創成科学研究科、3. 千葉県立中央博物館、4. 農研機構
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, 3. Natural History Museum and Institute, Chiba, 4. National Agriculture and Food Research Organization

プレート境界の三重会合点にほど近い関東平野には，日本列島最大の第四紀堆積盆が分布するが，その地殻変動像は古くて新しい問題である．最終間氷期（MIS 5e）に対比される海成段丘面が平野全体に広く発達し，その高度分布は全体的な隆起と部分的な隆起・沈降を示す．ただし，より長期では沈降していた堆積盆がいつからどのように隆起を始めたのかは明らかではない．相対的な沈降域とされる平野中央部では，MIS 5e以降の沈降速度の減少や沈降中心の移動が示唆される．また，隆起速度の大きい平野東端の飯岡台地では，MIS 5eに対比されてきた海成段丘の一部をMIS 5a～5cに対比する証拠が得られている．MIS 5a～5cの海面はMIS 5eよりも数十メートル低い．こうした見直しは，MIS 5e以降の単調な隆起という従来の構造運動像にも一考の余地があることを示している．

ここでは，関東平野東縁においてMIS 5eに対比されてきた鹿島台地の海成段丘の対比をボーリングコアと露頭のカリ長石post-IR IRSL（pIRIR）年代から論じる．鹿嶋台地の海成段丘構成層は，MIS7および9のpIRIR年代を示す標高約+20 m以下の海成～汽水成堆積物が，上位の浅海堆積物に覆われる．この浅海堆積物は，陸側部では細粒～中粒砂が主体で数メートルの風成堆積物に覆われるのに対し，海側部では砂礫が主体で風成層の厚い堆積は見られない．浅海堆積物のpIRIR年代は，陸側で137±14～155±12 ka，海側では86±9～105±8 kaである．この地域の浅海堆積物のpIRIR年代には数千年から1万年程度の過大評価が伴う．このため，鹿島台地は陸側部がMIS 5e，海側部がMIS 5aまたは5cに，それぞれ対比される複合的な海成段丘となる．飯岡台地とともに，そうした構造が関東平野東縁全体に拡がっていると考えられる．今回得られたpIRIR年代を補強する火山灰対比を行うことができれば，新たな構造運動像を描くことができるであろう．

キーワード：OSL年代、第四紀、関東平野
Keywords: OSL dating, Quaternary, Kanto Plain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総沖掘削コアC9010Eに介在するテフラ層序ー速報としてー
Tephrostratigraphy of drilled core C9010E off the Boso Peninsula: as a preliminary report

*青木 かおり[1]、小林 淳[1]、村田 昌則[1]、鈴木 毅彦[1]
*Kaori Aoki[1], Makoto Kobayashi[1], Masanori Murata[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京火山災害研究センター
1. Research Center for Volcanic Hazards and Their Mitigation, Tokyo Metropolitan University

現在、我々は伊豆諸島北部の火山活動史や島嶼部の高精度テフラ編年確立をめざし、各島のテフラの理化学的特性のデータベース化を進めつつある（青木ほか、2019）。また、房総半島沖で掘削されたコアC9010E中に介在する伊豆諸島の火山起源と考えられるテフラ層序研究に取り組んでいる。本発表では、本コアの上位30m中に介在する過去約2万年間分のテフラの岩石学的特徴、化学的特性および層序について報告する。

深海掘削コアC9010Eは、地球深部探査船「ちきゅう」のCK09-03次航海で、房総半島南方40 km沖の34˚33.46'N、139˚53.38'E、水深2027.25 mで掘削され、コア長は190.38 m、船上での岩相記載で161層のテフラ層が介在していることが報告されている（Tsuchiya et al., 2009）。この情報をもとに、高知コア研究所に保管されていたコアから314のテフラ分析用試料を採取した。これらの試料はすべて水洗・風乾後に250㎛、125㎛、63㎛サイズで篩った。実体微鏡下で観察後、岩石学的特徴を記載し、63-125㎛サイズの試料について高知大学海洋コア総合研究所所有のEPMAを用いて火山ガラスの主元素組成分析を進めている。

最初に、広域テフラに対比される可能性が高い細粒でガラス質なテフラ試料を分析した結果、深度149.08 mbsfにAso-4（MIS 5b、87.1 ka；Aoki, 2008）、158.244 mbsfにOn-Pm1（MIS 5c、95.7 ka; 青木ほか、2008）でその下位25 cmにAso-ABCDに対比される可能性が高いテフラ層を発見した。

次にコアの最上位から深度30 mまでの28試料（試料番号No.1˜28）の分析結果について要約する。10試料はスコリア層もしくはスコリアを多く含む。残りの20試料は珪長質ガラスに富み、斜長石や石英（高温石英を含む）の他には、重鉱物として斜方輝石、角閃石類、たまに黒雲母などが観察される。これらの珪長質テフラは総じてSiO_2の含有量が77.9-78.8 wt%と多い。また、No.18 (16.722-16.772 mbsf）を除いて、FeO*（0.59-0.74 wt%）とCaO（0.34-0.70 wt%）の含有量は著しく少ない一方で、Na_2O（4.12-4.25 wt%）とK_2O（3.45-4.15 wt%）の含有量は比較的多く、第四紀後期に新島と神津島が供給したテフラの特性によく似る。さらに、それぞれのテフラ層について、火山ガラスの主元素組成の特徴から、以下のように対比されると考えられる。最上位のNo.1 (1.15-1.17 mbsf)は新島向山テフラ（AD886）、No.2 (1.63-1.66 mbsf)は神津島天上山テフラ（AD838）に対比される可能性が高い。また、No.8 (9.367-9.48 mbsf)、No.12とNo.13（14.322-14.652 mbsf）、No.14、No.15、No.16（14.652-15.542 mbsf）のテフラはそれぞれ新島本島で確認される宮塚山南部、式根島、宮塚山イベントに相当すると考えられる（小林ほか、2019a）。No.19、No.20（19.895-19.005 mbsf）とNo.21（19.305-19.345 mbsf）、さらにNo.28（29.49-30.66 mbsf）のテフラの特徴は赤崎峰イベントのテフラと似る。No.19とNo.28の層位は上下で11m離れ、間に介在している軟泥と複数のスコリア層から相応の時間間隙があると考えられるが、小林ほか（2019a）では赤崎峰イベントは15-20 kaにわたって複数回の噴火が起きたと想定しているため、本コアで検討したテフラ層の対比とつじつまが合う。

No.18（16.722-16.772 mbsf）は淘汰の良い細粒なガラス質火山灰が主体で最大で7㎜大の灰色～ベージュ色の細かく発泡した軽石を伴う。63-250㎛サイズの試料にはスコリア粒や岩片などは含まれず、ほぼ火山ガラスからなり、軽鉱物と少量の斜方輝石が含まれる。SiO_2の含有量は78.8 wt%と多く、FeO*（1.24 wt%）、CaO（1.25 wt%）、Na_2O（4.76 wt%）、K_2O（1.22 wt%）といった主元素組成の特徴は、新島・神津島起源テフラとは大きく異なる。本テフラは海底火山である大室ダシから13.4 kaに供給された流紋岩質テフラ（葉室ほか、1983；斎藤・宮入、2008；谷ほか、2017）に対比されると考えられる。

以上から、本コアは第四紀後期の伊豆諸島北部における火山活動史を詳細に記録していると考えられ、今後

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

はコア下位のテフラ層序解明を進める予定である。

キーワード：掘削コアCK09-03、C9010E、第四紀後期、新島、神津島、大室ダシ
Keywords: CK09-03, C9010E, late Quaternary, Niijima, Kozushima, Oomurodashi

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

久慈川上流部棚倉付近における第四紀後期の河成段丘と河川争奪について
Late Quaternary fluvial terraces and piracies in the Tanagura area, along the upper reaches of Kuji River, NE Japan

*加藤 佑一[1]、鈴木 毅彦[1]
*Yuichi Kato[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京大学院都市環境科学研究科
1. Graduate school of Urvan Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

日本列島のような湿潤変動帯においては氷期･間氷期の繰り返しによる降水量・流量変化や海面変動により，河川縦断形が変化する．また長期的な隆起を反映して河川沿いには河成段丘が発達する．このような過程において河川争奪が生じ，流域自体が変化する場合もある．例えば関東北部から東北南部にかけて広がる久慈川・阿武隈川流域では，お互いの上流部である福島県棚倉付近において接しており，この地域において，久慈川水系による阿武隈川水系の争奪を示唆する地形が存在する．このような指摘はこれまでも小池（1972）などでされてきたが，争奪の年代について詳しく明らかにされてはいなかった．この河川争奪部およびその周辺には河成段丘が広がっており，段丘編年の確立により，争奪の年代を知ることができると考えらえる．そこで，本研究では棚倉付近の河成段丘を編年し，河川争奪の年代を求め，争奪現象の発生を第四紀の環境変動との関連を検討することを目的とする．

本研究で取り上げる久慈川水系による阿武隈川水系の河川争奪地形は主に3つあり，その争奪の時期は，いずれも中村(1982)により2時期に分けられた．本研究では，先の時期のものを古上台川，後の時期のものを古向原川，古下羽原川と名付けた．

対象地域の河成段丘は，阿武隈川水系に形成時の侵食基準面を持つ，社川高位面(YH)，同中位１面(YM1)，同中位２面(YM2)，久慈川水系側に形成時の侵食基準面を持つ，久慈川高位０面(KH0)，同高位１面(KH1)，同高位２面(KH2)，同中位0面(KM0)，同中位1面(KM1)，同中位2面(KM2)，同低位0面(KL0)，同低位1面(KL1)，同低位2面(KL2)に区分した．このうちYH面は古上台川によって，YM２面は古向原川，古下羽原川によってそれぞれ形成され，その後久慈川水系によって争奪された地形である．

KM1面は構成層層厚2 m，被覆層層厚3 m程度の段丘で姶良Tnテフラ(AT: 30 ka)に覆われている．被覆層はAT直下よりフラッドロームとなる．したがって離水年代は30 kaより少し前である．

KM2面は構成層層厚が4 m前後で顕著なロームによる被覆は認められない段丘である．本面は山地の谷筋出口付近に多く，構成層は礫径も大きく不淘汰なので，氷期に形成されその後侵食されて形成された段丘であると考えられる．AT降下後の氷期の段丘となると，その離水年代は20～15 kaであると考えられる．

KL1面は，被覆層は載らず，構成層は亜円礫で層厚が1～2 mである．段丘面上に縄文晩期の遺跡を載せ，KM面群より低い段丘であるからその離水は15 ka以降で，２ka以前と考えられる．

YH面は被覆層層厚約8 m，構成層層厚約4 mの段丘であり，被覆層と構成層境界の1～2 m上に那須白河テフラ6～12(Ns-Sr 6~12: 150～200 ka)のいずれかの2枚が観察された．従って離水年代は150～200 kaかそれより少し前である．

YM2面は構成層層厚が2～3 mであり，被覆層は多くとも1 m以下である段丘である．KM2面と地形・地質的特徴が似ており，それと対比できる．よって形成年代はKM２面と同じ20~15 kaであり，形成中ないし形成後に久慈川水系により争奪され段丘化したと考えられる．

以上より河川争奪の年代を考察する．まず，古上台川について，その年代の上限は，YH面の離水年代でありMIS6末期である．ところで中村(1982)でも指摘されている通り，もし古上台川が間氷期も阿武隈川水系であったと考えると，間氷期にYH面には開析谷が形成されるはずであるが，YH面は明瞭なそれを持たない．よってMIS5eまでに古上台川は争奪されたものと考えられる．これらより，久慈川水系による古上台川の争奪は200～125 ka頃と推定される．

古向原川，古下羽原川について，YM2面は阿武隈川水系の方へ岩屑を供給しているような地形である．一

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

方，争奪した側の久慈川水系の谷はKL1面へ連続する．すなわち古向原川，古下羽原川の争奪の年代はYM2面の谷地形形成後から，KL1面の形成期ないしその前までで20～2 ka頃と推定される．

これらの争奪はいずれも氷期ないし氷期から温暖期にかけての期間に発生しており，この争奪の要因として気候変動が関与していると考えられる．

以上より古上台川の争奪の過程について2つのケースを考えた．一つは，古上台川は氷期の岩屑供給増大により，それまでの久慈川水系との分水界を乗り越え久慈川水系側へ流入しそのまま久慈川水系となったケース，もう一つは，間氷期の下刻が久慈川で卓越し，そのため谷頭侵食で久慈川水系が争奪したケースである．古向原川，古下羽原川の争奪についても同様であると考える．

キーワード：久慈川、社川、河成段丘、河川争奪
Keywords: Kuji River, Yashiro River, fluvial terrace, piracy

©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-QR 第四紀学

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[H-QR05] 第四紀：ヒトと環境系の時系列ダイナミクス

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)、池原 研(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、兵頭 政幸(神戸大学　内海域環境教育研究センター)、座長:小荒井 衛(茨城大学)、納谷 友規(産業技術総合研究所)

人類誕生以来、ヒトは環境に適応しながら進化すると共に、固有の文化により特異な発展を成し遂げてきた。本セッションでは、過去の人類に影響を与えてきた気候、地形、地層，海洋、生物相の変化の解明とそれらの相互関係を総合的に論じることを通じて、今日われわれが直面するヒトー環境系の問題を様々な観点から提起する。第四紀におけるヒト-環境系の変化とその時間軸決定に関わる幅広い研究分野からの参加を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[HQR05-07] 宗像市沖ノ島の地形の特徴

*黒木 貴一[1] (1.福岡教育大学教育学部)

14:00 ~ 14:15

[HQR05-08] 東京台地部・低地部の地形・地質の再検討:大量ボーリング解析と精密地形解析に基づく

★招待講演

*遠藤 邦彦[1]、杉中 佑輔[2]、堀 伸三郎[2]、須貝 俊彦[3]、鈴木 毅彦[4]、石綿 しげ子、上杉 陽、近藤 玲介[5]、千葉 達朗[6]、中山 俊雄[7]、大里 重人[8]、野口 真利江[9]、佐藤 明夫[3]、竹村 貴人[10] (1.日本大学、2.計算力学研究センター、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科、4.首都大学東京都市環境学部、5.皇學館大学教育開発センター、6.アジア航測、7.東京都土木技術支援・人材育センター、8.土質リサーチ、9.パレオ・ラボ、10.日本大学文理学部)

14:15 ~ 14:30

[HQR05-09] 武蔵野台地西縁部で観察される青梅層の堆積学的特徴

*宇津川 喬子[1]、白井 正明[2]、加藤 寛佳[2]、加藤 早百合[3] (1.立正大学地理学科、2.首都大学東京地理学教室、3.羽村市)

14:30 ~ 14:45

[HQR05-10] 東京層の層序の再検討：北区中央公園コアの再解析

*納谷 友規[1]、坂田 健太郎[1]、中澤 努[1]、鈴木 毅彦[2]、中山 俊雄[3] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.首都大学東京都市環境学部、3.東京都土木技術支援・人材育成センター)

14:45 ~ 15:00

[HQR05-11] “ローム台地”のS波速度構造と地盤震動特性：宇都宮市東部地域を例に

★招待講演

*中澤 努[1]、長 郁夫[1]、坂田 健太郎[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

15:00 ~ 15:15

[HQR05-12] 1948 年福井地震の液状化分布と微地形分類との関係–液状化ハザードマップの改善に向けて–

*谷 はるか[1]、宍倉 正展[2] (1.法政大学、2.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

宗像市沖ノ島の地形の特徴
Landform features of Okinoshima of Munakata city

*黒木 貴一[1]
*Takahito Kuroki[1]

1. 福岡教育大学教育学部
1. Faculty of Education, Univ. of Teacher Edu. Fukuoka

宗像市は2015年から現在市史の編纂を進めている。まもなく「うみ・やま・かわ」と題する自然編が出版予定である。これまで自然編作成の中で，沖ノ島と宗像市の周辺海底の地形に関する様々な地図を作成し，その地形及び分布の特徴を明らかにした。

「神宿る島」宗像・沖ノ島と関連遺産群は，2017年7月に世界遺産に登録された。沖ノ島は，最高標高が約240m，面積が約96万m^2の小島で，九州本島から北西約70kmの位置にある。この島は切り立った断崖と緩斜面で構成され，平野は大変少ない。また島の南西部は頁岩，北西部は石英斑岩，南東部は崖錐堆積物で構成されており，独特の地形分布がある。そこに歴史学的資料が多数発見され調査された。その南側の緩斜面には，4世紀から9世紀までの，航海安全を祈るための貴重な奉納品が大量に残されており，また神聖な場所，宗像大社の沖津宮が鎮座する。なお島で見聞きしたことは他言せず，島のものは持ち出さないという禁忌もある。

各種地理情報のGIS解析から，沖ノ島の地上と海底の地図を作成し，地形の特徴を検討した。さらに現地で地形及び地質調査を行った。地理情報として，国土地理院の基盤地図情報，海上保安庁発行の等深線データ，宗像市所有のレーザープロファイラーデータを使用した。基本的な標高分布図，傾斜量図，陰影図，立体地形図を作成した。標高分布図で見ると60-80mと40-60mの中間的な標高帯の面積が広い。傾斜量図で見ると30-40度の中間的な傾斜帯の面積が最も広い。さらに基礎的な地図の判読と現地調査から地形区分図を作成した。地形は，頂稜，開析谷，急崖，崩落堆，崖錐，海岸，人工改変地に区分された。特に南西部では，地すべりの存在を示す急崖と崩落堆の分布が特徴的である。また地表には主に東西性の走向を持つ線状模様が3列判読できた。立体地形図などから，沖ノ島本体は海底から約340mの高さを持つことが読み取れる。沖ノ島南方の海底地形は，西側は浅い平坦地で，東側は東に傾斜する凹地である。

沖ノ島では，今後成因を解明すべきその他の地形的な特徴も確認された。地上では石英斑岩の北向きの傾斜，中腹に散在する巨大な石英斑岩塊，海面よりかなり高い位置にある円礫層，海底では多くの崩壊地形である。今回の発表では，立ち入りが制限された沖ノ島に関し，GISによる地図の解析から明らかにされた各地形の特徴を紹介する。

キーワード：沖ノ島、地図、地形、地すべり
Keywords: Okinoshima, map, landform, landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京台地部・低地部の地形・地質の再検討:大量ボーリング解析と精密地形解析に基づく

Revision of geomorphology and geology of Tokyo Upland and Lowland, based on boring data and precise landform analysis

*遠藤 邦彦[1]、杉中 佑輔[2]、堀 伸三郎[2]、須貝 俊彦[3]、鈴木 毅彦[4]、石綿 しげ子、上杉 陽、近藤 玲介[5]、千葉 達朗[6]、中山 俊雄[7]、大里 重人[8]、野口 真利江[9]、佐藤 明夫[3]、竹村 貴人[10]
*Kunihiko Endo[1], Yusuke Suginaka[2], Shinzaburo Hori[2], Toshihiko Sugai[3], Takehiko Suzuki[4], Shigeko Ishiwata, Yo Uesugi, Reisuke Kondo[5], Tatsuro Chiba[6], Toshio Nakayama[7], Shigeto Osato[8], Marie Noguchi[9], Akio Sato[3], Takato Takemura[10]

1. 日本大学、2. 計算力学研究センター、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、4. 首都大学東京都市環境学部、5. 皇學館大学教育開発センター、6. アジア航測、7. 東京都土木技術支援・人材育センター、8. 土質リサーチ、9. パレオ・ラボ、10. 日本大学文理学部
1. Nihon University, 2. Research Center of Computational Mechanics, Inc., 3. Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, 4. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 5. Educational Development Center, Kogakkan University, 6. Asia Air Survey, 7. Civil Engineering Support & Training Center, Tokyo Metropolitan Government,, 8. Doshitsu Research Corporation, 9. Paleo Labo co.,ltd., 10. College of Humanities and Sciences, Nihon University

本研究では，東京23区および多摩地区にまたがる武蔵野台地を中心に，地形の詳細な解析を国土地理院の5ｍDEMを活用して実施し，1mコンターのレベルで地形区分を見直した（遠藤ほか，2018a）．さらに，近年多数公開されるようになった地下データ（＝ボーリング柱状図）を用い．東京23区・多摩地区の武蔵野台地と東京低地を中心に数万本余のボーリングデータを活用して100に及ぶ地質断面図を作成した（遠藤ほか，2018ｂ）．加えて，全ボーリングデータを対象として，地質層序解析システムを開発して地下地質構造・古地形を面的に解析した（堀ほか，2018；杉中ほか，2018）．また，都内においても近年テフラや年代を含み基準となる研究ボーリングが実施されるようになった．その上に多くの地形・地質データなどアナログのデータを重ね合わせ，従来の点の情報を線，面に発展させることを目指す．こうした様々な情報を総合して，東京の台地部と低地部の中・後期更新世以降の地下構造と地形を解明し，従来の諸知見（貝塚，1964；岡ほか，1984；久保，1988；植木・酒井，2007ほか）を飛躍的に発展させることを目的とする．

従来の研究にない本研究の特徴をあげると，異なるアプローチからえられる成果を相互にフィードバックさせて，解析を繰り返させること，従来型の知見から得られる多数の条件を組み込んだ地質層序解析システム＝自動解析を駆使し，フィードバックさせつつ，時間軸に位置付けられる古地形の重ね合わせによって面的な構造を重ね合わせた、3次元の理解へ進めていく点にある．3次元の理解にとってこの後半のプロセスは極めて重要な位置にある．

例えば，新地形区分により、武蔵野台地は古期武蔵野扇状地と新期武蔵野扇状地に区分され，新期扇状地は8地形単位に分けられた．従来の武蔵野面の中に大山面（遠藤，2017）や和光-徳丸面などの小規模なS面やその残丘が少なからず認められた．これらは地下構造の解析にフィードバックされる．
また、多数の地質断面図に基づくアナログタイプの解析結果やフィールドやコアから得られた地質情報もフィードバックされる．最終的に得られる3次元の解析結果は，多数の地質断面図の解釈に反映される．

引用文献：遠藤（2017）日本の沖積層（改訂版）；遠藤ほか（2018a）地球惑星連合；遠藤ほか（2018b）地球惑星連合；杉中ほか（2018）第四紀学会要旨集48；堀ほか（2018）第四紀学会要旨集

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

48；貝塚（1964）東京の自然史；岡ほか（1984）東京西南部地域の地質；久保（1988）地理学評論61；植木・酒井（2007）青梅地域の地質

キーワード：ボーリング資料、東京の地形地質、武蔵野台地の地形区分
Keywords: boring data, geomorphology and geology in Tokyo, landform division in Musashino Upland

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

武蔵野台地西縁部で観察される青梅層の堆積学的特徴
Sedimentological characteristics of the Ome Formation exposed on the western margin of Musasino Upland, central Japan

*宇津川 喬子[1]、白井 正明[2]、加藤 寛佳[2]、加藤 早百合[3]
*Takako UTSUGAWA[1], Masaaki Shirai[2], Hiroka Kato[2], Sayuri Kato[3]

1. 立正大学地理学科、2. 首都大学東京地理学教室、3. 羽村市
1. Department of Geography, Rissho University, 2. Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, 3. Hamura City

青梅層（青梅砂礫層）は，20世紀中頃に武蔵野台地西縁部で報告されつつも，先行研究によって岩相の記載が様々であること，都市化によって露頭の数が年々減少していること等から，未だに実態が十分明らかとなっていない．本研究では，東京都青梅市および隣接する羽村市に分布する青梅層について，これまで不足していた堆積学的観点から報告する．

関東平野の南西部に広がる武蔵野台地は，約10～2万年前に当時の多摩川によって形成された扇状地性の台地である．東京都青梅市東部を扇頂に東へ扇を広げており，複数の段丘面に区分されている（例えば，植木・酒井，2007）．寿円（1964）は，青梅市東端の多摩川北岸にみられる段丘崖において，段丘礫層と上総層群（加住層，大荷田層）の間に堆積し，両層とは岩相の異なる礫層を「青梅砂礫層」と命名した．その後，同様の砂礫層が武蔵野台地西部の地下に存在していることが報告された（例えば，山崎，1978）．青梅砂礫層は「異なる間氷期から氷期にかけて谷を埋積する地層の集合」（植木・酒井，2007）という仮説も立てられている．本発表では，植木・酒井（2007）にしたがい，「青梅層」の呼称を用いる．

青梅市と羽村市の境の比高30m近くの段丘崖に露出する青梅層は，層厚約20 mで，上位の段丘礫層，下位の大荷田層との間に観察される．この青梅層は，径5～20 cmの大礫を主体とする礫支持の砂礫層であり，明瞭な堆積構造は認められないものの，基底部には径20～40 cmの巨礫がチャネル状に配列している箇所がみられた．まれに厚さ数10 cmのレンズ状で無層理な砂層が挟在し，顕微鏡下で砂岩由来の鉱物のほかに，頁岩片がよく含まれていることを確認した．礫種は関東山地の付加体由来の砂岩に富み，同じくチャートと頁岩も比較的よく観察された．少量だが，風化した深成岩礫も認められた．砂岩は亜角状～亜円状，チャートは亜角状を呈したものが多かった．径10 cm 以下の礫種組成を調べたところ，青梅層の上部と比べ下部の方がチャート礫の割合が高い結果が得られた．同様に調査した大荷田層でもチャート礫の割合が比較的高かったことから，青梅層（の谷）の形成時に不整合面を挟んで下位に存在する上総層群が侵食され，混入した礫のなかでも風化を受けにくいチャート礫が残された可能性が示唆された．インブリケーションはややバラつきは見られるものの，平均すると北北西を示す礫が多く，現在の多摩川および河成段丘に近い古流向を示した．

本発表では，植木・酒井（2007）の仮説に基づき，羽村市内の露頭で観察される青梅層およびボーリングコア試料のデータを加えて，青梅市から羽村市西部にかけた青梅層（埋没谷）の分布を推定したので併せて報告する．

謝辞
本発表の一部は，2014年度～2018年度羽村市史編さん事業に関わる成果である．

引用文献
植木岳雪・酒井 彰2007．『青梅地域の地質』．産業技術総合研究所地質調査総合センター．
寿円晋吾1964．地理学評論，37，272–273.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

羽村市史編さん委員会2019．『羽村市史　資料編　自然』．羽村市．
山崎晴雄1978．第四紀研究，16，231−246.

キーワード：青梅層、多摩川、インブリケーション、礫、埋没谷、武蔵野台地
Keywords: Ome Formation, Tama River, imbrication, gravel, buried valley, Musashino Upland

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京層の層序の再検討：北区中央公園コアの再解析
Stratigraphy of Tokyo Formation: re-examination of Kita-Ku Central Park core

*納谷 友規[1]、坂田 健太郎[1]、中澤 努[1]、鈴木 毅彦[2]、中山 俊雄[3]
*Tomonori Naya[1], Kentaro Sakata[1], Tsutomu Nakazawa[1], Takehiko Suzuki[2], Toshio Nakayama[3]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 首都大学東京都市環境学部、3. 東京都土木技術支援・人材育成センター
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Tokyo Metropolitan University, 3. Tokyo Metropolitan Government

東京都の武蔵野台地の地下浅部には東京層と呼ばれる更新統が分布する．東京層の名称はYabe (1911)までさかのぼり，それ以降，武蔵野台地に分布する浅海成更新統の地層名として広く使われてきた．従来から東京層はKIPテフラを含む下末吉ローム層に覆われることが知られ，少なくとも最上部は下末吉層（MIS 5e）に相当するとされていた．しかし下限がどこまで及ぶのかはよく分かっていない．本研究では東京層の層序を再検討するために，かつて東京層の模式地とされていた王子貝層の露頭に近接した北区中央公園コアで掘削されたボーリングコア（北区中央公園コア）の再解析結果を報告する．

北区中央公園コアの深度30 m以浅は礫層，砂層，泥層からなる複数の堆積サイクルが認められた．深度30～20 mは，層厚約4 mの礫層の上位に層厚約5 mの生物擾乱を受けた砂層が重なる．深度20 m以浅は，下位より層厚約2 mの礫層，軽石層を挟む泥層，生痕化石がみられる層厚約3 mの砂層，生痕化石がみられる層厚約3 mの泥層と砂層の互層が重なる．深度7.5 mより上位は2.5 mの礫層（段丘礫層）が重なり，最上部はローム層からなる．層相と分布標高から，王子貝層は，北区中央公園コアの深度20 m以浅の生痕化石が見られる層厚約3 mの砂層に相当すると推定される．

今回，深度20 m以浅の礫層上位の泥層に挟まれる軽石層はKm2テフラに同定され，この部分は下総層群の上泉層に対比されることが明らかになった．つまりこの地域にはごく浅層にMIS 7eに相当する地層が分布する．今後さらに他地域のコアの解析をすすめ，東京層の再定義が必要である．

キーワード：東京層、層序、ボーリングコア
Keywords: Tokyo Formation, stratigraphy, drill core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

“ローム台地”のS波速度構造と地盤震動特性：宇都宮市東部地域を例に

S-wave veolocity structure and ground motion characteristics of "loam terraces": Examples from the eastern part of Utsunomiya City, Tochigi Prefecture, central Japan

*中澤 努[1]、長 郁夫[1]、坂田 健太郎[1]
*Tsutomu Nakazawa[1], Ikuo Cho[1], Kentaro Sakata[1]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター
1. Geological Survey of Japan, AIST

自然状態のローム層はN値が小さいわりに地耐力が高いとされ，ローム層に覆われた“ローム台地”は一般に地盤がよいとされる．しかし，地耐力は高いにせよ，ローム層のS波速度は低く，地層としてはかなり軟らかいことから，地震動は比較的大きく増幅されることが予想される．演者らは，ローム層が全般的に厚く分布し，さまざまな年代の段丘面が分布する宇都宮市東部地域において，段丘面ごとに微動アレイ観測を行い，S波速度構造を推定した．また，微動観測により得られたH/Vスペクトルをもとに，段丘の年代，すなわちローム層の厚さに影響された地盤震動特性の違いを検討した．

調査地域の段丘面は，飛山面（~360 ka），宝積寺面（~250 ka），岡本面（~100 ka），宝木面（65–40 ka），峯町面（40–35 ka），田原面（27–20 ka）に区分される（鈴木，2008）．段丘面は鬼怒川に沿ってほぼ南北に細長く配列しているため，今回の調査ではこれらの段丘面および鬼怒川の低地面を横断する東西の測線を設定し，測線沿いで微動アレイ観測を行った．

調査地域の段丘の構成層は河川成の礫層であり，それを段丘ごとに厚さの異なるローム層が覆う．調査地域で最もローム層が厚い飛山面，宝積寺面の微動アレイ観測にもとづけば，深度10 mまでの平均S波速度（AVS10）はいずれも150 m/s程度であり，これがローム層のS波速度と考えられる．浅層の地質構成を段丘礫層とローム層の2層構造と考え，H/Vスペクトルのピーク周波数から各段丘のローム層の厚さを1/4波長則に基づき推定した．これにより得られたローム層の厚さは，宝積寺面では18–19 m，飛山面では25 mとなり，既報の研究論文やボーリングデータ等から知ることのできるローム層の厚さとほぼ一致する．またこれをもとに地表面の標高からローム層の層厚を差し引いて段丘礫層上面の標高を求めると，宇都宮市街地を通る東西測線沿いでは，山元（2006）が指摘しているように，段丘の形成年代にかかわらず，礫層上面の標高に大きな差はないことが明らかになった．

微動アレイ観測データの解析により，調査地域の深度30 mまでの平均S波速度（AVS30）は，低位の段丘ほど速く，高位の段丘ほど遅いことが推定された．これは段丘礫層を被覆するローム層の厚さを反映していると考えられる．また常時微動のH/Vスペクトルは，高位の段丘ほどピーク周波数が低周波側にシフトすることが確認され，ピーク値も高くなることが確認された．ローム層が厚く分布する宝積寺面では2 Hz，飛山面では1.5 Hzといったやや低い周波数に明瞭なピークが認められた．一方で，ローム層が薄い，低位の田原面や，鬼怒川の低地面では高周波までフラットな特性を示した．つまり調査地域では，低地面や低位の段丘ほど堅固な地盤であり，高位の段丘ほど地盤は軟らかいことが理解される．

近年は都市近郊の丘陵や高位段丘に相当する地域が大きく造成され，宅地化されることが多いが，ローム層が厚い箇所では，より低位の地形面に比べ，やや低周波の揺れが比較的大きく増幅される可能性があることに留意すべきである．

鈴木毅彦（2008）鬼怒川・那珂川中–上流段丘．日本地方地質誌 関東地方，347–352，朝倉書店．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山元孝広（2006）宇都宮市宝積寺段丘で掘削されたUT05コアの層序記載と鬼怒川の堆積侵食履歴．地質調査研究報告，57，217–228.

キーワード：S波速度構造、地盤震動特性、ローム台地、微動アレイ観測、宇都宮市、関東平野
Keywords: S-wave velocity structure, ground motion characteristics, loam terraces, microtremor array observation, Utsunomiya City, Kanto Plain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1948 年福井地震の液状化分布と微地形分類との関係–液状化ハザードマップの改善に向けて–

The relationship between liquefaction distribution and microtopography classification during the 1948 Fukui earthquake - Toward improvement of liquefaction hazard map -

*谷 はるか[1]、宍倉 正展[2]
*Haruka Tani[1], Masanobu Shishikura[2]

1. 法政大学、2. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Housei University, 2. Institute of Earthquake and Volcano Geology, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

はじめに

近年頻発している大規模自然災害とその被害状況をみると、現存のハザードマップが十分な被害予測を行えていたとは言えない事例が見受けられる（若松ほか、2017；宇根ほか、2015）。これは具体的な作成手法や表示方法などの内容について定められておらず、各地方自治体の判断に委ねられているためである。さらなる防災・減災のためには、各地方自治体が参考可能な低コストで簡易的な手法を確立し、より信頼性の高いハザードマップの整備が重要である。地形的観点からの液状化発生予測は、低コストで簡易的に行える。中埜ほか（2015）は関東における過去の液状化をもとに、液状化ハザード評価基準とそれに対応した地形分類による液状化ハザードマップの作成手法を提案した。しかし土地履歴が異なる関東以外の地域においても、この地形分類は有効であるのか疑問が残る。そこで本研究では 1948 年福井地震を事例とし、福井市中心部の液状化分布を基に福井市液状化ハザードマップの作成手法の現状と課題を探るとともに、液状化ハザードマップの精度向上と作成手法に向けた提言を行う。

研究方法

1948 年福井地震の液状化分布を明らかにするため、地震直後にGHQにより撮影された調査対象地域の空中写真を国土地理院から入手し、本研究で独自に設定した判読定義に従い空中写真判読を行った。得られた判読結果は、QGISを用い、ベクタデータで液状化発生地点として描写し、1948 年福井地震の液状化発生地点分布図を作成した。次に、液状化発生地点分布図を福井市液状化ハザードマップや土地条件図、治水地形分類図初期整備版、治水地形分類図更新版（国土地理院より）と重ね合わせることで、分析・考察を行った。

結果および考察

1948 年福井地震の液状化発生地点分布図と既存の各種地図との比較によって、中埜ほか（2015）が示した地形分類は福井地震液状化発生地点と対応していることが確認できた。さらに特徴的な事例として、旧堤防と旧河道が重なる付近での液状化が目立った。これは旧河道であった砂地盤で地下水位が浅い土地に堤防を築いたことで、さらに密実でない砂地盤が厚くなり、周囲に比べ液状化しやすい土地となったためと考察する。また、旧堤防と自然堤防が隣接する地点で、集中的な液状化が発生している。この地点は南方に山地が存在する旧河道湾曲部の外岸に位置している。したがって、地形形成段階において周囲より河川堆積物が多く存在する地点であった。さらに自然堤防と沿うように旧堤防を築いたことで高低差がついた地形となり、側方流動が発生しやすい条件が重なったと考察した。以上から、周辺の微地形との組み合わせにより液状化発生の危険度が変わるといえる。したがって、液状化ハザードマップの作成には微地形の考慮が必要不可欠である。

福井市液状化ハザードマップと1948 年福井地震の液状化発生地点分布図との比較を行った結果、福井市液状化ハザードマップが示す液状化の危険性は、福井地震の液状化被害と対応していない。これは液状化発生履歴を考慮しなかっただけでなく、微地形を考慮することなく作成されたためであると考える。したがってハ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ザードマップとしての信頼度は現状で低いと言わざるを得ない。

今後に向けて

本研究では、写真判読を駆使して液状化発生地点を抽出した。ただし空中写真は古く、白黒であるため、家屋の倒壊や写真画像の損傷により判読が難しい地点が存在した。今後さらに詳細な微地形と液状化発生地点との関係性を把握するには、現地での微地形調査や被災者への聞き取り調査、ボーリング調査などが必要となる。

本論文では、福井地震の液状化について福井地震中心部を扱ったに過ぎず、震源距離と微地形間における作用の関係については未解明である。福井地震の際に撮影された空中写真は、被災した地域が網羅され、本研究地域以外でも、液状化の発生が確認できていることから、被災地域全体の液状化分布図を作成することでこの問題を解決していきたい。

現状では福井市液状化ハザードマップは、ハザードマップとしての信頼度が低いといえ、微地形を考慮し、改めて作成する必要がある。それにあたり、液状化に対する微地形間における作用についてさらなる事例を用い、定量的な検討を行うことが課題となる。

キーワード：1948年福井地震、液状化、微地形分類、液状化ハザードマップ
Keywords: 1948 Fukui Earthquake, liquefaction , microtopography classification, liquefaction hazard map

©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-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 104 1F

[H-CG30] 内陸地震と原子力発電所の安全性

コンビーナ:末次 大輔(海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)、金嶋 聰(九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)、鷺谷 威(名古屋大学減災連携研究センター)、寿楽 浩太(東京電機大学工学部人間科学系列)、座長:末次 大輔、寿楽 浩太

2013年JPGU大会以来、日本における原子力発電所（原発）の在り方について，地震科学的見地からのオープンな議論を行う場をつくり、年ごとに視点を変えながら議論を続けてきた。これまでのセッションでは、日本で頻発する地震・津波・火山噴火などに対する原発の安全性とリスクについて様々な議論がなされた。今回は日本の内陸地震を焦点にあてる。過去10年ほどの間だけでも、2007年新潟県中越沖地震（M6.8）、2008年岩手・宮城内陸地震（M6.9）、2016年熊本地震などが発生し、2018年にも北海道胆振地方東部地震（M6.7）が発生したことは記憶に新しい。この様に活発な近年の内陸地震活動を踏まえて、我が国の原発の安全性について様々な観点から議論し現行の安全対策について点検をすることは、意義深いと考えられる。本大会では、前回に引き続き理学と工学の対話を促しつつ、この問題に関する議論を深めるため、内陸地震による強震動の評価や原発の耐震性に関する講演によるセッションを企画する。また地震科学と原発との関連についてのより一般的な講演も併せて募集する．

15:30 ~ 15:45

[HCG30-01] 日本列島下の地震発生層の厚さと内陸地震

*中島 淳一[1] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:45 ~ 16:00

[HCG30-02] 原発の安全規制における活断層評価の課題

*鈴木 康弘[1] (1.名古屋大学)

16:00 ~ 16:15

[HCG30-03] 断層が長いほど地震動は大きいのか？ - 地表断層と潜在断層による地震動-

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

16:15 ~ 16:30

[HCG30-04] 内陸地殻内地震に対する原子力発電所の安全性と「理学・工学問題」

*石橋 克彦[1] (1.神戸大学名誉教授)

16:30 ~ 16:45

[HCG30-05] 原子力発電所の地震安全確保の要件

*糸井 達哉[1] (1.国立大学法人　東京大学)

16:45 ~ 17:00

[HCG30-06] 大飯原子力発電所の強震動

*島崎 邦彦[1] (1.東京大学)

日本列島下の地震発生層の厚さと内陸地震
Thickness of the seismogenic layer beneath the Japanese Islands and its relation to crustal earthquakes

*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

The thickness of the seismogenic layer is one of the fundamental parameters for earthquake hazard analysis. Large earthquakes often rupture the entire brittle seismogenic layer, and so the thickness of the seismogenic layer is a primary control on the size of earthquakes. Omuralieva et al. (2012) estimated the cut-off depth (D90) of crustal seismicity beneath Japan using a high-quality seismic catalogue of the Japan Meteorological Agency. D90 is defined as the depth above which 90% of the earthquakes occur. The obtained D90 shows a considerable lateral variation, ranging from ~5 km to ~40 km. The D90 is deep along the Pacific coast of eastern Japan, while it is locally shallow around volcanic areas. These lateral variations in D90 are inversely correlated to values of surface heat flow. In this talk, I summarize the recent result of D90 in Japan and discuss the relation among D90, thermal structure, and the size of crustal earthquakes.

キーワード：地震、地震発生層
Keywords: Earthquake, seismogenic layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原発の安全規制における活断層評価の課題
Problems with active fault evaluation in nuclear safety regulation

*鈴木 康弘[1]
*Yasuhiro Suzuki[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

1. 活断層過小評価の是正

原発の安全審査において活断層の過小評価が起きてきた背景には様々な要因がある。原子力規制委員会発足後の新規制基準の制定によってある程度改善しているが（拙著*）、課題も多い。本発表では、安全規制における活断層評価の課題を変動地形学の立場から論じる。

そもそも、①「活断層がある」→②「地震動および地表変形を評価して設計する」もしくは③「避ける」、というのが重要構造物建設の際の原則である。③の「避ける」に関して、かつての審査指針に関連記載がなかった。新規制基準は、「将来活動する可能性のある断層等」の露頭の上への設置は許さず、既存原発にも遡及した。これには反対意見もあり、「避ける」の運用については今後も議論されて良い。ただしその場合、十分な説明と社会的な合意が求められる。①「活断層認定」と②「地震動と変位の予測」についても科学的課題が多い。

2. 活断層認定の課題

かつては活断層の地震は「実際には起こらない地震」という扱いだったが、1995年阪神・淡路大震災により「低頻度大規模災害」として見直され、さらに2011年の福島第一原発事故の発生により、実際に起こることを前提とした議論が必須となった。

こうした状況においては、2006年の耐震審査指針が規定する「耐震設計上考慮する断層」の概念を遵守することが大前提となった。それは「後期更新世以降の活動の可能性が否定できないもの」である。「可能性の否定」は困難だとして批判もあるが、それは活断層調査法を理解していないことによる誤解である。地質学的証拠から断層の活動時期を検討する方法論は1980年代以降のトレンチ調査において確立している。definite/probable/possibleの３段階で評価することが一般的で、断層で変位した地層とそれを覆う地層の関係が明快であれば判断は容易である。しかし断層変位が上方に向かって漸減する場合や断層活動の間接的な現象（例えば崩落堆積物や液状化）から考察する場合にはdefiniteな判断はできない。

規制委員会による敦賀原発の敷地内断層調査はまさにこの問題に直面した。2012/11/27事前会合、12/1～2現地調査以後、5回の評価会合（2012/12/10、2013/1/28、3/8、4/24、5/15）により評価書が纏められた。その後、事業者の追加調査結果が提示され、2014/1/20-21の現地調査以後、5回の追加調査評価会合（4/14、6/21、8/27、9/4、11/19）およびピアレビュー会合（12/10）も行われた。議論の争点はdefiniteか否かであった。この間の2013/5/21と2014/6/16に事業者は研究者も交えて記者発表を行ったが、その内容には事実誤認が含まれた。今後も注意すべきは、①probableやpossibleのデータ数が増えてもdefiniteにはなり得ないということ、②解釈による「否定」（正断層は活断層ではない、seismogenicなもの以外は活断層ではないなど）は認められない、すなわち推論は評価に耐えないということである。

3. 地震動と変位の予測－経験的予測と不確実性－

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震源断層の形状から地震の規模や地震動の大きさを予測する研究は高度化した。さらにスリップレート（平均変位速度）の分布から断層挙動を推測する研究も進められた（鈴木ほか,2010など）。これにより「平均的な予測」は充実している。しかし、平均からの「ばらつき」や断層近傍における「最大値」を予測できる精度は乏しい。

観測事実が少ないことも原因の一つである。熊本地震などで多地点のデータが得られ、経験式も高度化したかに見えるが、あくまで一地震の例である。地形地質調査により解明される累積値やスリップレートから、一回の地震を微分的に推測することは困難を極める。

2014年長野県神城断層地震では３ｍ変位すると予測されてきたのに１ｍ程度しかずれなかった。2004年中越地震では50cmずれた地点の一回前の変位は２ｍだった。2016年熊本地震で布田川－日奈久断層の一部は前震と本震で二度ずれた。市街地で新たに確認された活断層は、今回は例外的に小さなずれであった可能性も指摘されている。右ずれが主体にも関わらず左ずれも生じた。布田川－日奈久断層以外の小規模な地震断層が局地的な強震動を生じた例や、地震断層沿いでも強く揺れなかった場合もあった。このような不規則性を考慮すると、経験式から「ばらつき」を考慮した「最大値」を経験的に評価することは困難であると言わざるを得ない。

*「原発と活断層」(岩波書店)、“Active Faults and Nuclear Regulation in Japan” －Background to Requirement Enforcement（編集中）

キーワード：原子力発電所、活断層、原子力規制
Keywords: Nuclear power Plant, Active fault, Nuclear Regulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層が長いほど地震動は大きいのか？ - 地表断層と潜在断層による地震動-

The longer active fault is, is the larger ground motion generated? –Surface and buried rupture earthquakes-

*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

地表地震断層を生じる地震の規模は一般に大きく被害が広範囲に及ぶが，同じ規模であれば地表地震断層を生じない地震の方が地震動は大きいことが指摘されている．2018年に発生した島根県西部，大阪府北部，北海道胆振東部の被害地震は周辺活断層で想定される地震よりも規模は小さく，いずれも地表地震断層を伴わなかったものの，大きな被害をもたらしたことは記憶に新しい．

構造物への設計入力地震動の想定では，周辺の活断層帯を対象に，地震規模をできるだけ大きく見積もる保守的な設定がおこなわれる．地震規模を大きくすると放射される地震動の卓越周期は長周期化し，一方で短周期の地震動は規模に対してそれほど大きくはならない．短周期の地震動は，地震規模よりも断層からの距離による影響が大きい．このため，活断層帯で想定されるよりもひと回り小さい潜在断層地震が，想定断層帯よりも対象地点に近い場所で発生した場合，周期帯域によっては，活断層帯で想定される地震よりも影響が大きくなる場合もあり得る．また，そのような地震は活断層帯で想定される大地震よりも高い頻度で発生している可能性があるため，地域によっては構造物設計にあたっての重要な課題となり得る．これらについて，データに基づいて紹介したい．

キーワード：活断層、地震動、地表断層地震、潜在断層地震
Keywords: Active fault, Ground motion, Surface rupture earthquakes, Buried rupture earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

内陸地殻内地震に対する原子力発電所の安全性と「理学・工学問題」
Seismic safety of nuclear power plants against inland crustal earthquakes and the "science vs. engineering problem"

*石橋 克彦[1]
*Katsuhiko Ishibashi[1]

1. 神戸大学名誉教授
1. Emeritus Professor, Kobe University

●日本の原子力発電所（以下，原発）の内陸地殻内地震に対する安全性は，1950年代に商用原発第1号として無地震国イギリスの原子炉を導入したときからの大問題であり（例えば，石橋，2015，日本地震学会モノグラフ），原発の地震安全性の原点といえる．しかし現在でも，この問題はまったく解決されていない．言うまでもなく，原発の地震安全性が他のあらゆる人工物と違って極めて厳重であるべきなのは，莫大な内蔵放射能ゆえに，万一事故が起きたときの影響が破局的になりかねないからである．

本発表では，前半で，現在おこなわれている原子力規制行政の実態に即しつつ問題点を振り返る．後半では，それらの問題点に関連して，しばしば言われる「理学と工学の考え方の違い」の問題を考察する．なお「内陸地殻内地震」には，沿岸海域の地震と，特殊なテクトニクス環境におけるやや深い地震も含める．

●原発に影響を与える地震の要因を改めて確認しておくと，強震動，地表付近の断層のズレ，地震時と地震後の地殻変動（内陸地殻内地震でも無視できない，特に日本海側），地盤の変形・破壊（前3者による二次的現象だが，液状化・斜面崩壊など），津波，大余震・続発地震，であろう．

日本列島の内陸地殻内地震に対する原発の安全性における根本的問題は，ある特定の原発に深刻な影響を与えうる現実の最大地震を科学的に予測できないことである．一般に，活断層が地下の震源断層を一意的に示すわけではないし，活断層が知られていなくても大地震が起こりうる．強震動生成域の分布や，そこでの応力降下量・すべり量などを予測することもできない．これらの点が，「松田式」や「入倉・三宅式」などの経験式の良し悪し以前の，より本質的な問題である．

これに関連しては，上部地殻の地震発生層の厚さ（上限と下限の深さ）が各原発付近で不確定であることも見過ごせない．また，2018年北海道胆振東部地震（M_J6.7，深さ37km，観測された最大加速度1796 Gal <3成分合成>）のような特殊なテクトニクス環境の大地震と強震動の予測困難性も重要である．「伊勢湾ー湖北スラブ」（三好・石橋，2008）が関係するやや深い地震の若狭湾岸への影響なども類似の問題であろう．

以上は「震源を特定して」評価する各種の現象についての課題だが，強震動に対する安全弁となるべき「震源を特定せず策定する地震動」には旧原子力安全委員会以来の方法論的欠陥があり，きわめて不十分である．

結果として，現在の新規制基準適合性審査においては，承認された基準地震動は年超過確率でみたとき，原発の安全目標である10^{-4} (炉心損傷頻度)～10^{-6} (重大事故による大量放射能放出）に比べても著しく過小評価である（安全目標自体が妥当か否かという別問題もあるが）．原発施設直下に現われるかもしれない断層のズレ，地殻上下変動と敷地・施設の傾斜，敷地地盤の変形・破壊，津波に関しても，見過ごされていたり過小評価だったりすると思われる．さらに，演者が旧原子力安全委員会の耐震指針改訂の際に提案した続発大余震の考慮も新規制基準に入っていないから，将来それが原発の大事故の原因になる可能性も否定できない．

●原発における活断層の評価などを巡って「理学と工学の考え方の違い」がしばしば問題にされる．確かに，自然の理解を目的とし，地震現象の理解がきわめて不十分であることを自覚している理学と，具体的なモノを造ることが目的で自然現象を単純化する工学とでは，議論が噛み合わない場合がある．

しかし，原発の地震安全性に関しては，純粋な知的営みの土俵の中での理学と工学の対立を過大視することは適切ではなく，生産的とは思えない．なぜならば，日本の原発の場合，理学的指摘を考慮して工学が仕様を修正したり，建設の可否を再検討したりする余地が，現実的にはほとんどないからである．これは，原発の建

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

設・利用を「国策民営」としてきた日本の状況の，最悪の帰結の一つといえるだろう．公共事業であれば基準地震動を大幅に引き上げたり，それが技術的に不可能であれば代替策を検討することがありえても（強権的な強行もありうるが），国策民営であるためにコスト削減圧力と硬直性が非常に強く，工学者（ときには理学者と目される人も）が経営者の代弁をせざるをえず，政府がそれを後押しするという構図が続いてきたのだと考えられる．

キーワード：原子力発電所、地震安全性、内陸地殻内地震、最大地震の評価、続発大余震、理学・工学問題
Keywords: Nuclear power plants, Seismic safety, Inland crustal earthquakes, Evaluation of largest earthquake, Successive large aftershock, Science vs. engineering problem

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原子力発電所の地震安全確保の要件
Challenges to Seismic Safety of Nuclear Power Plants

*糸井 達哉[1]
*Tatsuya Itoi[1]

1. 国立大学法人　東京大学
1. The University of Tokyo

Risk of nuclear power plants under threat of earthquake is not only a function of seismic hazard but also a function of a complex socio-technology system related to nuclear power plants.

Characteristics of seismic hazard can be summarized as follows:

- Strong ground motion is a phenomenon which is spatially distributed and affects simultaneously in space

- We cannot identify a worst-case ground motion because of inherent variability of earthquake (aleatory uncertainty),

- Uncertainty due to our limitation of knowledge is another source of reason why we cannot identify worst-case ground motion (epistemic uncertainty),

- There exists large uncertainty in prediction of rare (usually large) earthquake because of large epistemic uncertainty. Large epistemic uncertainty can be observed as different judgements among experts on the same issue.

A complex socio-technology system related to nuclear power plants is composed both of physical subsystems and of human and organizational subsystems. This means that not only the capacity of physical systems but also organizational resourcefulness and framework to prepare for and deal with such events should be carefully examined, when we discuss the capacity of nuclear power plants under extreme earthquake.

When organizational resourcefulness and framework is discussed, a sensitivity and adaptation to social preferences is important. For example, safety requirements to nuclear power plants shifted and will shift over time.

What is equally important is that recognition that uncertainty related to seismic hazards are shared among stakeholders and framework to deal with it should be prepared. One of good practices is considered to be

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

an introduction of a process like SSHAC process [1], where representing the center, body and range of technically defensible interpretation is an aim. It is also important to recognize that scientific knowledge on natural hazards like earthquake also grows and sometimes shifts over time. Integrated decision making process on nuclear safety issues which helps to ensure consistent and transparent decision should be a key to deal with these issues.

Refenrence
[1] USNRC: Updated Implementation Guidelines for SSHAC Hazard Studies (NUREG-2213), 2018.

キーワード：地震安全、原子力発電所
Keywords: Seismic safety, Nuclear Power Plants

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大飯原子力発電所の強震動
Strong motion at Ooi nuclear power plant

*島崎 邦彦[1]
*Kunihiko Shimazaki[1]

1. 東京大学
1. University of Tokyo

大飯原子力発電所のストレステストの結果によれば、約1260ガルを超える強震動が発生すると、甚大な被害が発生する恐れがある。原子力規制委員会は大飯の基準地震動を856ガルとして稼働申請を認めているが、これを大きく上回る強震動が発生する可能性が高い。

〇大飯のクリフエッジ

3.11後のストレステストの結果によれば、大飯は約1260ガルでクリフエッジを超え、燃料の冷却手段が確保できなくなるとされている。

〇大飯の基準地震動

筆者は2012年9月から２年間原子力規制委員を務め、大飯の基準地震動の審査の一部を担当した。基準地震動（稀ではあるが、備えるべき強い揺れ）が856ガルに引き上げられた後、任期満了前の4ヶ月間、大飯の審査は停止していた。退職後に審査が再開され、基準地震動856ガルのまま稼働が認められている。一時的な審査停止前には、提案された幾つかの破壊パターンの保守性が検討されていた。基準地震動856ガルは、入倉レシピ（入倉・三宅, 2001）に基づく強震動生成域下端から始まる破壊による強震動596ガル（東西成分）に、短周期レベル1.5倍の不確かさを考慮して定められた。破壊パターンのアイソクロンから破壊が断層上端に達して停止したために生成された強震動（いわゆるstopping phase）であることがわかる。すなわち応力降下量14.1MPaの破壊の停止が基準地震動を決定している。しかし、次に述べるように応力降下量はこれよりも大きく、強震動は856ガルを大きく超える可能性が高い。

〇大飯の活断層

基準地震動の計算には、活断層（FOA～FOB～熊川断層）のデータに基づく断層モデルが採用された。地震モーメントの推定には、幾つかの式が提案されている。式に強く依存するため、注意を払うことを審査で要求したが、大飯では考慮されずに断層長63.4kmに対し、地震モーメント50.3×10^{18}Nmとモデル化されている。2016年熊本地震の断層長は、大飯の約半分の30kmにもかかわらず、地震モーメントは大飯とほぼ同じ47×10^{18}Nmである。相似則によれば地震モーメントは断層長の二乗に比例する。これらを考慮すると、大飯の地震モーメントは著しく過小評価されていると結論できる。断層形状が同じであれば、ずれの量も応力降下量も地震モーメントに比例するからである。現実的なモデルであれば、基準地震動は856ガルを大きく超えるであろう。

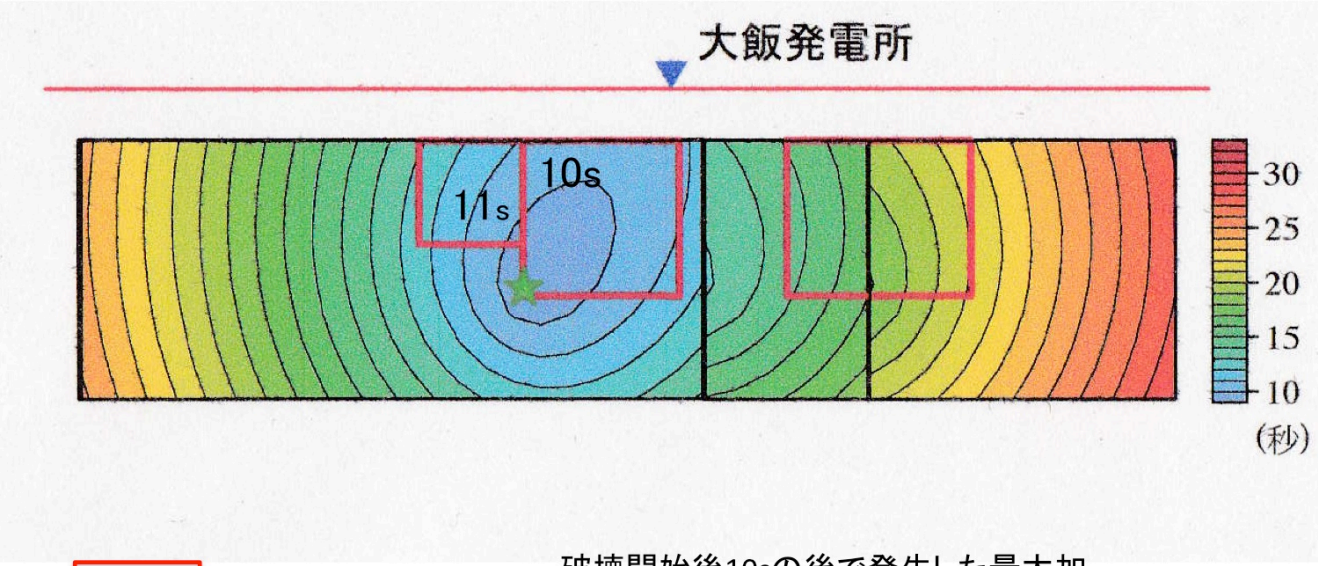
〇大飯の強震動の議論

筆者の要請により、原子力規制庁は武村式を用いて地震モーメントを1.75×10^{20}Nmと求め、強震動生成域の応力降下量を22.3MPaとして計算し、入倉・三宅式を用いた場合（強震動生成域の応力降下量は14.1MPa）の約80%増の強震動を得た。しかし、してはならない計算であったとして、その結果を取り消した。背景領域の応力降下量7.6MPaが過大であることを理由にしているが、上記に述べたように、基準地震動は破壊の停止によって生成されており、背景領域の影響は微小と思われる。

キーワード：大飯原子力発電所、基準地震動、ストレステスト
Keywords: Ooi nuclear power plant, design basis ground motion, stress test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

破壊開始点3・大飯発電所のアイソクロン



強震動生成域

破壊開始後10sの後で発生した最大加速度は、破壊が強震動生成域の端に達して発生したことがわかる。

原子力規制庁審査資料に加筆

©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-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[H-CG32] 堆積・侵食・地形発達プロセスから読み取る地球表層環境変動

コンビーナ:清家 弘治(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、山口 直文(茨城大学　広域水圏環境科学教育研究センター)、成瀬 元(京都大学大学院理学研究科)、高柳 栄子(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:清家 弘治

地層の形成や地形発達のプロセスに注目し，地球表層環境のダイナミクスや変遷を議論するため，分野の垣根を越えた研究発表を募る．手法やあつかう時間スケールを問わず，野外観測・実験，理論に基づいた地形・堆積物・堆積岩組成・流体（河川・波浪・土石流・乱泥流・火砕流など）の研究を対象とする．防災や資源探査の観点からの議論も歓迎する．

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:20

[HCG32-01] Long-term beach observation and future shoreline prediction

★Invited Papers

*伴野 雅之[1] (1.国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所)

14:20 ~ 14:35

[HCG32-02] 大阪湾の海底に見られるサンドウェーブの移動

*小島 響[1]、松野 哲男[2,3]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、遠藤 徳孝[4]、大串 健一[1]、谷 篤史[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科、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、4.金沢大学　理工研究域地球社会基盤学系)

14:35 ~ 14:50

[HCG32-03] 火星のガリー・ローブ状地形の逆解析：２次元フェルミ流体モデルからの検討

納村 恭平[1]、*成瀬 元[1] (1.京都大学大学院理学研究科)

14:50 ~ 15:05

[HCG32-04] 石英粒子の形状と表面構造を利用した後背地推定のための検討

*板宮 裕実[1]、杉田 律子[1]、須貝 俊彦[2] (1.科学警察研究所、2.東京大学大学院)

15:05 ~ 15:15

Discussion

Long-term beach observation and future shoreline prediction

*伴野 雅之[1]
*Masayuki Banno[1]

1. 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
1. Port and Airport Research Institute

Port and Airport Research Institute (PARI) has measured daily beach profiles since 1986 at the Hasaki coast of Japan. This long-term and high-time-resolution beach profile data is used to understand the nearshore processes and predict the future beach morphological change. The talk will be about the long-term beach observation data and the future projection of the shoreline change in response to SLR and wave climate change under global climate change. Long-term beach observation data available at the other beaches will also be introduced.

キーワード：海岸線変化、砂浜地形
Keywords: Shoreline change, Beach morphology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大阪湾の海底に見られるサンドウェーブの移動
Migration of sand waves observed in Okinose area of Osaka Bay

*小島 響[1]、松野 哲男[2,3]、佐野 守[2]、島 伸和[3,2]、遠藤 徳孝[4]、大串 健一[1]、谷 篤史[1]
*Kojima Hibiki[1], Tetsuo Matsuno[2,3], Mamoru Sano[2], Nobukazu Seama[3,2], Noritaka Endo[4], Ken'ichi Ohkushi[1], Atsushi Tani[1]

1. 神戸大学　大学院人間発達環境学研究科、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、4. 金沢大学　理工研究域地球社会基盤学系
1. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University, 2. Kobe Ocean Bottom Exploration Center(KOBEC), Kobe University, 3. Graduate School of Science / Faculty of Science, Kobe University, 4. School of Geoscience and Civil Engineering College of Science and Engineering, Kanazawa University

固結していない砂粒子などに水の流れが作用することで形成される波長数m-数百mの微小地形をサンドウェーブと呼ぶ．大阪湾内の淡路島東縁の沖ノ瀬と呼ばれる海域には沖ノ瀬環流と呼ばれる恒流が存在し，沖ノ瀬の水深が30-45 mの海底付近では，波長10-100 m規模のサンドウェーブが観測されている．しかし，沖ノ瀬のサンドウェーブの詳細な特徴，形成機構，変化機構等の解明は水産資源保護や航海安全確保の観点から重要であるにも関わらず，詳細は不明である(八島, 1992)．本研究では，現在の大阪湾沖ノ瀬の海底に見られるサンドウェーブを約1年間に6回地形調査観察することで，沖ノ瀬のサンドウェーブがこの期間にどの方向にどの程度移動するか評価した．

2017年9月27日，11月12日，2018年3月24日，8月31日，9月26日，10月13日の6回にわたり，神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船「深江丸」に搭載されているマルチナロービーム測深器を用いた沖ノ瀬の海底地形の調査，ならびにグラブ式採泥器を用いた採泥を行った．南北2 km，東西1 kmを調査範囲とした．

得られた海底地形図を解析したところ，沖ノ瀬南東部で波長の異なるサンドウェーブが観察された．Perillo and Ludwick (1984)の基準に従うと，沖ノ瀬南東部で確認されたサンドウェーブは，大きいサンドウェーブ（波長50 m以上，波高2 m以上），小さいサンドウェーブ（波長10-50 m，波高0.6-2 m），メガリップル（波長10 m未満，波高60cm未満）の主に3種類に分けられることが明らかになった．この期間の観察において，大きいサンドウェーブの移動は確認できなかったが，小さいサンドウェーブは5 mほど北進し，メガリップルは日々変動しているという結果が得られた．通常，サンドウェーブは残差流（ここでは沖ノ瀬環流で北方向となる）の方向に移動することが知られており（Nemeth et al., 2002），沖ノ瀬でも同様であることが明らかとなった．また，2018年6月18日に大阪北部地震，同年8月23日に台風20号，同年9月4日に台風21号と沖ノ瀬周辺で大きな波をもたらす災害があったが，大きいサンドウェーブへの影響は見られなかった．

サンドウェーブの構造化は国内外で報告例（鹿児島県大隅海峡（Ikehara, 1998）やスペインカディス湾（Nemeth et al., 2007）など）があるが，大阪湾の沖ノ瀬のサンドウェーブが大きく3種類に構造化できるということは今回の調査で新しく判明した．形成されるサンドウェーブの波長・波高の大きさは，深度，底質の粒径，海底付近の海水の流れの大きさによって決まるため，海水の流れの評価は重要である．しかし，海底付近の海水の流れを実測することは困難であるため，現時点では，海底付近の海水の流れと小さいサンドウェーブの移動を関連付けて説明するには至っていない．現在，沖ノ瀬の海底付近の海水の流れをシミュレーションによって明らかにすることを検討しており，その結果から沖ノ瀬のサンドウェーブの形成機構に迫っていきたいと考えている．

キーワード：サンドウェーブ、大阪湾、移動
Keywords: sand wave, Osaka Bay, migration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火星のガリー・ローブ状地形の逆解析：２次元フェルミ流体モデルからの検討

Inverse analysis of lobe/gully on Mars: examination by 2D Voellmy fluid model

納村 恭平[1]、*成瀬 元[1]
Kyohei Noumura[1], *Hajime Naruse[1]

1. 京都大学大学院理学研究科
1. Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University

It has been known lobate deposits accompanied with small gullies distribute on the surface of Mars, but their origin has not been clarified yet. Topographic features of lobate deposits on Mars resemble deposits of debris flow on Earth, which is a flow composed of high-concentration and fluid (water). Therefore, lobate deposits have been focused as proxies of fluid phase of water on Martian surface environments. However, several studies suggested that lobate landform can also be formed by other processes such as rock avalanches, and thus water in fluid phase may not be required for producing such deposits. Thus, the controversy on existence of fluid water has not been settled. To this end, this study aims to distinguish the formation process of lobes on Mars by inverse analysis of rheological properties of the flow. Two dimensional Voellmy fluid model was employed as the forward model, which has been proved to be capable of reproducing behavior of debris flows or snow avalanches on Earth. Istok Crater that locates in mid latitudes of the southern Hemisphere of Mars was chosen as the study area. Geomorphology of a lobate deposit on the northern fringe of the crater was measured from DEM, and the rheological parameters of the flow was reconstructed by parametric optimization of the forward model to fit the calculation results to actual geomorphology. As a result, the inverse analysis suggested that the rheological property of the formative process of the lobate deposit was quite different from terrestrial debris flows estimated on Earth. Also, the reconstructed parameters largely deviated from other known processes such as rock or snow avalanches. This may imply that the unknown processes such as avalanches of CO2 frost that does not exist on Earth should be supposed as the formation process of lobes.

キーワード：火星、土石流、ガリー
Keywords: Mars, debris flow, gully

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石英粒子の形状と表面構造を利用した後背地推定のための検討
Development of provenance study using quartz shapes and surface microtextures

*板宮 裕実[1]、杉田 律子[1]、須貝 俊彦[2]
*Hiromi Itamiya[1], Ritsuko Sugita[1], Toshihiko Sugai[2]

1. 科学警察研究所、2. 東京大学大学院
1. National Research Institute of Police Science, 2. The University of Tokyo

石英は風化に強く保存性が高いため、粒子の表面には粒子の運搬過程や堆積環境を反映した微細形態が残されている。1970年代頃から走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて粒子表面の観察が行われており、運搬過程や堆積環境との関係が調べられている(Krinsley et al. 1973; Mahaney, 2002)。石英粒子の表面形態を観察し、堆積物の後背地を推定する研究は、ヨーロッパをはじめとする安定陸塊での事例が多数である。粒子の表面形態は主に機械的及び化学的作用から形成されるため、地形や地質の異なる地域では観察される形態的特徴やその出現頻度が異なる可能性があるが、日本のような地域における表面形態の多様性に関しては知見が不足している。本国で石英の表面形態の解析を後背地の推定に利用するためには、我が国の自然環境の理解に基づいた試料収集による知見の蓄積が必要と考えた。そこで、本研究では河川及び海岸の砂試料に含まれる石英を観察し、観察結果について画像解析や多変量解析を用いた評価法を検討した。

実験には、日本国内より採取した河床堆積物（3河川19試料）および海岸堆積物（5地域19試料）を用いた。河床堆積物は川底の砂を、海岸堆積物は潮間帯または後浜から砂を採取した。試料は脱炭酸、脱鉄および有機物分解を行った後、実体顕微鏡下で粒径0.1～1 mmの石英を選別し、30秒×2回白金蒸着を行った。観察には走査型電子顕微鏡JSM-6610LV(日本電子社製)を用い、加速電圧25 kVの高真空モードで1試料につき20粒の二次電子像を取得した。
石英粒子の形状評価には、粒子全体を写した1280×960ピクセルのSEM画像とImageJを用い、粒子の丸さ（Takashimizu et al. 2016）と、粒子の凹凸を表す指標としてフラクタル次元を算出した（鈴木, 2013）。石英粒子の表面の観察は、倍率を約100～10,000倍とし、先行研究（Vos et al. 2014）の形態分類表に基づき15種類の微細形態に着目して行った。各微細形態を有する粒子の割合を「形態の出現頻度」として算出した。観察結果は、統計解析ソフトの「エクセル統計」（社会情報サービス社製）を用い、SEMで観察した微細形態の出現頻度を変数として主成分分析（PCA）を行った。

河床堆積物では凹凸のある石英粒子が多く観察され、その外形は上流から下流にかけて大きな変化は見られなかった。粒子の表面には、貝殻状の断口、V字型の衝突痕、階段状の構造などの微細形態が確認された。いずれの微細形態も、水中での高いエネルギー環境下における粒子同士の衝突により形成されたと考えられた(Vos et al. 2014)。また石英内部の包有物に由来すると考えられる直径約数μmの微細な孔については、上流側と下流側で出現頻度が異なる河川があった。微細孔の出現頻度の違いは、粒子の生成環境、すなわち母岩の違いを表していると示唆されたため、河川の上流と下流で由来の異なる石英を観察している可能性が考えられた。
海岸堆積物では凹凸の少ない粒子が多い傾向にあったが、一部地域では河床堆積物に類似した形状の粒子が観察された。表面の形態は、水中での粒子同士の衝突により形成されるV字衝突痕の出現頻度に試料間で差が見られ(Krinsley et al. 1973)、河川からの土砂供給の影響が小さいと考えられる海岸では比較的高い出現頻度を示した。海岸までの運搬過程や堆積環境が試料採取地によって異なるため、多様な形の石英が認められたと考えられた。
表面形態の出現頻度を利用したPCAでは、河川3流域、海岸5地域それぞれでグルーピングが可能であった。PCAの第一主成分は化学的な作用で形成される形態が、第二主成分は機械的な作用による形態が主に

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

寄与していた。本手法は試料の類似性を調べるのに有効な手法と考えられた。

石英の形状および表面形態は採取地域ごとに多様性が見られ、石英を利用した後背地の推定は本国でも有用であると示唆された。石英の表面形態は、先行研究で報告されている種類の形態がおよそ観察されたものの、出現頻度が少ない形態もあるため、観察結果の考察は我が国の自然環境の理解に基づいて行う必要があると考えられた。

(Krinsley et al, Cambridge University Press, 1973: Mahaney, Oxford University Press, 2002: Takashimizu et al. Prog. Earth Planet Sci., 2016, 3:2: 鈴木ほか, 地質学雑誌, 2013, 119, 205-216: Vos et al. Earth-Science Reviews, 128, 93-104)

キーワード：石英、電子顕微鏡、画像解析、表面形態、フラクタル次元
Keywords: Quartz, SEM, Image analysis, Surface microtexture, Fractal dimension

©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-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 105 1F

[H-CG32] 堆積・侵食・地形発達プロセスから読み取る地球表層環境変動

コンビーナ:清家 弘治(産業技術総合研究所・地質調査総合センター)、山口 直文(茨城大学　広域水圏環境科学教育研究センター)、成瀬 元(京都大学大学院理学研究科)、高柳 栄子(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、座長:高柳 栄子(東北大学)、清家 弘治

地層の形成や地形発達のプロセスに注目し，地球表層環境のダイナミクスや変遷を議論するため，分野の垣根を越えた研究発表を募る．手法やあつかう時間スケールを問わず，野外観測・実験，理論に基づいた地形・堆積物・堆積岩組成・流体（河川・波浪・土石流・乱泥流・火砕流など）の研究を対象とする．防災や資源探査の観点からの議論も歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[HCG32-05] ベンガルファン堆積物における砕屑性重鉱物とNd-Sr同位体の特徴

*吉田 孝紀[1]、Cruz Jarrett[2]、M.C. Manoj [3]、葉田野 希[5]、France-Lanord Christian[4]、栗谷 豪[6] (1.信州大学理学部理学科地球学コース、2.フロリダ州立大学、3.Birbal Sahni Institute of Palaeosciences、4.CNRS-Universite de Lorraine、5.信州大学総合工学系研究科、6.北海道大学大学院理学研究院)

15:45 ~ 16:00

[HCG32-06] 北海道夕張地域中新統川端層のBoumaシークエンスを示す混濁流堆積層の有機物分析による植物片濃集機構の解明

*朝日 啓泰[1]、風呂田 郷史[2]、沢田 健[3] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.海洋研究開発機構、3.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

16:00 ~ 16:15

[HCG32-07] タービダイトに記録された前弧海盆の沈降変遷: 鮮新-更新統掛川層群

*曾根 明樹[1] (1.島根大学大学院　自然科学研究科　環境システム科学専攻　地球科学コース)

16:15 ~ 16:30

[HCG32-08] Most benthos floats up in liquefied sandy substrates: quantitative evaluation by measuring living-organism density

*清家 弘治[1]、佐々 真志[2]、白井 厚太朗[3]、窪田 薫[4] (1.産業技術総合研究所・地質調査総合センター、2.Port and Airport Institute、3.東京大学大気海洋研究所、4.海洋研究開発機構　高知コア研究所)

16:30 ~ 17:00

Discussion

ベンガルファン堆積物における砕屑性重鉱物とNd-Sr同位体の特徴
Detrital heavy mineral record and Nd-Sr isotopic signature in Bengal Fan

*吉田 孝紀[1]、Cruz Jarrett[2]、M.C. Manoj [3]、葉田野 希[5]、France-Lanord Christian[4]、栗谷 豪[6]
*Kohki Yoshida[1], Cruz Jarrett[2], Manoj M.C.[3], Nozomi Hatano[5], Christian France-Lanord[4], Takeshi Kuritani[6]

1. 信州大学理学部理学科地球学コース、2. フロリダ州立大学、3. Birbal Sahni Institute of Palaeosciences、4. CNRS-Universite de Lorraine、5. 信州大学総合工学系研究科、6. 北海道大学大学院理学研究院
1. Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University, 2. Florida State University, 3. Birbal Sahni Institute of Palaeosciences, 4. CNRS- Universite de Lorraine, 5. Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 6. Hokkaido University

The Bengal fan was formed by detritus shed by the Ganges and Brahmaputra rivers, reflecting India-Asia plate collision. The “IODP Expedition 354: Bengal Fan” recovered sediments recording the tectonic and climatic history related to the Himalayan orogeny (Fance-Lanord et al., 2016). We examined the heavy mineral assemblage, chemical composition of specific minerals and Nd-Sr isotope in the sediments deposited from the Miocene to present in the deepest hole (U1451A and B) in this expedition to clarify the detailed denudation history of the Himalayas. In addition, the heavy minerals in modern river sediments, taken from the Ganges and the Brahmaputra River in eastern India, are examined to compare with the Bengal Fan sediments.

The basal horizon of the Bengal Fan sediments, which consists of the latest Oligocene to earliest Miocene, was supplied by high-grade metamorphic terrene, correlatable to the High Himalaya Crystalline (HHC). Also, mafic metamorphic detritus, such as blue-green amphibole, were supplied suddenly from 14-13 Ma. Rare chromian spinels and Na-amphiboles were found in several horizons. These mafic detritus were actively provided after 7 Ma. These detritus were probably provided from the Yarlung-Tsangpo Suture Zone (YTSZ). After 6 Ma, olivine-pyroxene rich horizons are frequently intercalated in the Quaternary series. Tentative dominance of specific metamorphic minerals suggests episodic sediment production around HHC and YTSZ. The predominance of mafic minerals after 6 Ma indicates the contribution of the Brahmaputra River was increased. It is reported that the bed load sediments in the upper stream of the Brahmaputra River are characterized by the predominance of olivine, pyroxene, and ilmenite with a minor amount of spinels (Garzanti et al., 2004).

The depth profile of Sr-Nd isotopic signatures in the Bengal Fan sediments shows significant temporal variations. The range in 87Sr/86Sr and ε Nd indicate the dominance of Himalayan source. These signatures are bracketed by sediments from the Ganges, Brahmaputra River sands overlap with a data of the Lower Meghna (Pierson-Wickmann et al., 2001) indicating that the sediments in Bengal Fan are mixed products supplied from these two big rivers. Also, the Sr-Nd isotope depth profiles show a change in isotopic compositions around the lower part of the Middle Miocene.

These mineralogical and isotopic signatures indicate a relatively reduced supply of sediments from Brahmaputra river during the early Miocene time. The Sr-Nd isotopic signatures, the occurrence of mafic minerals and rare chromite grains also show significant variations indicating changes in the relative proportion of sediments originated from two big rivers. Especially in Pliocene and Quaternary sequences, the heavy mineral assemblage and Sr-Nd isotope signatures display a rapid and frequent change in the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

relative portion of sediments from both revivers. This is possibly related to the historical change of Brahmaputra river discharge refracting river capturing in eastern Himalayan syntaxis.

References

France-Lanord, C., Spiess, V., Klaus, A., Schwenk, T., and the Expedition 354 Scientists, 2016. Proceedings of the International Ocean Discovery Program Volume 354, publications.iodp.org.

Garzanti, E., Vezzoli, G., Andò, S., France-Lanord, C., Singh, S. K., & Foster, G., 2004. Sand petrology and focused erosion in collision orogens: The Brahmaputra case. Earth and Planetary Science Letters, 220, 157–174.

Pierson-Wickmann, A.-C., Reisberg, L., France-Lanord, C., Kudrass, H., 2001. Os–Sr–Nd results from sediments in the Bay of Bengal: implications for sediment transport and the marine Os record. Paleoceanography 16, 435–444.

キーワード：ヒマラヤ、衝突山脈、中新世
Keywords: Himalaya, collision mountains, Miocene

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道夕張地域中新統川端層のBoumaシークエンスを示す混濁流堆積層の有機物分析による植物片濃集機構の解明

Evaluation of plant-fragment concentration mechanism in the turbiditic sediments in the Bouma Sequence by biomarker analysis in the Kawabata Formation, Yubari area, central Hokkaido, Japan.

*朝日 啓泰[1]、風呂田 郷史[2]、沢田 健[3]
*Hiroyasu Asahi[1], Satoshi Furota[2], Ken Sawada[3]

1. 北海道大学理学院自然史科学専攻、2. 海洋研究開発機構、3. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University

【はじめに】北海道中央部夕張地域に分布する新第三系中新統川端層は、堆積盆底タービダイトとファンデルタ性のタービダイトで構成されていると考えられている(川上ほか，2002)．川端層ではタービダイト性の砂泥互層が卓越するが、稀に中粒～細粒で構成される砂岩層全体に植物片がラミナ状に濃集する砂岩層(植物片濃集砂岩層)が見つかる。Furota *et al.* (2014) では川端層の植物片濃集砂岩層の堆積学的研究およびバイオマーカー分析が行われており、ハイパーピクナル流によって形成された堆積物(ハイパーピクナイト)の可能性が強く示唆されている。一方で川端層ではBoumaシークエンスを示すタービダイトでも薄くはあるが有機物濃集層が形成されており、今まで植物片濃集砂岩層との比較はされていなかった。今回はBoumaシークエンスを示す典型的なタービダイトのバイオマーカー分析を行い、タービダイト内の有機地球化学的傾向から堆積過程の検討や、植物片濃集砂岩層との比較を行う。

【試料と方法】サンプルは2017年に記載、採取した北海道夕張地域の草木舞沢に露出する砂泥互層内の一連のタービダイト堆積物を用いた。有機地球化学分析としてバイオマーカー分析を行った。バイオマーカー分析として、脂質をジクロロメタン/メタノールで抽出した後に、シリカゲルカラムによって無極性～極性成分（脂肪族炭化水素画分、芳香族炭化水素画分、極性画分）に分画した。すべての画分をGC-MSおよびGC-FIDを用いてバイオマーカー分析した。

【結果と考察】今回分析した堆積相は15cm程の層厚を持ち、下部から緩く級化を示す中-細粒砂岩層, 平行葉理層, 有機物が濃集する薄い細粒砂岩層, 堆積構造を持たない極細粒-シルト層の4つのユニットが確認され, Tdを欠くBoumaシークエンスと考えられる。有機物の存在は、Ta部では細かく黒い植物片が点在し、Tb部では葉理部に植物片が存在している。Tc部に相当する部分では比較的黒く帯状の構造が複数見られ、植物片の濃集層と考えられる。上部のTe部では植物片は目下の観察では確認できなかった。

タービダイト内の*n*-アルカンの存在量はTaで最も低く、Tb, Tcで最も値が高く、Teでは減少傾向にある。この傾向は植物由来テルペノイドでも同様の傾向を示した。Pr/Ph値はTa, Teでは約3であり, Tb, Tcで5以上ととても高い値を示し、TbからTcにかけて陸上植物の寄与が特に高いことを示す。海成/陸源有機物の寄与の割合を評価するC27/29ステラン比はTaから徐々に減少していき、Tcではほぼ0となり、最上部のTeでは全ての層準の中で最も高い値を示した。これらの結果は、混濁流として再堆積する際に植物起源粒子の分別・濃集を示しており、断続的に有機物を輸送するハイパーピクナル流によって形成される堆積物とは異なっている。トリテルペノイドとジテルペノイドはそれぞれ被子植物と裸子植物、特に針葉樹のバイオマーカーとして使われている。ジテルペノイド組成は、脂肪族炭化水素画分, 芳香族画分ともにTaからTeに至るまでほとんど変化を示さず、陸上植物中の針葉樹の寄与を示すHPP指標もほとんど変化しなかった。このような特徴はトリテルペノイドでも同様であり、これはBoumaシークエンスが、混濁流により運搬・再堆積する際に組成が均一したこと

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

を示すと考えられ、堆積層内で組成に変化があるハイパーピクナイトとは異なる特徴である。des-A トリテルペノイドは、五環性のトリテルペノイドが初期続成段階で微生物分解の影響などによりA環が開裂することで形成される。des-A トリテルペノイドはすべての層準から検出され、その組成にも堆積層毎に変化は見られない。しかし、des-A トリテルペノイド/五環性（減成していない）トリテルペノイド比は全体的に高い値を示したが、特にTb, Tcで特に高い値を示した。風呂田ほか(2014)では、ハイパーピクナイトでは泥岩と比べdes-A トリテルペノイド/五環性トリテルペノイド比は低い値を示すことが報告されており、この違いはハイパーピクナル流が新鮮な有機物を陸上から迅速に輸送するプロセスとは異なり、 A環開裂過程を経たトリテルペノイドが時間をかけて堆積し、混濁流により再堆積・有機物濃集したことを示していると考えられる。ハイパーピクナル流による堆積物と典型的なタービダイトシークエンスを示す堆積物では有機地球化学的特徴が異なっており、ハイパーピクナル流がより多量かつ新鮮な陸源有機物を大量に輸送する機構であることを改めて示唆している。

キーワード：タービダイト、バイオマーカー、北海道
Keywords: Turbidite, Biomarker, Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

タービダイトに記録された前弧海盆の沈降変遷: 鮮新-更新統掛川層群
Tectonic behavior of a forearc basin reconstructed using turbidites: an example from the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, central Japan

*曾根 明樹[1]
*Sone Haruki[1]

1. 島根大学大学院　自然科学研究科　環境システム科学専攻　地球科学コース
1. Graduate school of Shimane University, Natural Science and Technology, Major in Science of Environmental systems, Geoscience corse

この研究では，タービダイトの層厚や古流向の情報を利用して，堆積盆の「動き」の復元を試みた．地形的に複雑な堆積盆を流れる混濁流は地形の影響を受けて流れの方向を変える．これまで，鮮新-更新統掛川層群において，先行研究では，陸側から流れてきた混濁流が，沖合の地形的高まり (外縁隆起帯)によって流れの方向が反転した証拠を見つけた．これらの研究では，凝灰岩に沿って広域的にタービダイトを対比し，その特徴の変化から，堆積盆の地形を復元した．その時に利用したアイデアは，(1) タービダイト砂岩は盆地の地形変換点で流れがよどむために，厚くなる，(2) 泥は盆地の中心で厚くなる，ことである．先行研究では掛川層群中部の一部の層準で，掛川堆積盆内での堆積中心が時間と共にシフトしたことを示した．盆地の発達を理解するためには，さまざまな層準に対して，この解析方法を適用する必要がある．ここでは，掛川層群下部のタービダイトの特徴を記載し，古流向の情報などから，反転したタービダイトの有無を確認，その情報を元に堆積盆の沈降や隆起の変遷が読み取れたので，報告する．

掛川層群中部から下部にかけては砂泥互層からなる．ここでは，下部の砂岩泥岩互層に焦点を向けた．掛川層群の下部の砂岩泥岩互層内には，斜交層理や，地滑りなどの斜面運動によって変形させられたコンボリュート構造などが見られる．この斜交層理の走向・傾斜方向を測ることで古流向を求め，コンボリュート構造の斜面下方にずれを生じた褶曲軸を測ることで古斜面方向を求めた．

調査の結果，掛川層群中部の砂岩泥岩互層は細粒-極細粒砂から構成され，反転タービダイトの特徴が見られる．しかしながら，下部のタービダイトの特徴は中部とは異なり，粗粒-極粗粒砂から構成され，厚い塊状部，薄い平行葉理と斜交層理が見られる．また，いくつかのタービダイトはうねった葉理の中に上に凸の構造がみられ，これはアンティデューンの一部であると解釈される．さらに，タービダイトの最上部の泥が欠損したタービダイトや，マッドクラストを多く含む層が見られた．これらは小規模な海底地すべりによって形成されたと考えられる．掛川層群内の沖に向かった流れは東から南にかけて優勢とされる．反転流による堆積構造を持つタービダイトは研究地域の中部から下部にかけて存在頻度が減少し，全く見られない層準も存在する．このことは，研究地域下部のタービダイト層は陸側から沖合に向かった斜面環境下で沖合に向かう流れによって堆積して形成されたことを示す．すなわち，掛川層群下部では堆積物が北側から南に向けて前進するように堆積し，堆積盆の中心は掛川層群の中部よりも沖合に位置していたと考えられる．本研究で，研究地域内で反転タービダイトの存在頻度が変化していることが明らかとなった．この変化の要因を調べるために，より広範囲を調査する必要がある．この変化の一つの可能性として，沖合の地形的高まり（外縁隆起帯）の隆起の速度の変化が考えられる．

キーワード：掛川層群、タービダイト、前弧海盆
Keywords: Kakegawa Group, turbidite, forearc basin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Most benthos floats up in liquefied sandy substrates: quantitative evaluation by measuring living-organism density

*清家 弘治[1]、佐々 真志[2]、白井 厚太朗[3]、窪田 薫[4]
*Koji Seike[1], Shinji Sasa[2], Kotaro Shirai[3], Kaoru Kubota[4]

1. 産業技術総合研究所・地質調査総合センター、2. Port and Airport Institute、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 海洋研究開発機構　高知コア研究所
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Port and Airport Research Institute, 3. AORI, The University of Tokyo, 4. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC

Seabed liquefaction substantially affects benthic ecosystems. To investigate exogenous-forced behavior of organisms in liquefied substrates, we measured the body density of benthic organisms including bivalves, gastropods, annelids, and echinoderms collected from some localities in Japan, and compared them with the liquefied substrate density. Density of most measured benthic species showed was less than that of the liquefied seafloor sediments, suggesting that these species would float upwards in liquefied substrates. In contrast, a few individuals of three species showed higher body densities than the density of the liquefied sediments. These heavier benthic species would be expected to move downward during liquefaction of the substrate. These findings indicate that body density may determine the response of each benthic species to seabed liquefaction, forcing them to move upward or downward depending on their body density.

キーワード：liquefaction、sediment、earthquake、benthos
Keywords: liquefaction, sediment, earthquake, benthos

©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-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 202 2F

[H-CG33] 圏外環境における閉鎖生態系と生物システム

コンビーナ:富田ー横谷 香織(筑波大学生命環境系)、篠原 正典(帝京科学大学)、木村 駿太(筑波大学大学院生命環境科学研究科)、座長:木村 駿太

“惑星と閉鎖生態系における生物システム”をサブタイトルとして、2011年から続けているこのセッションは、地球の未来を見据えた話題を常に提供している。地球上の人間が生活するのに過酷な場や宇宙の環境の場は、おのずと閉鎖系が構築されることになる。その中で、人々はどのように暮らしていけるのだろうか。人間だけでなく多くの生物との共存となる。閉鎖生態系における生物のシステムは、個々の生物の細胞から、有人宇宙活動における工学的な物質循環に至るまで、実に広い分野を含む研究が必要である。それぞれの研究分野における個々のテーマを紹介し知り合い更に発展できる先を確認しあうことで、次世代に自然に継承される発展的研究となるだろう。このとき、必ずや世代を超えた討論の場が必要であると考えている。本セッションは、次世代への継承の場として、高く貢献できる可能性を秘めている。

15:30 ~ 15:32
Introduction

15:32 ~ 15:47
[HCG33-01] 閉鎖生態系における生物システム

*富田ー横谷 香織[1] (1.筑波大学生命環境系)

15:47 ~ 16:07
[HCG33-02] 宇宙における水産養殖の概念と研究 ―これまで、そしてこれから―
★招待講演

*遠藤 雅人[1] (1.東京海洋大学)

16:07 ~ 16:27
[HCG33-03] 酸化ストレスから身体を守る生体内ガス状シグナル伝達物質
★招待講演

*吉田 滋樹[1] (1.国立大学法人　筑波大学)

16:27 ~ 16:42
[HCG33-04] 宇宙居住における健康維持ための栄養摂取と食材選択に関する検討

*木村 靖子[1]、木村 駿太[2,3]、加藤 浩[4]、富田ー横谷 香織[2] (1.十文字学園女子大学、2.筑波大学、3.東京大学、4.三重大学)

16:42 ~ 16:57
[HCG33-05] 合理的楽観主義は”閉鎖生態系”地球でどこまで通用するのか　～人類が持続可能な生存を続けるために必要なこと～

*篠原 正典[1] (1.帝京科学大学)

16:57 ~ 17:00
Discussion

閉鎖生態系における生物システム
Closed bio-ecosystems in extraterrestrial environments-Research in closed bio-ecosystems

*富田ー横谷 香織[1]
*Kaori Tomita-Yokotani[1]

1. 筑波大学生命環境系
1. Faculty of Life and Environmental Sciences University of Tsukuba

“惑星と閉鎖生態系における生物システム”について、2011年から継続して、地球惑星科学連合大会のセッションとして取りまとめてきた。閉鎖生態系における生物のシステムは、個々の生物の細胞から、有人宇宙活動における工学的な物質循環に至るまで、実に広い分野を含む。それぞれの研究分野における個々のテーマは、次世代に継承される研究であることが必要である。そこで、本セッションは、これらについての世代を超えた討論の場として、継続して行う。本年、地上における食品を中心に地上の閉鎖生態系研究も加えたセッションとして紹介する。

キーワード：閉鎖生態系、圏外環境、食品
Keywords: closed bio-ecosystems, extraterrestrial environments, food

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宇宙における水産養殖の概念と研究 ーこれまで、そしてこれからー
Concept and Studies of Aquaculture in Space -In the Past and Future-

*遠藤 雅人[1]
*Masato Endo[1]

1. 東京海洋大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology

我々はこれまで20年にわたり宇宙における閉鎖生態系居住施設における食料生産、特に動物性蛋白質の供給源として魚類養殖を提案し、様々な研究を進めてきた。実質的には宇宙環境下で変化する重力への対象種の応答や物質循環型の魚類生産について知見の集積を行ってきた。これらは宇宙環境下における水産養殖の可能性を示すものであり、今後の宇宙居住をより具体化するうえで必要な基礎的データとなる。これまでの宇宙における水産養殖の概念とそれを検証するための研究は生産に特化したものであった。今後、生産の効率化に関しては地上での技術開発が進められている自動飼育・培養技術の導入が望まれる。生産の効率化以外に居住施設全体の物質フローや生産後の利用に関しての検討が必要になる。物質とエネルギーのフローにおいては他のサブシステムも含めた総合的な検討が必要であり、これまで蓄積された各モジュールでの基礎データを数理モデルとして組み上げ、様々なシミュレーションから研究を進めることが望まれる。また、生産物の保存に関しても物質循環のバッファーとしての検討が必要となる。この点に関しては冷凍、缶詰やレトルトの技術の活用が必要不可欠である。最後に要求と制約を考慮した食や人工生態系の多様性を検討する必要がある。人工生態系の物質フローの構築、生産種の選定、各種調理法の選択にはそれぞれ様々な要求と制約が生じる。これに関しても宇宙居住施設全体の要求と制約を考慮したうえでの選択肢の準備が必須であると考えられる。

キーワード：水産養殖、食料生産、制御生態系生命維持システム
Keywords: Aquaculture, Food production, Controlled ecological life support system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

酸化ストレスから身体を守る生体内ガス状シグナル伝達物質
Protection effects of gasotransmitters against oxidation damager in vascular endothelial cells

*吉田 滋樹[1]
*Shigeki Yoshida[1]

1. 国立大学法人　筑波大学
1. University of Tsukuba

　地球外での生活では、宇宙線や精神的ストレスなどの外因性および内因性に起因する活性酸素種の発生が想定される。活性酸素種はヒトの血管においては血管内皮細胞に損傷を与えることで各種疾病の根底原因となっている。この活性酸素種によるダメージを低減するためにも血管保護効果や酸化ストレスに対する抵抗性の向上にはガス状シグナル伝達物質、一酸化窒素や硫化水素が作用している。そこで本公演では、血管の機能とその保護効果を有する一酸化窒素や硫化水素の生産を促進する食品成分にについて紹介する。

キーワード：酸化ストレス、機能性食品成分
Keywords: oxidative stress, functional food components

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宇宙居住における健康維持ための栄養摂取と食材選択に関する検討
Study on nutrition intake and food selection to maintain health for habitation in space

*木村 靖子[1]、木村 駿太[2,3]、加藤 浩[4]、富田一横谷 香織[2]
*Yasuko Kimura[1], Shunta Kimura[2,3], Hiroshi Katoh[4], Kaori Tomita-Yokotani[2]

1. 十文字学園女子大学、2. 筑波大学、3. 東京大学、4. 三重大学
1. Jumonji University, 2. University of Tsukuba, 3. The University of Tokyo, 4. Mie University

人類が火星などの宇宙居住をめざすとき、長期にわたって心身ともに健康を維持するためには適正な栄養素の摂取が重要な課題となる。人が健康を維持するために適正な栄養素の摂取量は、年齢や性別、体格、身体活動状況により異なり、さらには人種的な差もあり、各国では健康の維持増進のための栄養摂取基準量を設けている。限られた食資源から必要な栄養を摂取することを強いられる宇宙環境では、居住する人の栄養摂取基準量を正確に把握し、限られた食材をより有効な方法で調理加工することで適正な栄養を摂取することが必要である。本発表では、地上における栄養摂取基準量をもとに宇宙環境における適正な栄養摂取について考察する。さらに、これまでに宇宙環境で構築される農業や閉鎖型環境システム内において導入可能な生物種で食材の候補となっているものの栄養価を検討し、有効な栄養摂取のための食材の組み合わせや調理法を提案する。

キーワード：宇宙居住、健康、栄養摂取基準量、栄養素、食材
Keywords: habitation in space, health, Nutritional Requirements, Nutrients, food materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

合理的楽観主義は”閉鎖生態系”地球でどこまで通用するのか　～人類が持続可能な生存を続けるために必要なこと～
Limit of "rational optimism", Earth as CELSS, and sustainability of human-being

*篠原 正典[1]
*Masanori Shinohara[1]

1. 帝京科学大学
1. Teikyo University of Science

　情動と切り離して操作可能な言語を獲得し認知的流動性を得た人類は、イノベーションとその融合、そして分業によって、その歴史の中でかつてない“繁栄”期をむかえているという論考がある。一方で、我々のこの地球上での暮らしそのものが自然環境に対しても社会環境的にも持続可能で安定的なものではないという報告も数多くある。講演者は複雑な社会性の動物でありヒトが未だ飼育技術を確立できていないイルカ類の行動研究を専門とし、（財）環境科学技術研究所によって行われた閉鎖生態系への居住の試み“ミニ地球プロジェクト（2名、最長1ヶ月）”に居住者としてのべ42日間を閉鎖環境下で過ごすという先端的な居住技術研究の実際に触れる経験も得てきた。これらの専門・経験を踏まえ、また、過去・現在のバイオスフィア実験を概観しつつ、人類の地球上での“繁栄”の限界と、人類が地球の生存圏を超えたより広い生存圏を構築しうる可能性を検討し報告する。

キーワード：閉鎖生態系、持続可能性、楽観的合理主義
Keywords: Closed Ecology, Sustainability, Rational Optimism

©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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:林 能成(関西大学社会安全学部)、具 典淑(株式会社大崎総合研究所)

地震災害に直結する強震動に関して討論する．強震動をもたらす震源特性，地盤構造，地震波動伝播，揺れの特徴を支配する表層構造の理解など，理論や観測に基づく，現象の理解を目的とする研究発表を募集する．これに加え，強震動予測や地震防災の研究など将来の地震災害を軽減するための研究発表・提言も歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[SSS13-01] 三次元弾塑性解析を用いたRiedelせん断の形成に及ぼすjogの逸脱量の影響に関する検討

*豊田 智大[1]、野田 利弘[2]、山田 正太郎[1]、浅岡 顕[3] (1.名古屋大学大学院　工学研究科、2.名古屋大学　減災連携研究センター、3.地震予知総合研究振興会)

9:15 ~ 9:30

[SSS13-02] 地震学者を対象とした南海トラフ地震の事前予測の可能性に関するアンケート調査

*林 能成[1] (1.関西大学社会安全学部)

9:30 ~ 9:45

[SSS13-03] プレート三重会合点付近の地震により東京湾岸で観測される長周期地震動

*植竹 富一[1] (1.東京電力ホールディングス株式会社　経営技術戦略研究所　技術開発部)

9:45 ~ 10:00

[SSS13-04] **Time-frequency and engineering characteristics on offshore ground motion**

*CHEN Su[1]、FU Lei[1]、LI Xiaojun[1] (1.Institute of Geophysics, China Earthquake Administration)

10:00 ~ 10:15

[SSS13-05] **Long-period Ground Motion from Hypothetical Megathrust Earthquakes along the Nankai Through using the Ambient Seismic Field**

*Loic Viens[1]、Tomotaka Iwata[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

10:15 ~ 10:30

[SSS13-06] 断層破壊が地表まで達するプレート境界地震の断層モデルの設定方法による南海トラフ巨大地震の断層モデルおよび強震動評価

*具 典淑[1]、藤原 広行[2]、森川 信之[2] (1.株式会社　大崎総合研究所、2.国立研究開発法人　防災科学技術研究所)

三次元弾塑性解析を用いたRiedelせん断の形成に及ぼすjogの逸脱量の影響に関する検討

Investigation of the effect of jog deviations on Riedel fractures by three-dimensional elasto-plastic analysis

*豊田 智大[1]、野田 利弘[2]、山田 正太郎[1]、浅岡 顕[3]
*Tomohiro Toyoda[1], Toshihiro Noda[2], Shotaro Yamada[1], Akira Asaoka[3]

1. 名古屋大学大学院　工学研究科、2. 名古屋大学　減災連携研究センター、3. 地震予知総合研究振興会
1. Nagoya University, Graduate School of Engineering, 2. Nagoya University, Disaster Mitigation Research Center, 3. Association for the development of earthquake prediction

横ずれ断層の変位に伴って形成されるRiedelせん断の発生過程には，jogの存在が重大な影響を及ぼす．例えば，図1はステップを含む左横ずれ断層であるが，図の奥側のようにjogが両側から引かれる場合には，引張応力場の元で正断層的に図2(a)のような負のflower構造が形成されてdepressionを生じる．一方，図の手前側のようにjogが両側から押される場合は，圧縮応力場の下で逆断層的に図2(b)のような正のflower構造が形成されてbulgeが出現する．これらのjogでは，横ずれ断層の純せん断に加え，引張／圧縮が競合して作用するため，ぞれぞれtranstension／transpressionと呼ばれる．また，これにより幾何的に隆起や沈下を生じることから，これらの変形場はそれぞれpull-apart／push-upとも呼ばれる．著者らはこれまでに，これらのpull-apartおよびpush-upを模擬した不連続な断層変位場を境界条件として考慮した3次元弾塑性有限変形解析を実施し，横ずれ断層における局所的なjogの存在に起因した分岐断層構造の形成過程を数値解析的に再現することを試みてきた[2)]．本稿では特に，jogの逸脱量を系統的に変えた解析を通して，jogにおける逸脱の程度がRiedelせん断の発生角度に影響を与えることを示し，これについて主応力方向の回転と関連付けて議論する．

数値解析には，著者らの研究グループが開発を進めている地盤の動的／静的水～土骨格連成弾塑性有限変形解析コード***GEOASIA***[3)]を用いた．本手法は二相系解析にも対応しているが，本稿では一相系条件での解析について述べる．図3のように，*y*方向を横ずれ断層の走向方向にとる3次元直方体メッシュ（要素数：32800）を用いた．模型底面においては，同図に示すような屈曲した断層領域を設定し，その両側の節点に*y*方向の右横ずれ強制変位（v=10^{-6}m/s）を与えた．これにより，領域Aではtranspressionの応力場が，領域Bではtranstensionの応力場がそれぞれ表現されることとなる．骨格構造概念に基づく土の弾塑性構成式SYS Cam-clay modelの材料定数は，既往研究[2)]と同一とした．

図3に示した三次元模型について，走行方向の寸法を相似的にα=1, 2, 3倍に拡大した3種の模型を用意し，jogの逸脱量をd=5, 10, 15mmと変えて数値解析を行った．図4には，解析終了段階における地表面でのせん断ひずみの分布を示す．同図は，右斜めに連なるRiedelせん断帯の出現がせん断ひずみの局所化の帰結として解かれていることを示している．

まず，逸脱量d=15mmのケースについて，α=1の模型ではpush-up側で大域的なRiedelせん断がさらに複数のRiedelせん断により分割される「duplex」の出現が，α=2,3の模型ではpull-apart側でRiedelせん断を接続する「P-shear」の出現がそれぞれ解かれていることが分かる．しかし，これらの複雑な変状は，jogの逸脱量をd=10, 5 mm小さくしてゆくと，すなわち断層線を直線に近づけてゆくと次第に出現しなくなり，ついにd=5 mmではどの模型でも1本の独立したRiedelせん断に収斂している．この結果は，これらの二次的な変状を解く上でjogの導入が重要であることを示唆するものである．

次に，Riedelせん断の角度について，α=3の模型に着目すると，逸脱量の小さいd=5mmではpush-up側でもpull-apart側でもせん断帯の発生角度にほとんど差はないが，jogの逸脱量が大きくなるにつれて，せん断帯の角度は，push-up側では走行方向に対して低角に，pull-apart側では走行方向に対して高角になってゆくことが分かる．この原因について，主応力方向の変化に着目して述べる．図5は，領域A，領域B直上の地表面におけるRiedelせん断発生位置での解析終了時の最大主応力方向を示したものである．ただし，最大主応力方向は，走行方向に対する角度として，時計回りを正として表示している．一般に，純せん断の変形場（jogを含ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ない直線断層）の場合，最大主応力方向は45°となるため，主応力方向の45°からのずれは専らjogに起因するものであると言ってよい．同図は，push-upにおいては純せん断に圧縮が競合するため（transpression）最大主応力方向が45°よりも大きくなる様子が，pull-apartにおいては純せん断に引張が競合するため（transtension）最大主応力方向が45°よりも小さくなる様子がそれぞれ解かれている．ただし，最大主応力方向の45°からのずれは逸脱量が小さくなると次第に小さくなり，純せん断に近づいてゆく．以上より，逸脱量が小さくしてゆくとpush-upとpull-apartでRiedelせん断の角度に差を生じなくなることは，応力場が圧縮／引張が競合するtranspression／transtensionに占める純せん断の割合が相対的に大きくなるためであると解釈できる．

（謝辞）本研究の数値解析は京都大学学術情報メディアセンターのスーパーコンピュータシステムを利用して実施した．また，科学研究費補助金（基盤研究(A)：課題番号17H01289）の助成を受けた．

1) Fossen, H. (2016): Structural Geology, Cambridge University Press, pp.377-400, 2nd edition.
2) Noda, T., et al. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating SYS Cam-clay model, S&F, Vol.48, No.6, pp.771-790.
3) 豊田ら (2018): 地盤の強非線形性と横ずれ断層上の幾何学的バリアの影響を考慮したRiedelせん断帯の数値シミュレーション, JpGU2018, SCG66-05.

キーワード：横ずれ断層、リーデルせん断、ジョグ、弾塑性、数値解析、フラクチャー
Keywords: strike-slip fault, Riedel shear, jog, elasto-plasticity, numerical analysis, fracture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

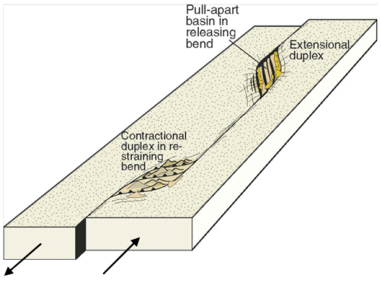


Fig. 1 Jog on strike-slip fault[1)]

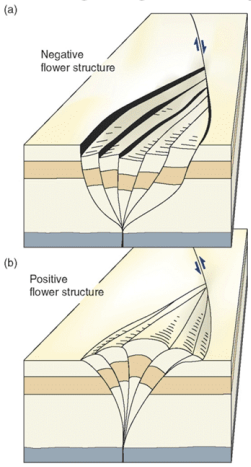


Fig. 2 Flower structures[1)]

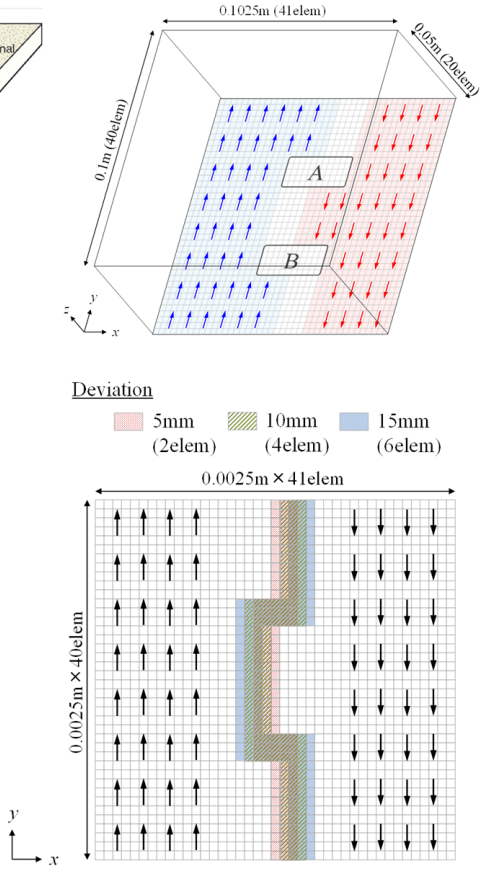


Fig. 3 Finite element mesh and boundary conditions

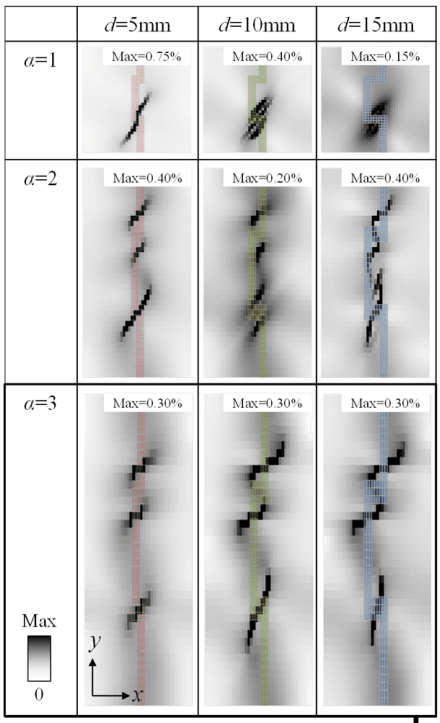


Fig. 4 Shear strain distributions at the surface

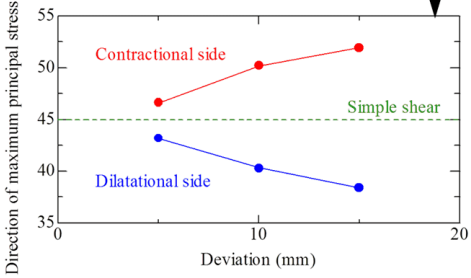


Fig. 5 rotation of the direction of principle stress

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震学者を対象とした南海トラフ地震の事前予測の可能性に関するアンケート調査

A survey on earthquake prediction and public warning in seismological community

*林 能成[1]
*Yoshinari Hayashi[1]

1. 関西大学社会安全学部
1. Faculty of Societal Safety Sciences, Kansai University

地震災害軽減において、地震予知への社会的な期待は極めて大きい。公的機関による大規模な地殻活動の観測を根拠にするものから、民間による根拠不明な予言レベルのものまで、多くの地震予知がかなり昔から試みられているが、現実には予知率、的中率、警報期間の３つ全てを実用レベルで実現しているものはない（泊, 2015）。

国として進められてきた東海地震の予知と大震法に基づく社会規制という体制は、ターゲットとする地震を南海トラフ全体に広げる検討の中で後退し、2017年11月から「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」による控え目な対応へと変更された。現在、市民、企業、行政などで行動指針の策定が試みられているが、事前に出される可能性がある情報についての予知率や的中率に関する共通認識が得られているとは言い難く、非常に厳格な社会規制や対応が真面目に検討される場面が少なくない。また地震研究者の間でも、地震予知の実現可能性についての認識には幅があり、大地震に先行する現象がそもそも存在しないと考える者もあれば、観測や判定に関する知見が不足していると考える者もいるなど多様性がある。

そこで地震前予測情報についての地震研究者の総合的な認識を明らかにするためのアンケート調査を行なった。アンケートでは地震の事前予測ができる、できないという単純な聞き方ではなく、地震予測情報を発表に至るまでのプロセスを以下の４段階に分解したのが特徴である。４段階とは、(1)地震に先行する現象の有無、(2)その現象の観測可能性、(3)観測された事象を異常と判定できる可能性、(4)異常と判定された場合に社会に向けて発表できるか否かで、各研究者の認識を０％から100％まで10%きざみの数値で回答を求めた。さらに、地震前に情報が出された場合に、市民が制限のある生活に耐えられる期間に地震が起こる確率（的中率）についても、同様に０％から100％まで10%きざみの数値で回答を求めた。ほとんどの研究者はこれらの数字を判断する上で明確な科学的根拠を持っているわけではないが、地震に関する調査・研究を長年進めてきた経験に基づく相場観を聞いた形である。

対象とした研究者は日本地震学会の理事、代議員、合計129名で、このうちの90名から回答を得た。地震学会の代議員は会員による選挙で選出されるため、同分野の中で一定の見識を持っている研究者が選ばれていると考えることができる。アンケートへの回答は2018年の日本地震学会秋季大会の会場において対面で依頼することを基本とし、それが不可能だった人にはメールによって回答を求めた。

暫定的な集計結果では、情報を発表に至るまでの４段階いずれにおいても0%から100%まで回答には幅があり、地震学者の中でも地震の事前発生予測に多様な認識があることが明らかになった。各段階の平均値は(1)「現象の有無」47%、(2)「観測の可否」47%、(3)「判定の可否」28%、(4)「発表の可否」41%となり、判定を難しいと考える研究者が多い傾向にある。しかし、全ての回答が平均値に近い研究者は少なく、専門分野やこれまでの研究経験によって、4段階のどこが難しいと考えるかには明瞭な違いが見られた。

観測に基づく地震の事前予測を行い、その警報を社会に発表するためには、この４段階全てを成功させる必

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

要がある。そこで各研究者の４段階の回答全てをかけ合わせた数字を求めたところ平均値は6%という値になった。これは市民や行政が期待している値よりも低い（たとえば、静岡新聞, 2018）。また情報が発表された時に、地震が起きる確率（的中率）の平均値は22%であった。当日の発表では平均値だけではわからない、回答のばらつきも踏まえた解析結果を示す。

多くの専門家は科学的誠実さにもとづいて「実用的な地震予知ができる可能性は低い」とこれまで述べてきたが、その真意は必ずしも社会には伝わってこなかった。受け止める側では、「低い＝０ではない」＝「０でないなら対策を決めなければならない」＝「想定される地震の被害は大きいので厳重な警戒が必要」となり、地震が発生しなかった場合を考慮しない厳重な対応策を選択しがちであった。この種の情報を使いこなすためには、市民感覚に比べて極めて低い予知率、的中率で、さらに長い警報期間を前提にした、無理のない対応策の検討が求められる。

キーワード：地震予知、南海トラフ地震、アンケート調査
Keywords: earthquake prediction, Nansai trough earthquake, Survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

プレート三重会合点付近の地震により東京湾岸で観測される長周期地震動
Long-period strong ground motion of the Tokyo Bay area during the events occurred in the plate triple junction area

*植竹 富一[1]
*Tomiichi Uetake[1]

1. 東京電力ホールディングス株式会社　経営技術戦略研究所　技術開発部
1. R&D Department, TEPCO research Institute, Tokyo Electric Power Company

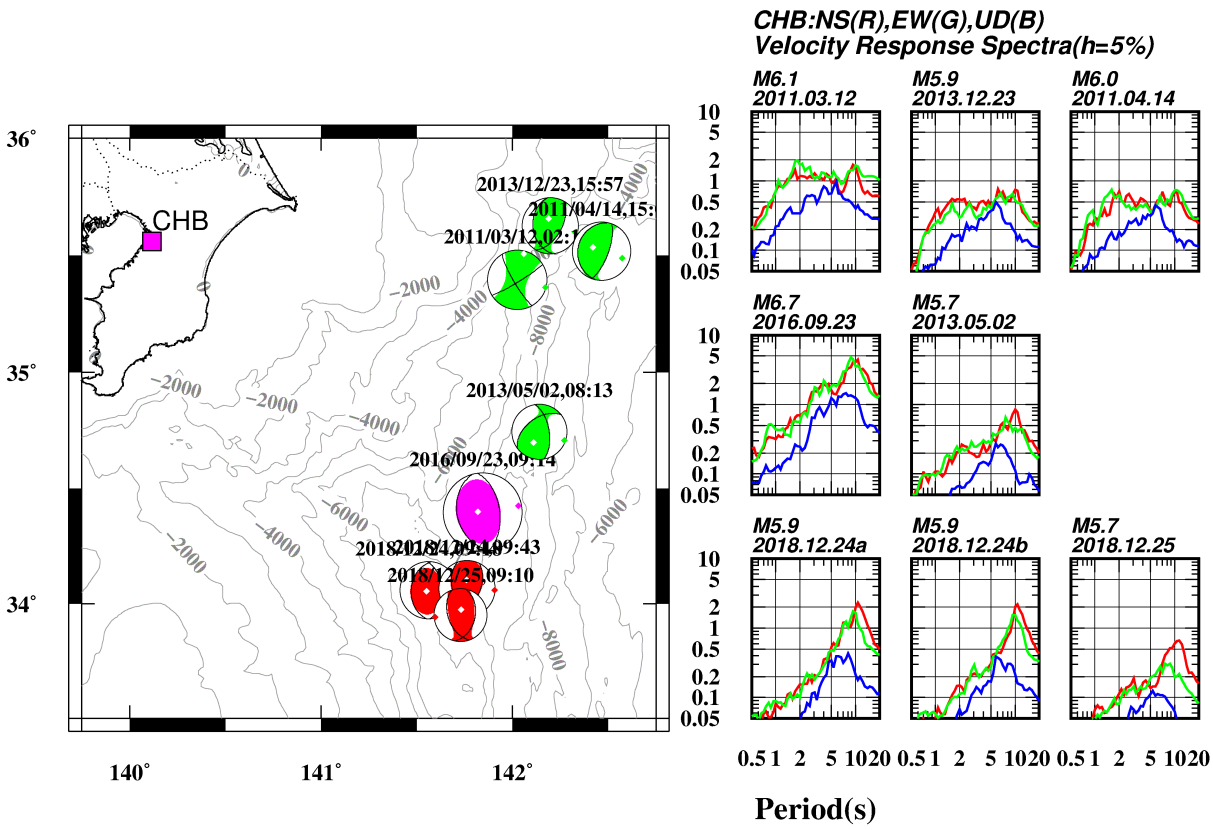
植竹(2018)では，2016年9月23日に三重会合点北側で発生したM6.7の地震による東京湾岸の速度記録を分析し，同規模・同距離の地震による記録と比べて，短周期成分が小さく，周期10秒の成分が大きいことを示した．その後，三重会合点の南側で，2018年12月24日にM5.9の地震が2回，12月25日にM5.7の地震が1回起きたことから，2016年の地震との比較を行った．さらに北側の日本海溝沿いに発生した地震との比較も試みた．

まず，2018年12月24日9時18分に発生したM5.9の地震による記録を分析した．分析に用いたのは東京湾岸の火力発電所に設置されている速度型強震計の記録である．東京湾の西側に8地点，東側に4地点の観測点がある．震央距離は，東京湾東側（千葉県側）と横須賀で概ね210～220km，横須賀を除く東京湾西側で230～240kmである．いずれの観測点でも長周期の揺れが長時間継続しており，東京湾北東部の観測点では顕著な長周期波群が確認できる．減衰5%の速度応答スペクトルを計算すると，いずれの観測点でも周期１０秒付近がピークで短周期側は小さい．周期１～2秒の振幅は周期10秒の振幅の5分の一以下である．観測波形にマルチフィルタ解析を施すと，東京湾北東部の波形には明瞭な群分散性が認められ，表面波成分が卓越していると考えられる．こういった波形の特徴は，2016年のM6.7の地震と類似している．2018年12月24日9時43分のM5.9の地震や2019年12月25日のM5.7の地震でも同様な傾向が確認できた．

次に，日本海溝沿いに北側で発生した地震と比較を行った．2008年から2018年に，北緯35.5度から南側の海域で発生したM5.7以上の地震を調べた．この海域では大きな地震の発生が少なく，抽出された地震は次の4地震である．南から順に2013年5月2日M5.7，2011年3月12日M6.1，2011年4月14日M6.0，そして2013年12月23日M5.9である．これらの地震の減衰定数5%の速度応答スペクトルの特徴を調べた．最も南側の2013年5月2日の地震では三重会合点付近の地震とよく似た形状を示していたが，北側の他の3地震では短周期側も大きく，周期10秒付近から周期2秒付近までほぼ同じ振幅レベルとなっていた（図参照）．このことは，海溝沿いの地震の震源特性に地域性がある可能性を示唆している．

キーワード：長周期地震動、表面波、震源特性
Keywords: Long-period strong ground motion, Surface waves, Source characteristics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time-frequency and engineering characteristics on offshore ground motion

*CHEN Su[1], FU Lei[1], LI Xiaojun[1]

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration

Based on the offshore ground motions collected from California, U.S and Sagami trough zone, Japan, the time-frequency distribution feature of offshore ground motions was analyzed by Hilbert-Huang transform method. The corresponding spectral accelerations and dynamic amplification factor spectrum were compared with the design spectra in relevant seismic design standards. The research results indicate that, the offshore ground motions contain a wealth of long period component, the long period and ultra-long period component were dominant in frequency range. The energy distribution of the normalized marginal spectrum was correlated with epicenter distance. The horizontal offshore ground motion’ s energy was much larger than that of the vertical ground motion. Moreover, the further finds show that the dynamic amplification factor β -values of most offshore ground motions are greater than the current platform value of seismic design standards used, i.e., their long-period components are comment larger than that the seismic design standards given, so it is risky to carry out offshore facilities seismic design by land seismic design standards. In view of that there are lots of actual engineering structure, such as long-span bridges, oil and gas platform, etc., the long period components of offshore ground motions should be paid more attention in offshore engineering structure seismic design.

Keywords: Offshore ground motion, Seismic design, Hilbert-Huang transform method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Long-period Ground Motion from Hypothetical Megathrust Earthquakes along the Nankai Through using the Ambient Seismic Field

*Loic Viens[1], Tomotaka Iwata[1]

1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Long-period ground motions from megathrust earthquakes are a real threat for large-scale human-made structures. The Nankai subduction zone, Japan, is expected to host a major megathrust earthquake in the near future and has therefore been instrumented with offshore and onshore permanent seismic networks. To simulate the long-period ground motions that could be generated by such earthquakes, we take advantage of the continuous data recorded offshore (DONET1 and DONET2 seismic stations) and onshore (Hi-net stations). We compute offshore-onshore impulse response functions from the continuous records using seismic interferometry by deconvolution. After amplitude calibration, we show that the impulse response functions reproduce well the long-period ground motions of moderate (M_w ~5) earthquakes. We construct realistic source models of several M_w 8+ earthquake scenarios that we use together with the computed impulse response functions to predict the long-period ground motions in the surrounding region. We finally calculate the velocity spectral response of our simulated waveforms and compare them to those obtained with ground motion prediction equations. This study suggests that the ambient seismic field recorded by the ever-increasing number of ocean bottom seismometers can be used to simulate the long-period ground motions from megathrust earthquakes.

Keywords: Long-period ground motion, Seismic noise, Green's function

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層破壊が地表まで達するプレート境界地震の断層モデルの設定方法による南海トラフ巨大地震の断層モデルおよび強震動評価
Fault model and strong ground motion evaluation for the Nankai megathrust earthquake

*具 典淑[1]、藤原 広行[2]、森川 信之[2]
*Dianshu Ju[1], Hiroyuki Fujiwara[2], Nobuyuki Morikawa[2]

1. 株式会社　大崎総合研究所、2. 国立研究開発法人　防災科学技術研究所
1. Ohsaki Research Institute, Inc., 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

1. はじめに

壇・他(2013)は、マグニチュード9クラスのプレート境界地震による強震動予測のための断層モデルの設定方法を提案し、南海トラフ巨大地震に適用して、強震動の計算結果が過去の南海トラフの地震の震度分布を再現できることを確認している。しかし、壇・他(2013)による断層モデルの設定方法は、円形クラック式(Eshelby, 1957)に基づいており、断層破壊が地表(海底)まで達する大地震の場合だと、地表で応力が解放されて境界条件が変わることから、断層面の平均応力降下量の評価に円形クラック式を適用することは適切ではない。

この問題を解決するために、具・他(2016)では、プレート境界地震を断層幅が飽和しない小地震と断層幅が飽和する大地震に分類し、大地震については、円形クラック式の代わりに動力学的断層破壊シミュレーションによる平均動的応力降下量の近似式を用いて、断層破壊が地表まで達するプレート境界地震の断層パラメータの設定方法を提案している。その際、断層モデルは、強震動を生成するアスペリティと強震動を生成しない背景領域に加え、杉野・他(2014)の津波の特性化波源モデルにならって、津波波源領域として大すべり域と超大すべり域を導入している。本稿では、この設定方法を用いて、南海トラフ巨大地震による強震動を予測するために、断層パラメータの試算を行うとともに、経験的グリーン関数法による地震動評価を行った。

2. 断層モデルおよび断層パラメータ

具・他(2016)でまとめられている断層モデルの設定方法の流れによると、想定震源域の震源面積Sを与えると、ほかの断層パラメータを順次求めることができる。ここでは、南海トラフ巨大地震の想定震源域の震源面積Sは内閣府(2012)を参考に14万km^{2}とし、そのうち、深部の面積S_{deep}は11万km^2、浅部の面積$S_{shallow}$は3万km^{2}とした。震源域のせん断剛性率μは4.1E10 N/m^2、S波速度βは3.8 km/sと仮定した。設定した南海トラフ巨大地震の断層モデルを図1に示す。断層モデルにおけるアスペリティの個数および配置は内閣府(2015)によるSMGAモデルを参照した。

本研究による南海トラフ巨大地震の断層モデルのアスペリティの面積比は5%程度で、壇・他(2013)による値(ケース1～ケース4：30%～8%)より小さい。ここに、壇・他(2013)のケース1～ケース4はそれぞれ短周期レベルを壇・他(2001)による経験式の1倍、1.25倍、1.6倍、2倍に設定した場合である。一方、アスペリ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ティの応力降下量は19.9MPaで、壇・他(2013)によるケース2 (15.6MPa)とケース3 (25.5 MPa)の間である。また、本研究による南海トラフ巨大地震の地震モーメント(M_0=5.6E22 Nm；M_W=9.1)は、壇・他(2013)による値とほぼ同じで、短周期レベル(A=1.73E20 Nm/s/s)は、壇・他(2013)によるケース1の値とほぼ同じである。

3．強震動評価

設定した南海トラフ巨大地震の断層モデルを対象として、経験的グリーン関数法による地震動評価を行った。地震動評価地点として、愛知県および周辺地域の4地点および大阪府内の6地点、合計10地点を選定した。経験的グリーン関数法に用いる要素地震として、小穴・他(2018)と同様に、4つのスラブ内地震EQ01～EQ04に加えて、2016 年4 月1 日の三重県南東沖のプレート境界付近で発生した地震EQ05を用いた。

三の丸(NGY)および大阪(OSK005)地点における、経験的グリーン関数法による地震動評価結果(地表)を図2、図3に示す。図より、名古屋の三の丸(NGY)の擬似速度応答スペクトは周期1秒以下で告示スペクトルと整合しているが、ピークとなっている周期3秒付近では、250cm/sぐらいで告示スペクトルの3倍程度であることが分かる。また、大阪(OSK005)の擬似速度応答スペクトは、周期2秒以下で告示スペクトルより小さく、周期3秒～4秒付近で100cm/sから200cm/sとなっており、2地点の結果ともに、壇・他(2013)によるケース1による地震動評価結果(壇・他, 2013; 宮腰・他, 2015)と同程度であることが分かる。

謝辞:論文の一部は、独立行政法人防災科研技術研究所による「全国地震動予測地図作成等支援業務」で得られた成果です。関係各位より貴重なご意見をいただきました。ここに記して感謝いたします。

キーワード：プレート境界地震、地表断層破壊、強震動評価、南海トラフ巨大地震、アスペリティモデル、経験的グリーン関数法
Keywords: Subduction plate-boundary earthquakes, Surface fault breaking, Strong ground motion evaluation, Nankai megathrust earthquake, Asperity model, Empirical Green’s function method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

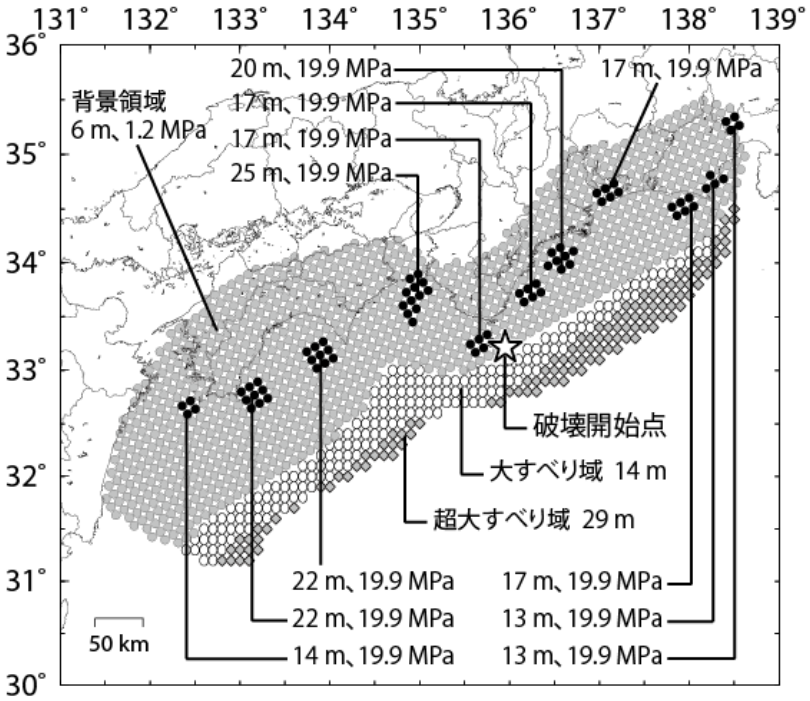


図 1　南海トラフ巨大地震の断層モデル

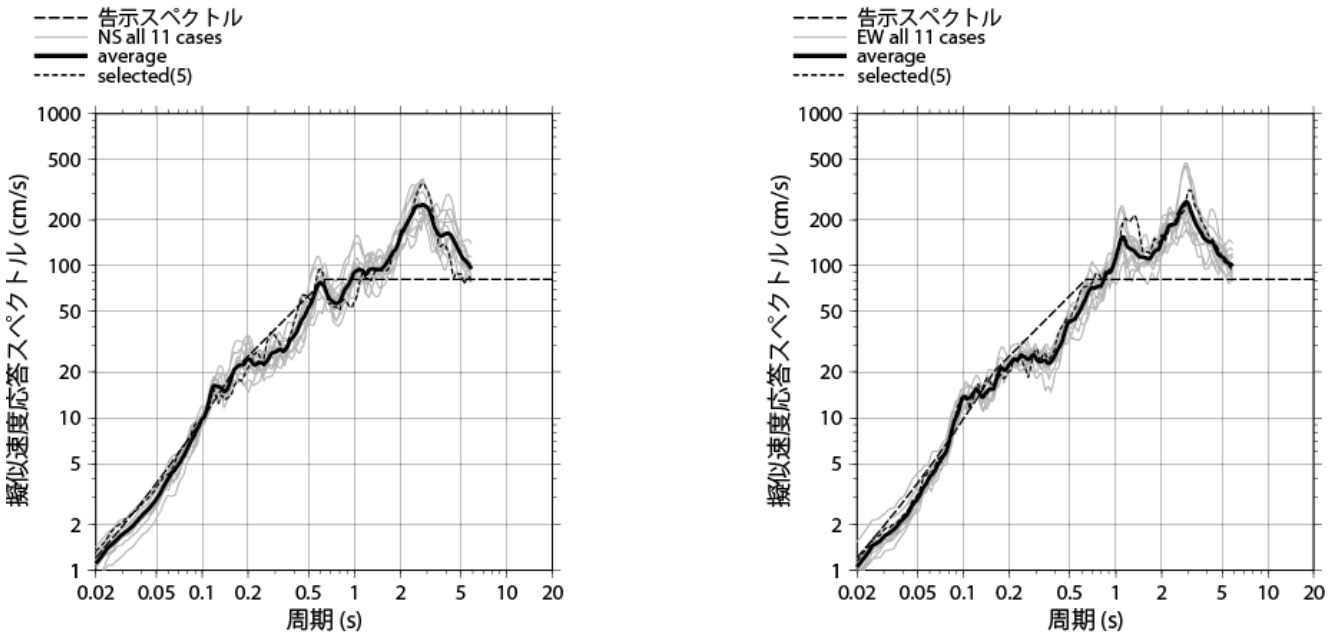
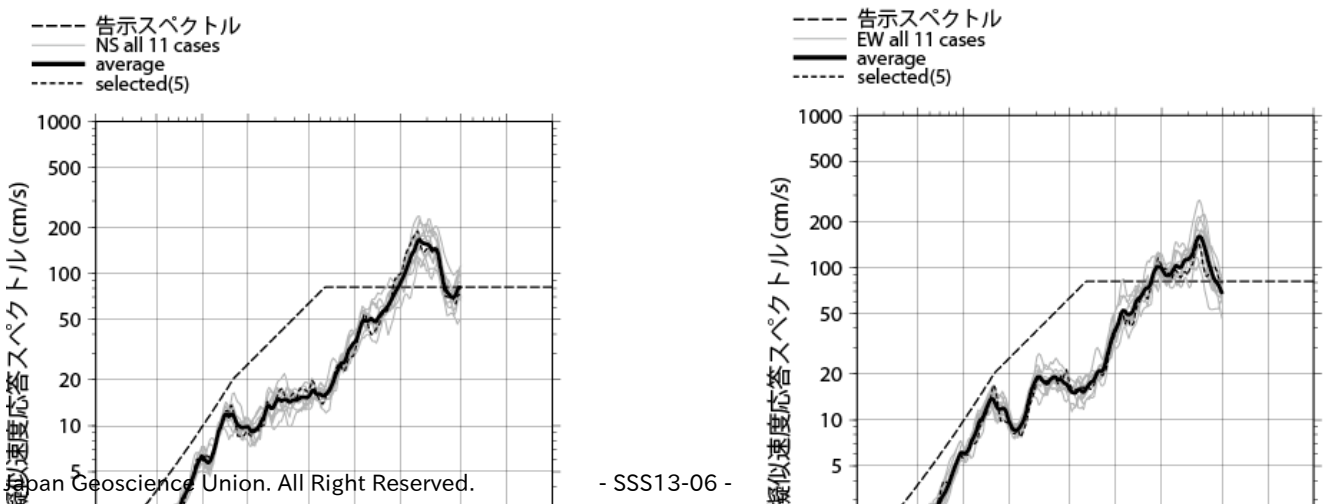


図 2　名古屋の三の丸 (NGY 観測点) における地震動評価結果（減衰定数 5%）



©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 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:倉橋 奨(愛知工業大学大学院工学研究科)、是永 将宏(公益財団法人鉄道総合技術研究所)

地震災害に直結する強震動に関して討論する．強震動をもたらす震源特性，地盤構造，地震波動伝播，揺れの特徴を支配する表層構造の理解など，理論や観測に基づく，現象の理解を目的とする研究発表を募集する．これに加え，強震動予測や地震防災の研究など将来の地震災害を軽減するための研究発表・提言も歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[SSS13-07] One cause of the strong ground motion characteristics in Mukawa town during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*高井 伸雄[1]、重藤 迪子[2]、前田 宜浩[3]、一柳 昌義[1]、高橋 浩晃[1] (1.北海道大学、2.九州大学、3.防災科学技術研究所)

11:00 ~ 11:15

[SSS13-08] 2018年北海道胆振東部地震（Mw6.6）の強震動生成域震源モデルの構築

*倉橋 奨[1]、入倉 孝次郎[1] (1.愛知工業大学)

11:15 ~ 11:30

[SSS13-09] 布田川断層帯・日奈久断層帯を震源断層とした強震動予測（１）－対象地域での新たな深部地盤構造モデルの作成－

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1]、吉見 雅行[2]、三宅 弘恵[3]、関口 春子[1]、松島 信一[1]、川瀬 博[1]、長嶋 史明[1]、山中 浩明[4]、地元 孝輔[4]、山田 伸之[5]、神野 達夫[6]、重藤 迪子[6]、先名 重樹[7]、前田 宜浩[7]、若井 淳[7]、岩城 麻子[7]、神 薫[9]、竿本 英貴[2]、津野 靖士[8]、是永 将宏[8]、杉山 長志、鈴木 晴彦[9]、松山 尚典[9]、眞鍋 俊平[9]、谷田貝 淳[9]、岡本 茂[10]、末廣 匡基[10] (1.京都大学防災研究所、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.東京大学大学院情報学環／地震研究所、4.東京工業大学環境・社会理工学院、5.高知大学、6.九州大学大学院人間環境学研究院、7.国立研究開発法人防災科学技術研究所、8.公益財団法人鉄道総合技術研究所、9.応用地質株式会社、10.株式会社阪神コンサルタンツ)

11:30 ~ 11:45

[SSS13-10] 布田川断層帯・日奈久断層帯を震源断層とした強震動予測（２）－強震動予測－

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、三宅 弘恵[3]、関口 春子[1]、松島 信一[1]、川瀬 博[1]、長嶋 史明[1]、山中 浩明[4]、地元 孝輔[4]、山田 伸之[5]、神野 達夫[6]、重藤 迪子[6]、先名 重樹[7]、前田 宜浩[7]、岩城 麻子[7]、神 薫[7]、竿本 英貴[2]、津野 靖士[8]、是永 将宏[8]、眞鍋 俊平[9]、鈴木 晴彦[9]、松山 尚典[9]、谷田貝 淳[9] (1.京都大学防災研究所、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.東京大学大学院情報学環／地震研究所、4.東京工業大学環境・社会理工学院、5.高知大学、6.九州大学大学院人間環境学研究院、7.国立研究開発法人防災科学技術研究所、8.公益財団法人鉄道総合技術研究所、9.応用地質株式会社)

11:45 ~ 12:00

[SSS13-11] 2016年熊本地震被災地益城町安永地区における地盤建物被害調査

*稲崎 富士[1]、小河原 敬徳[1]、木佐貫 寛[2] (1.土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ、2.土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）))

12:00 ~ 12:15

[SSS13-12] 地中地震計データを用いた熊本平野の地震動特性に対する浅部地盤構造の影響評価

*是永 将宏[1]、津野 靖士[1]、山中 浩明[2]、地元 孝輔[2] (1.公益財団法人鉄道総合技術研究所、2.東京工業大学環境・社会理工学院)

One cause of the strong ground motion characteristics in Mukawa town during the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake

*高井 伸雄[1]、重藤 迪子[2]、前田 宜浩[3]、一柳 昌義[1]、高橋 浩晃[1]
*Nobuo TAKAI[1], Michiko Shigefuji[2], Takahiro Maeda[3], Masayoshi Ichiyanagi[1], Hiroaki Takahashi[1]

1. 北海道大学、2. 九州大学、3. 防災科学技術研究所
1. Hokkaido University, 2. Kyushu University, 3. NIED

The Hidaka mountain range, central Hokkaido, Japan, formed by the Hidaka arc-arc collision zone, with the Ishikari eastern fault zone on the west side and the Tokachi plain fault zone on the east side. The 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake (Mw 6.6) occurred on September 6, 03:08 JST at this arc-arc collision zone. The Japan Meteorological Agency (JMA) magnitude (Mj) was 6.7 and hypocentral depth was 37 km. The maximum seismic intensity (JMA-scale) 7 was observed in Atsuma town. During this earthquake, 41 people died mainly by a widespread large landslide in Atsuma town. The many building damages by strong ground motion were concentrated around HKD126 site. At K-NET HKD126 and JMA Atsuma Shikanuma stations, strong motion records had strong power to destroy the timber frame buildings. It is an important examination to know the cause of the generation of this destructive strong motion in spite of a low magnitude and deep focus.

We have conducted observations (2018 September 10- December 16) of earthquake ground motion due to aftershocks of this earthquake at near hillside station (MKW01). The target stations' underground shear wave velocity structures were estimated by microtremor array observation and multichannel analysis of surface waves method (Shigefuji et al 2019 Jpgu). We calculated theoretical amplification factor of the SH wave with the estimated shear wave velocity structure. The amplification factor of HKD126 is 5 times larger than the one of the MKW01 at a frequency around 1 Hz. Cause of this tendency are affected by low shear wave velocity in shallow part in HKD126; the engineering bedrock of HKD126 is deeper than the MKW01. We carried out the strong ground motion high-density line array observation (2018 December 01-16) along the line of HKD126 to MKW01 in Mukawa town, to know the changing of the ground motion amplitude by underground structures. We choose the earthquake records which were not affected by the nonlinear effect of soft soil. In these observed spectra, we can also understand the different amplitude as same as the theoretical ones. However, the predominant periods during mainshock is longer than this predominant period of theoretical and weak motion records. Generally, the strong ground motions are affected by the nonlinear response of surface soft soil. The strong motion record of HKD126 was examined the nonlinear effects by the DNL (degree of nonlinear effect) methods. The DNL value is 14.7; this value means large nonlinearity occurred (Noguchi et al. 2013) and the predominant period of the 1-2 s might be moved from the short-period side by this large nonlinearity. The strong ground motion power of 1-2 s during the main shock at HKD126 site was mainly amplified by this shallow underground velocity structure and this predominant range was conceivable changed for long periods side with nonlinear effect moreover.

A further step for studying this earthquake, we will examine the nonlinear effect for HKD126 in detail and we will spread the target area to examine the strong ground motion spatial distribution and discuss the 3-D underground structure.

A part of this study was supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research No. 18K19952 and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

17H06215 from MEXT of Japan, and MEXT of Japan’s Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program.

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、S波速度、地盤増幅
Keywords: the 2018 Hokkaido eastern Iburi earthquake, Shear wave velocity, Site amplification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震（Mw6.6）の強震動生成域震源モデルの構築
Estimation of SMGA source model during the 2018 Hokkaido Eastern Iburi (Mw6.6) earthquake

*倉橋 奨[1]、入倉 孝次郎[1]
*Susumu Kurahashi[1], Kojiro Irikura[1]

1. 愛知工業大学
1. Aichi Institute of Technology

1.はじめに

2018年9月6日3時7分，北海道胆振東部地震（Mw6.6）が発生した．この地震の最大震度７が北海道厚真町で観測され，震度6強が北海道安平町，北海道むかわ町で観測された震源深さが37kmと非常に深いにもかかわらず非常に大きな揺れが観測されたことは興味深く，この後地震動予測のためには，この強震動生成メカニズムの解明は重要である．そこで本研究では，経験的グリーン関数法により強震動生成域（SMGA）の構築を行った．

観測された波形の特徴として，震源の南部のHKD126で最大速度158cm/sが観測されており，非常に大きなパルス的な波形が特徴である．また，震源の北部に位置するHKD127（K-NET追分）では，最大加速度1796gal（3成分合成値）が観測されている．各観測点で得られた強震動から少なくとも3つの波群が確認できることから，SMGAは3つ程度あると推測される．

2．経験的グリーン関数法によるSMGAの構築

本研究では，気象庁（2018）による波形インバージョン結果のモデルを参照して，フォワードモデリングによりSMGAを構築した．気象庁（2018）の断層面は１枚であり，走向：0° 傾斜角：70°である．

経験的グリーン関数として用いる要素地震は，SMGAの近くで発生し，震源特性が本震と近似していることが条件となる．本研究では，2018年9月12日18時24分の地震（Mw4.3）を使用した．この要素地震の面積と応力パラメータは，本震と要素地震の震源スペクトル比から求めたコーナー周波数から，Brune(1970, 1971)による関係式から算出した．結果として，面積は3.3km^2，応力パラメータは1.5MPaとなった

SMGAの場所は，浅野・岩田（2018）による波形インバージョン結果から出されたすべり量分布を参考に試行錯誤的に設定し，SMGAのパラメータは，観測波形と合成波形の残差が最小となるモデルを求めた．評価関数は，KiK-net地中の記録については，加速度エンベロープと変位波形の残差を用い，非線形の影響がある可能性のある地表記録（K-NET観測点の記録）については，非線形の影響が出にくい速度波形と変位波形の残差を用いた．

結果として，推定された３つのSMGAは震源の南側，北側，浅部に位置している．それぞれの応力パラメータは20~25MPa，SMGA面積は136km^{2}であり，既往のスケーリング則と概ね調和的であった．震源の南部のHKD126にみられる特徴的なパルスは，SMGAの破壊の進行方向にあり，いわゆるディレクティビティの影響と考えられる．複数セグメントによる詳細な震源モデルについても，検討中である．

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、強震動生成域
Keywords: the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, strong motion generation area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

布田川断層帯・日奈久断層帯を震源断層とした強震動予測（１）ー対象地域での新たな深部地盤構造モデルの作成ー

Strong ground motion prediction for the source fault model of Futagawa and Hinagu active fault zones (1) -Construction of the basin velocity structure model-

*浅野 公之[1]、岩田 知孝[1]、吉見 雅行[2]、三宅 弘恵[3]、関口 春子[1]、松島 信一[1]、川瀬 博[1]、長嶋 史明[1]、山中 浩明[4]、地元 孝輔[4]、山田 伸之[5]、神野 達夫[6]、重藤 迪子[6]、先名 重樹[7]、前田 宜浩[7]、若井 淳[7]、岩城 麻子[7]、神 薫[9]、竿本 英貴[2]、津野 靖士[8]、是永 将宏[8]、杉山 長志、鈴木 晴彦[9]、松山 尚典[9]、眞鍋 俊平[9]、谷田貝 淳[9]、岡本 茂[10]、末廣 匡基[10]
*Kimiyuki Asano[1], Tomotaka Iwata[1], Masayuki Yoshimi[2], Hiroe Miyake[3], Haruko Sekiguchi[1], Shinichi Matsushima[1], Hiroshi Kawase[1], Fumiaki Nagashima[1], Hiroaki Yamanaka[4], Kosuke Chimoto[4], Nobuyuki Yamada[5], Tatsuo Kanno[6], Michiko Shigefuji[6], Shigeki Senna[7], Takahiro Maeda[7], Atsushi Wakai[7], Asako Iwaki[7], Kaoru Jin[9], Hidetaka Saomoto[2], Seiji Tsuno[8], Masahiro Korenaga[8], Takeshi Sugiyama, Haruhiko Suzuki[9], Hisanori Matsuyama[9], Shunpei Manabe[9], Atsushi Yatagai[9], Shigeru Okamoto[10], Masaki Suehiro[10]

1. 京都大学防災研究所、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 東京大学大学院情報学環／地震研究所、4. 東京工業大学環境・社会理工学院、5. 高知大学、6. 九州大学大学院人間環境学研究院、7. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、8. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、9. 応用地質株式会社、10. 株式会社阪神コンサルタンツ
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. University of Tokyo, 4. Tokyo Institute of Technology, 5. Kochi University, 6. Kyushu University, 7. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 8. Railway Technical Research Institute, 9. OYO Corporation, 10. Hanshin Consultants Co., Ltd.

熊本県下には日奈久断層帯及び布田川断層帯が存在しており、それらの活断層帯で地震が発生した場合、周辺地域に強い揺れが生じると考えられる。「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」サブテーマ3では、日奈久断層帯（高野ー白旗区間、日奈久区間、八代海区間）や布田川断層帯（宇土区間、宇土半島北岸区間）が活動した場合の強震動予測の高度化を目的に、八代平野などの対象地域で新たな調査を行い、三次元速度構造をモデル化することで、新たな深部地盤モデルを作成した。

まず、平成28～30年度に新たに実施した現地調査の概要を述べる。日奈久断層沿いに位置する八代平野では、平成29年度に反射法地震探査2測線（宇城測線、八代測線）を実施した。八代平野全域での臨時余震観測（計37地点、設置場所で小半径の微動アレイも実施）、大半径微動アレイ探査（29地点、最大半径500-600 m程度）、八代平野南部での極小＋不規則微動アレイ（32地点）、八代平野～熊本平野境界部での単点微動観測（31地点）等を実施した。

このほかに、天草諸島、水俣・芦北地域、人吉盆地、出水平野、玉名平野、菊鹿盆地、阿蘇周辺、島原半島南部等の主として既設の強震・震度観測点周辺で、微動アレイ探査を多数実施した（中～大半径23地点、小半径のみ76地点）。平野の基盤構造の全体像を把握するため、出水平野47地点、玉名平野44地点で単点微動観測を実施した。人吉盆地では、極小＋不規則微動アレイ48地点も実施した。また、八代平野、水俣・芦北地域、人吉盆地で温泉ボーリングの地質柱状図情報を収集した。

これらの調査結果及び既往の情報を用い、深部地盤モデルを作成した。八代平野では、反射法地震探査や温泉ボーリングによる基盤深度情報との整合性を考慮しつつ、微動アレイによる位相速度及びH/Vスペクトルを逆解析し、各アレイ地点の速度構造を推定した。堆積層のS波速度を0.6、0.9 km/sの2層とし（別途、浅部地盤は考慮して解析している）、基盤上部に2.7 km/s層を置き、地震基盤のS波速度を3.1 km/sとしてモデル化することで、反射法地震探査による基盤上面とVs 2.7 km/s層上面深度（約0.3～0.6 km）がよく対応した。ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た、宇城測線沿いに比べ、八代測線沿いでは、Vs 0.6 km/s層は薄く、0.9 km/s層の上面が浅く推定されているが、これは、宇城測線に比べ八代測線で堆積層内の区間速度が速いこととも整合している。微動アレイの解析結果をもとに初期地盤モデルを作成し、ボーリングデータや重力異常との整合性をチェックした上で、微動アレイデータのない地点において、単点微動H/Vスペクトル比によるモデル修正を行った。

人吉盆地、天草諸島、出水平野等でも微動アレイ探査結果を主に用いて深部地盤モデルを作成した。人吉盆地では温泉ボーリングデータも参照した。堆積層はS波速度を0.6、0.9、1.6 km/sの3層で表現し、地震基盤は3.1 km/sとした。人吉盆地の地震基盤深度は盆地東部で深い傾向にあり（最深部で約1.5 km）、重力異常分布とも調和的である。天草諸島では高重力異常の天草上島付近でVs 1.6 km/s層上面が浅く、Vs 3.1 km/s層上面が相対的に深い。出水平野の地震基盤深度は海岸に向かって深くなる傾向が見られた。

発表では、最終的な深部地盤構造モデルを紹介するとともに、中規模地震の三次元地震動シミュレーションによる検証結果も報告する予定である。

謝辞：本研究は文部科学省科学技術基礎調査等委託事業「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」（代表機関：九州大学大学院理学研究院）の一部として実施しました。微動や余震観測等の現地調査では、九州大学、東京工業大学、京都大学の大学院生・学部生の参加を得て実施しました。また、調査に当たっては、熊本県、鹿児島県、長崎県及び関係市町村や地域住民の皆様には大変お世話になりました。

キーワード：深部地盤構造モデル、強震動予測、日奈久断層帯、布田川断層帯
Keywords: deep sedimentary velocity structure model, strong motion prediction, Hinagu fault zone, Futagawa fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

布田川断層帯・日奈久断層帯を震源断層とした強震動予測（２）ー強震動予測ー

Strong ground motion prediction for the source fault model of Futagawa and Hinagu active fault zones (2) -Strong ground motion prediction -

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、三宅 弘恵[3]、関口 春子[1]、松島 信一[1]、川瀬 博[1]、長嶋 史明[1]、山中 浩明[4]、地元 孝輔[4]、山田 伸之[5]、神野 達夫[6]、重藤 迪子[6]、先名 重樹[7]、前田 宜浩[7]、岩城 麻子[7]、神 薫[7]、竿本 英貴[2]、津野 靖士[8]、是永 将宏[8]、眞鍋 俊平[9]、鈴木 晴彦[9]、松山 尚典[9]、谷田貝 淳[9]
*Tomotaka Iwata[1], Kimiyuki Asano[1], Masayuki Yoshimi[2], Hiroe Miyake[3], Haruko Sekiguchi[1], Shinichi Matsushima[1], Hiroshi Kawase[1], Fumiaki Nagashima[1], Hiroaki Yamanaka[4], Kosuke Chimoto[4], Nobuyuki Yamada[5], Tatsuo Kanno[6], Michiko Shigefuji[6], Shigeki Senna[7], Takahiro Maeda[7], Asako Iwaki[7], Kaoru Jin[7], Hidetaka Saomoto[2], Seiji Tsuno[8], Masahiro Korenaga[8], Syunpei Manabe[9], Haruhiko Suzuki[9], Hisanori Matsuyama[9], Yatagai Atsushi[9]

1. 京都大学防災研究所、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 東京大学大学院情報学環／地震研究所、4. 東京工業大学環境・社会理工学院、5. 高知大学、6. 九州大学大学院人間環境学研究院、7. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、8. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、9. 応用地質株式会社
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. University of Tokyo, 4. Tokyo Institute of Technology, 5. Kochi University, 6. Kyushu University, 7. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 8. Railway Technical Research Institute, 9. OYO Corporation

「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査（研究代表・清水洋教授）」では，平成28年熊本地震が主として布田川断層帯布田川区間及び日奈久断層帯高野－白旗区間の一部が活動したと考えられることから，布田川断層帯及び隣接する日奈久断層帯の活動履歴や周辺の地殻構造，強震動予測，及びアウトリーチといった調査研究が進められてきた．サブテーマ３研究グループでは，強震動予測の高度化を進めるため，地盤構造モデルの作成と想定地震に基づく強震動予測を実施する．

この研究報告では，（１）において構築された深部地盤構造モデルに加え、ボーリング情報や極小アレイ微動調査による位相速度情報をもとに、八代平野の浅部地盤構造モデルを構築した。震源モデルとしては、布田川断層帯は宇土区間および宇土半島北岸区間をモデル化し、日奈久断層帯は布田川断層帯との接続部から八代海区間までをモデル化した。布田川断層帯宇土区間は、従来の評価に対して、産総研の反射法探査、熊本平野の反射法探査結果（清水・他, 2017）を参考に、活断層の位置を北に約１km移動させている。また、日奈久断層帯に対しては各セグメント位置を熊本地震総合研究グループで微修正したものを用いた。日奈久断層日奈久区間に関しては、傾斜角を鉛直のものと熊本地震後の地震活動を参照して西落ち傾斜50度のモデルを設定した。すべり角については、対象領域で発生している地震の応力軸の方向を決め、各震源断層面モデルに対してすべりやすい方向を求めてモデル化している。地震規模はMw7.0（布田川断層帯）とMw7.3または7.4（日奈久断層帯）となった。

強震動予測の方法にはレシピに準拠した方法を用い、破壊開始点は、電磁気探査による比抵抗分布と熊本地震の破壊開始点の関係を踏まえて設定した。波形計算はハイブリッド法（接続周期１秒）で行い、工学的基盤相当までで波形を一旦作成し、浅い地盤モデルを構築している領域では、等価線形化法解析を実施して地表の地震動を計算して計測震度を求め、広域の震度分布計算では、工学的基盤相当の波形の最大速度値から微地形区分とVs30に基づく震度増分を加えて地表面震度値とした。

キーワード：2018年熊本地震、強震動予測、布田川断層帯、日奈久断層帯

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 2018 Kumamoto earthquake, Strong ground motion prediction, Futagawa fault zone, Hinagu fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震被災地益城町安永地区における地盤建物被害調査
Near-surface geophysical survey and hearing survey of housing damages at Yasunaga district, Mashiki Town stricken by the 2016 Kumamoto Earthquakes

*稲崎 富士[1]、小河原 敬徳[1]、木佐貫 寛[2]
*Tomio INAZAKI[1], Takanori Ogahara[1], Hiroshi Kisanuki[2]

1. 土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ、2. 土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）)
1. Public Works Research Institute, Tsukuba Central Institute, 2. PWRI (Present Address: OYO Corporation)

2016年熊本地震によって甚大な建物被害が発生した地域の一つである同県益城町の安永地区において浅部物理探査を実施し，地下30m程度までの浅部地盤構造を解釈した（稲崎ほか，2018）．その結果，表層地盤部には従来指摘されていたような断層関連低速度帯は存在せず，また地表兆候に対比可能な断層変形構造も見出されなかった．一方で当該地区では宅地建物被害率が高かったことが知られている（杉野ほか，2016など）．この乖離の要因を探るべく，探査測線を設定した県道28号線と秋津川との間の通りに沿って宅地建物被害悉皆調査を実施した．

この悉皆調査は2018年5月に実施した．原則として地元町内会役員の立会いの下，通り沿い建物を主対象に居住者への直接聞き取りと敷地内立入り調査方式で宅地建物被害状況を把握した．また許可を得て全壊家屋等の解体後敷地立入り調査も実施した．宅地建物調査には3日間を費やし，通り沿い25軒の聞き取りに加えて8軒の建物（跡）の目視調査を実施することができた．聞き取り調査では，床下に開口亀裂が発生し，地下水が湧出した，枯れ井戸が自噴するようになり，地震後2年を経過した時点でも湧水が続いている，南北方向の圧縮隆起が発生した，宅地盛土が大変形を起こした，また盛土地盤が通り方向に傾動した，など外観目視調査では把握することが困難な宅地地盤変状実態情報を得ることができた．また通りの県道側と秋津川側とでは地盤被害の様相が異なり，県道側では盛土・擁壁の変状が多く捕捉されたのに対し，古川を挟んで秋津川側では湧水異常が顕著であった．

安永地区に設定した測線の物理探査断面からは以下の特徴を読み取ることができる．GPR探査では最大深さ3m程度までをイメージングすることができた．測線北側県道付近の相対的急傾斜部では路面下1.5m程度に強い反射イベントが認められ，その出現形態から盛土層/原地盤境界に比定することができた．一方測線南方の秋津川近傍では比高50cm程度の微高地の下3m付近にのみ顕著な反射面が認められた．この区間では表層のS波速度も相対的に大きく，また地盤データを参照すると自然堤防などの河川微高地に比定される．湧水現象の集中的発生も説明可能である．また測線南側では表層部に低比抵抗低S波速度を呈する「軟弱層」が分布し，その層厚は10m程度で測線南方に向かって厚層化するとともにVsが70m/s程度まで低下する．深さ20m程度以深には全般に高速度層が潜在するが，断層の存在を示唆する変位変形構造は少なくとも測線下表層には認められなかった．これらの地表変状様態と，浅部物理探査によって得られた表層地盤物性構造は，同地区の地表変状がノンテクトニックな作用で形成されたこと，それには局所的な地表人工改変地形，表層軟弱層の物性と分布が影響していたことを強く示唆する．

キーワード：2016熊本地震、益城町、安永地区、浅部物理探査、建物被害調査
Keywords: 2016 Kumamoto Earthquakes, Mashiki Town, Yasunaga District, near surface geophysics, housing damage survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地中地震計データを用いた熊本平野の地震動特性に対する浅部地盤構造の影響評価

Evaluation on Influence of Shallow Subsurface Structures to Earthquake Ground Motions in the Kumamoto Plain, Using the Borehole Seismic Data

*是永 将宏[1]、津野 靖士[1]、山中 浩明[2]、地元 孝輔[2]
*Masahiro Korenaga[1], Seiji Tsuno[1], Hiroaki Yamanaka[2], Kosuke Chimoto[2]

1. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、2. 東京工業大学環境・社会理工学院
1. Railway Technical Research Institute, 2. Tokyo Institute of Technology

筆者らは、平成28年（2016年）熊本地震発生直後から熊本平野における地震動特性を評価することを目的とした臨時地震観測を実施しており、このうち熊本平野北端部の花岡山周辺に設置した2箇所の臨時地震観測点において、本震（2016/4/16 Mj7.3）による強震動を記録している（Tsuno et al., 2017）。このうち、より花岡山に近接した1箇所の臨時地震観測点の本震強震記録において、地盤の非線形性に加えて、1Hz付近の周波数帯域におけるNS方向への強い偏向性を示す特徴的な傾向が見られている。本研究では、本震記録地点に地中地震計を設置して地震観測を行ない、その地震記録から、本震時に得られた特徴的な強震動の特性に浅部地盤構造が与える影響について検討を行なった。地震観測では、デジタル出力のサーボ型加速度計（白山工業社製）を地表面と深度40mの工学的基盤面に同時に設置し、コントローラ（LF-1100R：白山工業社製）を用いて1000Hzサンプリングで連続波形の記録を行なっている。記録された複数の地震記録から、地中地震計に対する地表地震計のフーリエ振幅スペクトルの比を計算し、NS成分とEW成分でそれぞれ平均化した。その結果、1～4Hz付近の周波数帯域においてNS成分のスペクトル比がEW成分のスペクトル比よりも大きくなる傾向が見られており、NS方向の偏向性に対して工学的基盤以浅の2次元あるいは3次元の地震動の増幅効果が影響していることが示唆された。

また、同地点では、工学的基盤までのP-S検層や微動アレイ探査などを実施している。地震記録から得られたサイト増幅特性と、P-S検層によるせん断波速度構造および微動アレイによるS波速度構造とを比較し、複雑な浅部地盤構造が地震動に与える影響について議論を行なった。

キーワード：2016年熊本地震、地中地震計、浅部地盤構造
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake, borehole seismometer, shallow subsurface structures

©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26日(日) 13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:笠松 健太郎(鹿島建設株式会社)、引間 和人(東京電力ホールディングス株式会社)

地震災害に直結する強震動に関して討論する．強震動をもたらす震源特性，地盤構造，地震波動伝播，揺れの特徴を支配する表層構造の理解など，理論や観測に基づく，現象の理解を目的とする研究発表を募集する．これに加え，強震動予測や地震防災の研究など将来の地震災害を軽減するための研究発表・提言も歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SSS13-13] 中小地震が励起した大振幅地震動の発生要因
～2013年栃木県北部の地震（Mj6.3）のKiK-net栗山西の検討～

*笠松 健太郎[1]、加藤 研一[2]、渡辺 哲史[2]、塩田 哲生[3] (1.鹿島建設、2.小堀鐸二研究所、3.四国電力)

14:00 ~ 14:15

[SSS13-14] 震度インバージョン解析に基づく1923年関東地震の震源モデルの構築と首都圏の強震動評価

*鈴木 文乃[1]、加藤 研一[1]、神田 克久[1]、池田 孝[1] (1.小堀鐸二研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS13-15] フリングステップを含む強震動を計算するための簡便な震源モデル－2016年熊本地震本震の場合

*野津 厚[1]、長坂 陽介[1]、呉 双蘭[1] (1.港湾空港技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SSS13-16] **Fling-steps displacements by the discrete wavenumber method**

*SHUANGLAN WU[1]、Atsushi Nozu[1]、Yosuke Nagasaka[1] (1.PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE)

14:45 ~ 15:00

[SSS13-17] 地表地震断層近傍の長周期地震動評価のための特性化震源モデルの拡張

*入倉 孝次郎[1]、倉橋 奨[1]、松元 康広[2] (1.愛知工業大学、2.構造計画研究所（株）)

15:00 ~ 15:15

[SSS13-18] 2014年長野県北部の地震(M_J6.7)で生じた地震被害の要因に関する考察　～強震動シミュレーションによる検討～

*引間 和人[1]、中村 亮一[2]、植竹 富一[1] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東京大学地震研究所)

中小地震が励起した大振幅地震動の発生要因 ～2013年栃木県北部の地震（Mj6.3）のKiK-net栗山西の検討～

Factors of large amplitude ground motions excited by small to moderate earthquakes - Examination of KiK-net Kuriyama-nishi of the 2013 Tochigi-ken Hokubu Earthquake (Mj6.3) -

*笠松 健太郎[1]、加藤 研一[2]、渡辺 哲史[2]、塩田 哲生[3]
*Kentaro Kasamatsu[1], Kenichi Kato[2], Tetsushi Watanabe[2], Tetsuo Shiota[3]

1. 鹿島建設、2. 小堀鐸二研究所、3. 四国電力
1. Kajima Corporation, 2. Kobori Research complex inc., 3. Shikoku Electric Power CO.,Inc.

KiK-net栗山西（TCGH07）では，2013年栃木県北部の地震Mj6.3において，地表面最大加速度約1.2Gの大振幅記録が得られた。地中・地表記録のどちらも周波数6Hz付近が卓越している点が特徴である。引間(2015)は，震源域で発生した地震を震央位置に基づいて5つにグルーピングしたスペクトルインバージョンを行い，TCGH07で得られるサイト特性の違いを検討した。6Hz付近の卓越は，TCGH07の西および近傍で発生した地震に見られる限定的な特徴であり，伝播特性とサイト増幅特性の影響に依るものと推察している。本検討では，別の観点からTCGH07における大振幅地震動の発生要因を調べるために，中小地震の観測記録を用いて5-8Hzの最大加速度の距離減衰式を策定し，TCGH07のサイト係数を評価した。また，TCGH07を対象に距離減衰式に対する残差の空間分布を求めて，本震のすべり域との対応を調べた。

本震の震源域で発生した内陸地殻内地震を検討対象とし，TCGH07周辺に位置するKiK-net計17点の地中記録を用いて距離減衰式を策定した。検討に用いたデータベースは，震源距離約3～100km，震源深さ約11km以内，Mj 2～5.2の範囲にある178地震，1147記録である。観測記録の加速度波形に対して，5-8Hzを通過帯域としたバンドパスフィルター処理を行い，水平2成分のうち大きい方の最大加速度振幅を用いた。距離減衰式は，司・翠川(1999)による回帰モデルにサイト係数の項を加えたモデルで策定した。粘性減衰を表す震源距離に対する係数は，司・翠川(1999)を参考に0.002を与え，観測記録を用いた重回帰分析によりマグニチュードと震源深さに対する係数と定数項，サイト係数を評価した。解の拘束のためにS波速度が最も大きいKiK-net藤原2（TCGH17）をサイト係数のリファレンスサイトとした。

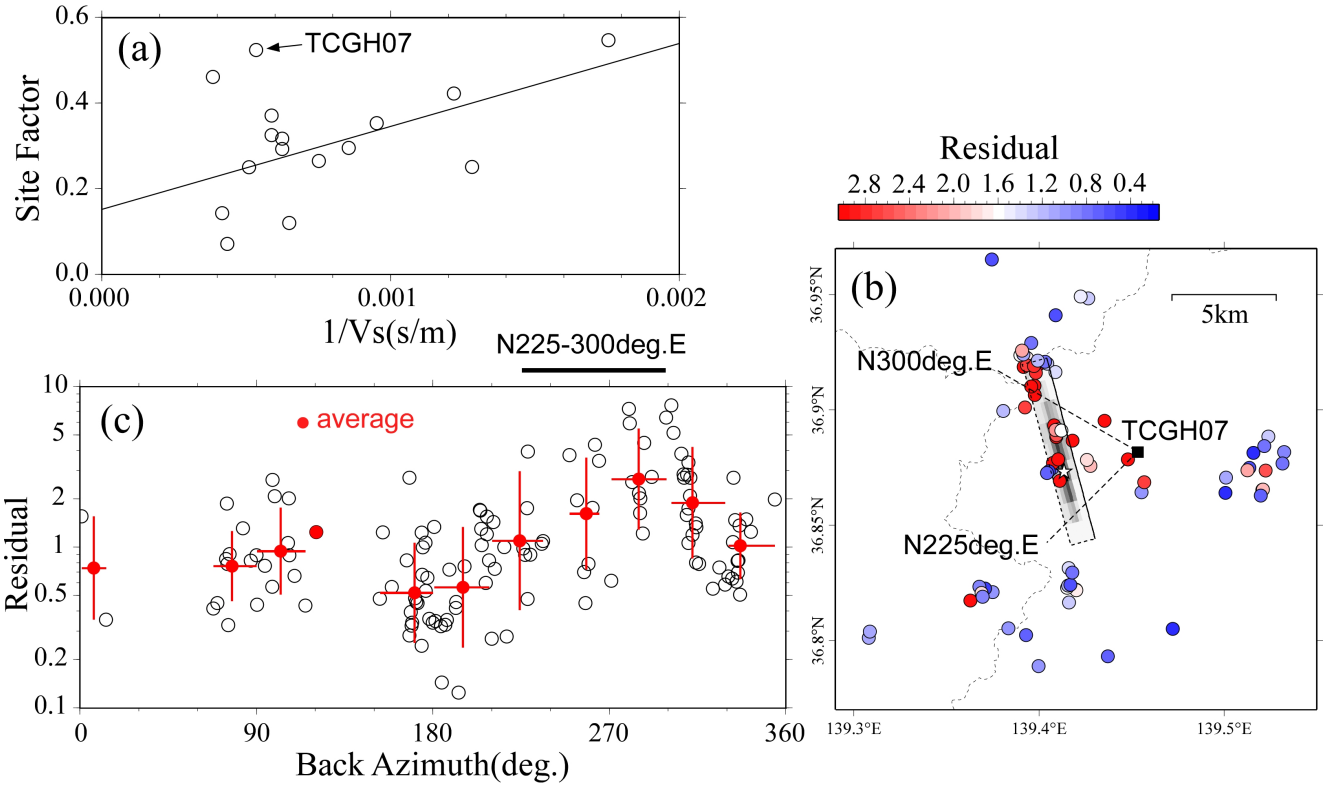
各点で評価したサイト係数を観測深度のS波速度に対する分布として図aに示す。S波速度の逆数と比例する傾向が認められ，両者の関係を一次式で近似すると，TCGH07で得られたサイト係数はこの平均的な関係を大きく上回る結果となる。TCGH07は5-8Hzで周囲の地点に比べて揺れ易い地点と言える。TCGH07について地震毎に最大加速度振幅の残差（観測／距離減衰式）を評価し，それらの空間分布を調べた結果を図bに示す。図では，残差の平均値がカラーコンターの中心となるように調整した。グレーのコンターは，引間(2014)による本震のすべり分布であり，色が濃いほどすべりが大きいことを表す。残差の分布は，南と東で発生した地震では小さいのに対し，西で発生した地震では大きいといった地域性が認められる。この残差が大きい地域は，引間(2014)による本震のすべり域と概ね対応する。次に，図cに示すようにTCGH07における残差の震央方位依存性を確認した。地震数に偏りはあるが，30度刻みでグルーピングして求めた平均と標準偏差を赤色で重ねた。残差には明らかな方位依存性が認められ，本震のすべり域に相当するN225-300deg.Eの方位で発生した地震の場合に大きい。TCGH07は周辺地点に比べて6Hz付近で揺れ易いことに加えて，本震すべり域で発生した地震の場合に地震動振幅がさらに大きくなる。

本震時，TCGH07で大振幅記録が得られた要因の一つとして，引間(2015)が指摘するとおり6Hz付近でサイ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ト増幅率が大きいことが挙げられる。しかし，本検討で示した中小地震の残差の地域性は地震の励起特性の違いを表している可能性があり，本震時においても残差が大きい領域で強く励起された短周期地震動がTCGH07の地震動振幅をさらに大きくしたことが考えられる。引き続き，本震震源域で発生した中小地震の応力降下量を調査中である。

キーワード：2013年栃木県北部の地震、KiK-net栗山西、大振幅、距離減衰式
Keywords: 2013 Tochigi-ken Hokubu Earthquake, KiK-net Kuriyama-nishi, Large Amplitude, Attenuation Relationship



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震度インバージョン解析に基づく1923年関東地震の震源モデルの構築と首都圏の強震動評価

Source modeling and strong ground motion simulation in the Tokyo metropolitan area of the 1923 Kanto earthquake based on seismic intensity inversion analysis

*鈴木 文乃[1]、加藤 研一[1]、神田 克久[1]、池田 孝[1]
*Fumino Suzuki[1], Kenichi Kato[1], Katsuhisa Kanda[1], Takashi Ikeda[1]

1. 小堀鐸二研究所
1. KOBORI RESEARCH COMPLEX INC.

１．はじめに

首都圏に甚大な被害を及ぼした1923年関東地震（以降、大正関東地震）は、今後も繰り返し同様の地震が発生することが懸念され、震源および地震動の評価が防災上重要である。大正関東地震では地震波形が観測されているが、短周期成分の情報がないことから、工学的に重要な1秒以下の強震動を再現するための震源モデルの構築には、震度データに基づく検討が有効と考えられる。神田・加藤(2018)は、諸井・武村(2002)の震度データを用いてインバージョン解析を行い、余震の可能性がある領域を含めて6個の強震動生成域(SMGA)を求めている。また、最近の地震の震度と短周期レベルの関係に基づいて、大正関東地震の短周期レベルAを推定している。本検討では、これらのSMGAと短周期レベルの評価結果を用いて、短周期成分まで地震動評価が可能な震源モデルを構築し、統計的グリーン関数法により首都圏の強震動評価を行う。

２．震源モデルの構築

本検討では、神田・加藤(2018)で評価された断層全体のAと各SMGAの地震モーメントM_{0ai}、面積S_{ai}を与条件とする。（添え字iは各SMGAの番号であることを表す。）各SMGAに対してω^{-2}モデル、Bruneのモデル（Brune、1970、1971）、円形クラックモデル（Eshelby、1957）が適用可能と仮定すると、各SMGAの短周期レベルA_iがM_{0ai}/S_{ai}に比例する関係が得られる。この関係に基づいて断層全体のAを各SMGAに配分してA_iを評価する。

神田・加藤(2018)による断層全体のAは4.66×10^{19}Nm/s^{2}であり、各SMGAのA_iは$1.4\sim2.2\times10^{19}$Nm/s^{2}となった。最も大きいSMGAのA_iは、加藤ほか(2013)による大正関東地震の断層全体の$A=2.46\times10^{19}$Nm/s^{2}と同等の大きさである。加藤ほか(2013)の震源モデルはSato et al. (2005)が波形と地殻変動のインバージョンから求めたすべり分布に基づいており、比較的長周期の情報が反映されている。本検討は震度による比較的短周期の情報を反映しており、両者の比較にはそれらの違いに注意する必要がある。

各SMGAを面積が同じ矩形モデルに変換し、走向・傾斜はフィリピン海プレートの沈み込みに沿うように決める。背景領域は考慮しない。その他のパラメータ（密度、S波速度、破壊伝播速度Vr、fmax、ラディエーションパターン係数）は加藤ほか(2013)と同じとする。各SMGAのライズタイムは$\tau_i=0.5S_i^{1/2}/Vr$から設定する。断層全体の破壊開始点は神奈川県西部のSMGA上に置いて同心円状に破壊が伝播し、各SMGAの破壊はマルチハイポセンターと仮定する。Q値は中央防災会議(2004)を参照し$100f^{0.7}$（fは振動数）とする。

３．強震動評価

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震度インバージョンに基づいて構築した震源モデルが首都圏の強震動に与える影響を把握するため、統計的グリーン関数法により強震動評価を行う。評価地点は加藤ほか(2013)で対象としている浅川と越中島とし、地下構造モデルも同文献に倣う。

強震動評価結果について、評価地点の比較、各SMGAの寄与などの検討、加藤ほか(2013)の震源モデルによる評価結果との比較などを行う。

参考文献

Brune, J.N.: Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquake, J. Geophys.Res., 75: 4997-5009, 1970.

Brune, J. N.: Correction, J. Geophys. Res. 76, 20, 5002. 1971.

Eshelby, J. D.: The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, Proceedings of the Royal Society, A241, 376-396, 1957.

Sato, H., N. Hirata, K. Koketsu, D. Okaya, S. Abe, R. Kobayashi, M. Matsubara, T. Iwasaki, T. Ito, T. Ikawa, T. Kawanaka, K. Kasahara, and S. Harder: Earthquake source fault beneath Tokyo, Science, Vol. 309, pp.462-464, 2005.

加藤研一, 久田嘉章, 大野晋, 野畑有秀, 森川淳, 山本優一: 強震動予測手法に関するベンチマークテスト：統計的グリーン関数法の場合（その３）, 日本建築学会技術報告集, 第19巻, 第41号, pp.37-42, 2013.

神田克久, 加藤研一: 震度インバージョン解析による首都直下の歴史地震の強震動生成域と短周期レベル, 第15回日本地震工学シンポジウム, GO02-01-02, 2018.

中央防災会議: 首都直下地震対策専門調査会（第12回）, 2004.

諸井孝文, 武村雅之: 関東地震(1923年9月1日)による木造住家被害データの整理と震度分布の推定, 日本地震工学会論文集, 第2巻，第3号, pp. 35-71, 2002.

キーワード：1923年関東地震、震度、短周期レベル、強震動生成域、強震動評価
Keywords: the 1923 Kanto earthquake, seismic intensity, short-period spectral level, strong motion generation area, strong ground motion simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フリングステップを含む強震動を計算するための簡便な震源モデル－2016年熊本地震本震の場合

A Simple Fault Model to Calculate Strong Ground Motions Including Fling Steps for the Main Shock of the 2016 Kumamoto Earthquake

*野津 厚[1]、長坂 陽介[1]、呉 双蘭[1]
*Atsushi Nozu[1], Yosuke Nagasaka[1], Shuanglan Wu[1]

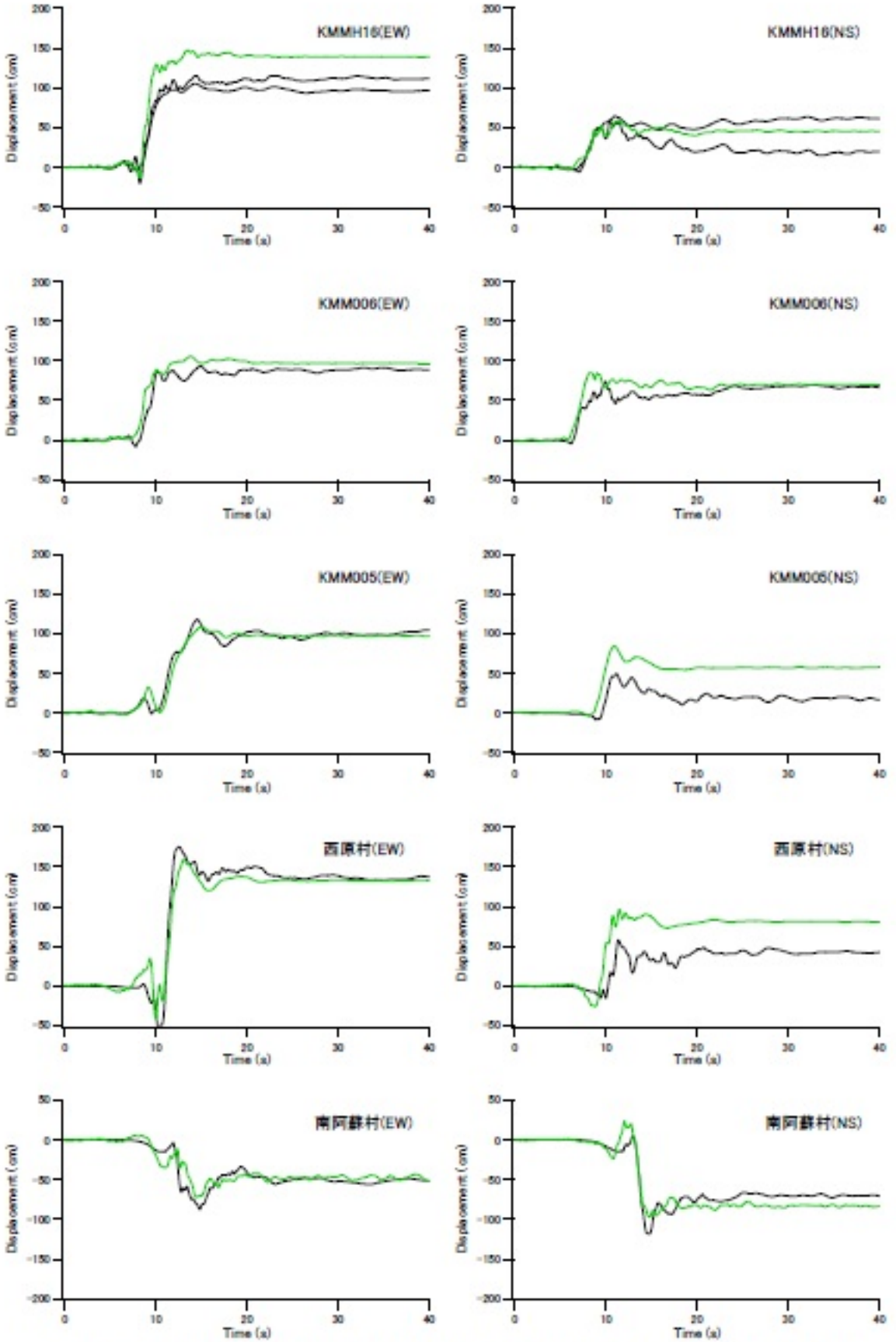
1. 港湾空港技術研究所
1. Port and Airport Research Institute

本研究では，2016年熊本地震本震を対象に，アスペリティの破壊に起因するパルスとフリングステップの双方を含む強震動を計算するための新たな震源モデルを作成した．ここで念頭においたのは，工学的な応用を視野に，できるだけ簡便で利用しやすい震源モデルとすることである．そのため，測地学的データを説明するように設定された国土地理院の震源モデル（すべりの一様な3枚の断層面からなるモデル）を出発点とし（断層A1のみ0.3km浅くした），これに動的な情報を付与することで，フリングステップを計算するための断層モデルとした．新たに付与した情報は，各断層面の破壊開始時刻，破壊伝播様式，破壊伝播速度，ライズタイムである．破壊伝播速度とライズタイムは断層面上で一様とした．こうして作成した震源モデルは背景領域として位置づけ，これにアスペリティの寄与を加えることで，複合型の震源モデルを構築した．背景領域による地震動は半無限媒質を対象とした離散化波数法で計算し，アスペリティによる地震動は修正経験的グリーン関数法で計算した．構築した震源モデルは，比較的シンプルなものであるにも関わらず，フリングステップを含む変位波形と速度波形を精度良く再現できることが確認された．詳しく見ると永久変位の大きさは地点により過大評価または過小評価となっており，断層面上でのすべりの不均質な分布（益城町付近よりも西原村付近ですべりが大きい）を考慮すれば結果が改善の方向に向かうことはある程度明らかであった．しかし，破壊伝播速度，ライズタイム，すべり量などを断層面上で一様とした簡便な震源モデルでフリングステップをある程度再現できることは，予測問題への応用を念頭におけば有用な情報である．

謝辞：防災科学技術研究所，気象庁，熊本県による強震波形データを使用しました．記して謝意を表します．

キーワード：地殻変動、フリングステップ、2016年熊本地震
Keywords: crustal deformation, fling step, the 2016 Kumamoto earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



背景領域＋アスペリティを考慮した変位波形の計算結果（黒が観測，緑が計算）（原点は気象庁の発震時刻）

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fling-steps displacements by the discrete wavenumber method

*SHUANGLAN WU[1], Atsushi Nozu[1], Yosuke Nagasaka[1]

1. PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

The discrete wavenumber method introduced by Bouchon (1977, 1981, 2003), provides a way to accurately calculate the complete Green’ s functions for many problems with a minimum amount of mathematics, and it is appropriate to represent the seismic waves by the summation of plane waves in the wavenumber domain for each frequency. However, there are still some problems to be solved by adoption of this approach in several specific cases. For example, the effects of imaginary part of complex frequency and the truncation of wavenumbers on near-fault fling-steps displacements.
For the first one, it advantages that a complex frequency with a small positive imaginary part is introduced in Bouchon (Bouchon, 1979) to solve the problem of integrand becomes zero when obtaining the near-fault ground motions. The determination and effects of the imaginary part of the complex frequency as defined by $\omega_c=\omega-\lambda i$, the values of λ in the range of $\lambda=[\pi/2T\omega,\ \pi/T\omega]$ recommended by Bouchon (2003) is still not clear. Therefore, in order to obtain more accuracy displacement waveforms, trail and errors have been conducted on near-fault fling-steps displacements under various point source models and it resulted that, $\lambda=2\pi/T\omega$ rather than $\lambda=\pi/T\omega$ can be recommended, (the displacement waveforms of dip-slip case under various could be obtained in Figure 1 below).
In terms of the second parameter, since for the near-fault displacements, in which seismic source and stations are located at a nearly same depth or at very low frequency range, the convergence of integration or summation over wavenumbers becomes very slow, the truncation of wavenumbers in such a case should be determined carefully. The use of $k_{max}=4k_{\alpha}$ was recommended (Bouchon and Aki, 1977), where $k_{\alpha}=\omega/\alpha$ and α stands for the P wave velocity. And the pioneering work of Honda and Yomogida (2003) addressed the issue of appropriately setting this parameter for the simulation of fling-step displacements by testing the accuracy of the fling-step displacements calculated through the DWN method by comparing the results with the analytical solutions for the static displacements (Okada, 1985) and proposed to use $k_{max}=4\ km^{-1}$ in the low frequency range. However, their study was focused on cases where a large amount of seismic moment is released at several kilometers under the surface. In this research, aimed at establishing a criteria for the k_{max} value applicable even for the shallow slip cases, based on the solutions in complete elastic wavefield, the truncation wavenumber was deduced related to the source depth dependent theoretically. And $k_{max}=5\pi/Z_s$ was recommended, where Zs is the depth of the source. The criteria for k_{max} was fully verified in the various point source model and the resultant displacements showed good agreements with analytical solutions (Okada (1985), which are illustrated in the following Figure 2).

Keywords: fling-steps displacements, discrete wavenumber method, complex frequency, point source depth dependent truncate number of the wavenumber integration, point source models

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

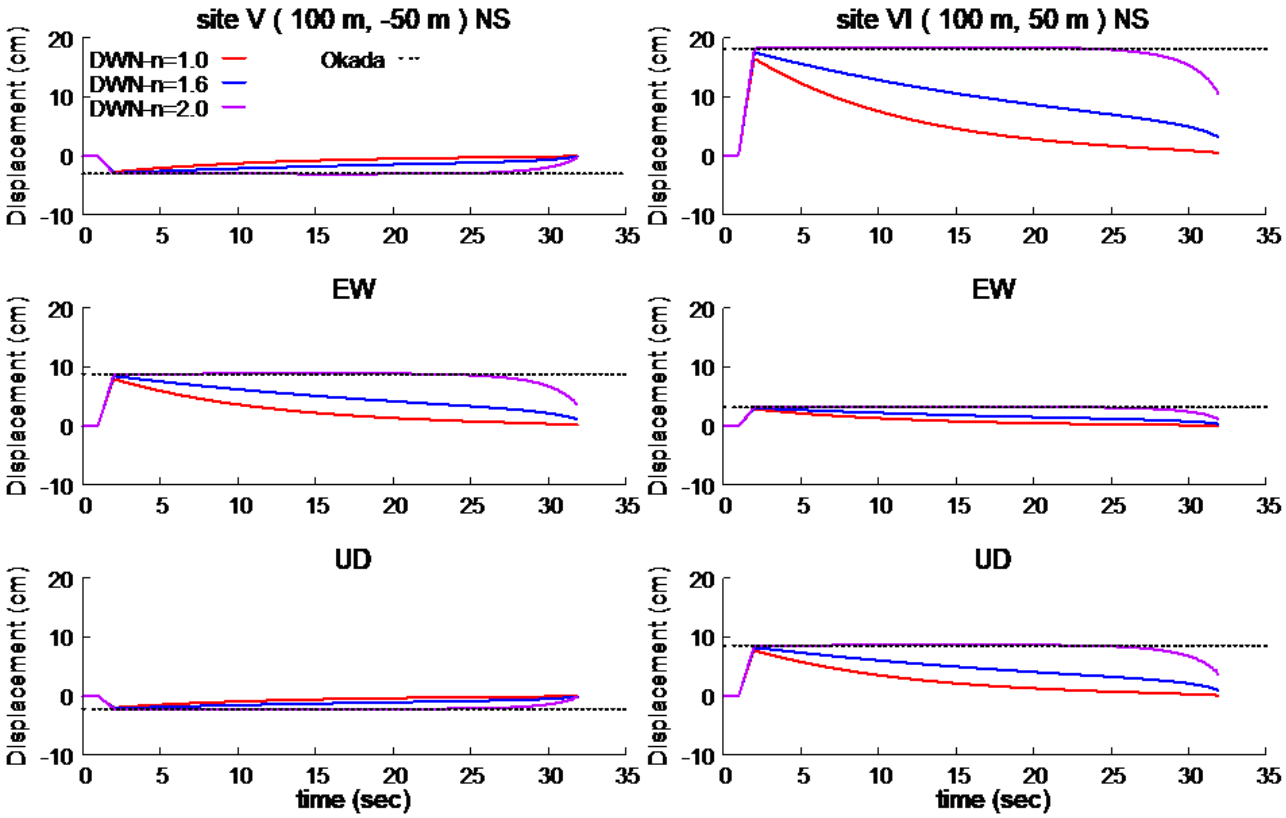


Figure 1 Dip-slip (dip45°): effects of complex frequency (i.e., n-value) on the near-fault fling-steps displacement

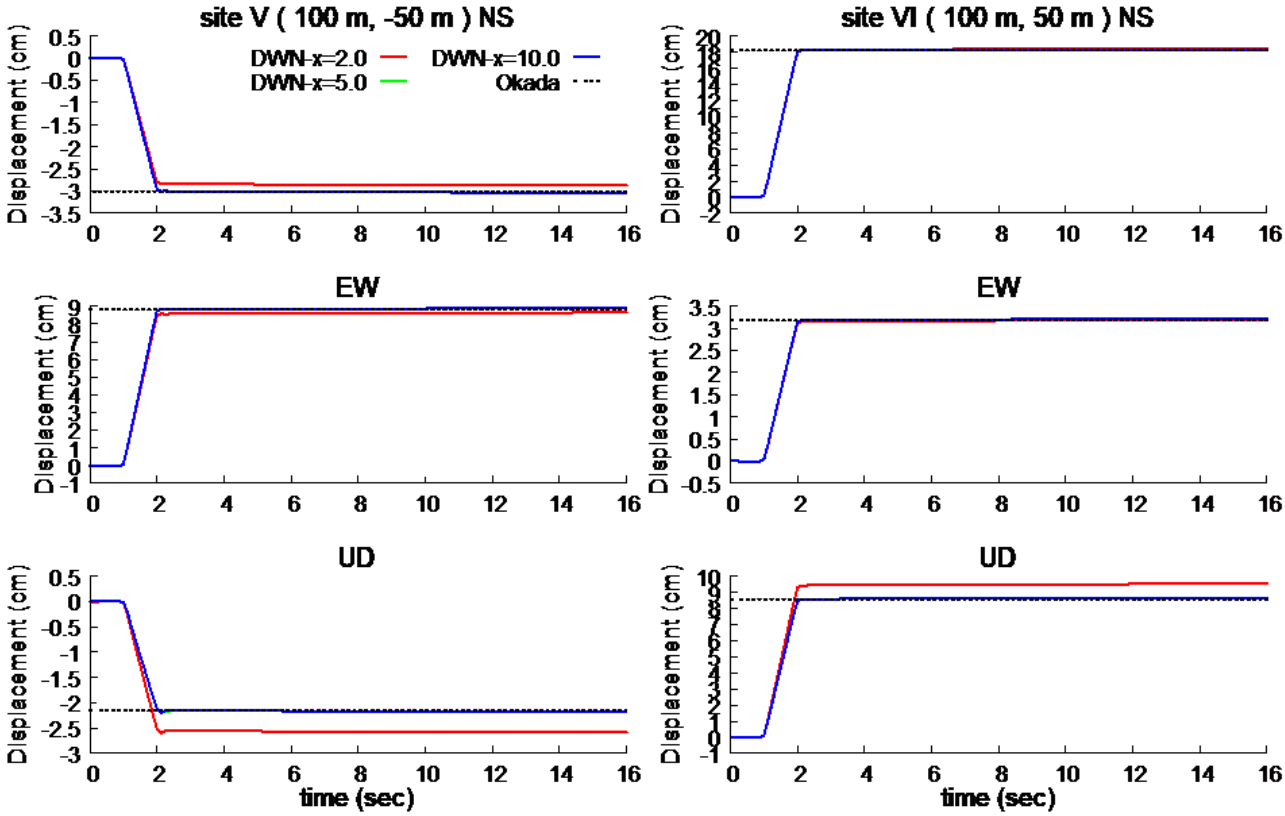


Figure 2 Dip-slip (dip45°): effects of point source depth dependent truncate wavenumber (i.e., x-value) on fling-steps displacements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地表地震断層近傍の長周期地震動評価のための特性化震源モデルの拡張
Extension of characterized source model for long-period strong motions near surface-rupture-earthquakes

*入倉 孝次郎[1]、倉橋 奨[1]、松元 康広[2]
*Kojiro Irikura[1], Susumu Kurahashi[1], Yasuhiro Matsumoto[2]

1. 愛知工業大学、2. 構造計画研究所（株）
1. Aichi Institute of Technology, 2. KOZO_KEIKAKU Engineering, Inc.

はじめに：

2016年熊本地震（Mj 7.3,Mw 7.0）の強震動は、地表地震断層の極近傍の強震動観測点を除いて、高い応力降下を有する強震動生成域と弱い応力降下の背景領域からなる特性化震源モデルを用いて再現されることが示された（Irikura et al., 2017）。地表地震断層が現れた布田川断層の極近傍域の2つの自治体の震度観測点（地表地震断層から約1kmの西原村役場や2 km以内に位置する益城町役場）で得られた強震動記録は長周期速度パルスと永久変位をもつ特異な震動特性をもっている。断層トレースに最も近い西原村役場の観測点では、加速度記録の積分により、最大速度約260 cm/s、最大変位は東に約2 m、下に約2 mの沈下が得られ、断層トレースに近い益城町役場でも、最大変位として、東に約120 cm、 北に50 cm、下に 70 cmが得られている（岩田,2016）。これらの地表地震断層極近傍の顕著な長周期地震動は、従来の特性化震源モデルでは再現できない。2010年のMw 7.1のDarfield地震のとき、地表地震断層の極近傍域で観測された強震動は、2016年熊本地震と同様に長周期速度パルスと永久変位をもつ特異な特性を有しており、このような強震動は従来の特性化震源モデルでは再現できない。同様の現象は、2014長野県北部地震（Mw 6.2）、1999年台湾集集地震（Mw 7.6）など地表地震断層地震のとき、地震断層近傍の観測点においで観測されている。本研究では、断層極近傍の顕著な長周期地震動も含めて、広帯域の強震動が再現可能な特性化震源モデルの拡張を提案する。

特性化震源モデルの拡張：

従来の特性化震源モデルでは、地表地震断層の極近傍域の観測点（西原村役場、益城町役場）における速度や変位の記録が再現できない。地震断層近傍の強震動を評価するには、SMGAからの地震動だけでは十分ではなく、地表面近くに長周期地震動生成域(LMGA)を設定し、そこから生成される地震動を考慮する必要がある。ここで、LMGAからの地震動のシミュレーションには、Hisada and Bielak (2003)により開発された断層ずれによる平行層構造中の極近傍地震動の計算が可能な波数積分法を用いる。LMGAは地表面と地震発生層の上端の間に設定する。SMGAに加えてLMGAを設定すると、断層極近傍の3観測点[93048(西原村小森)、93051(益城町宮園)、KMMH16(KiK-net益城]の長周期地震動（速度および変位）が良く再現できることが明らかになった2010年Darfield地震の地表地震断層近傍で得られた強震動もSMGAとLMGAからなる拡張特性化震源モデルを用いて再現可能となる。LMGAからの強震動の計算のための震源パラメータとして、LMGAの面積（長さ*Ls*と幅*Lw*）と位置に加えて、LMGAでの最大すべり量 (D_b)、すべり速度時間関数 (Smoothed ramp function)、すべりのライズタイム(T_b) が必要とされる。D_b や T_bは経験的関係式（Murotani et al., 2015; Tanaka et al., 2018）から与えられる。

キーワード：強震動、特性化震源モデル、強震動生成域、長周期地震動生成域
Keywords: strong ground motions, characterized source model, strong-motion generation area, long-period motion generation area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2014年長野県北部の地震(M_J 6.7)で生じた地震被害の要因に関する考察 ～強震動シミュレーションによる検討～

A Study for the cause of earthquake damages by the 2014 Nakagano-ken Hokubu earthquake (M_J 6.7) –consideration using the strong motion simulation –

*引間 和人[1]、中村 亮一[2]、植竹 富一[1]
*Kazuhito Hikima[1], Ryoichi Nakamura[2], Tomiichi Uetake[1]

1. 東京電力ホールディングス株式会社、2. 東京大学地震研究所
1. Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc., 2. Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo

【はじめに】

2014年11月22日に発生した長野県北部の地震(M_J 6.7)では，既知の神城断層に沿って地表地震断層が確認されており，断層すべりが地表付近まで及んだものと考えられる．一方で，被害は明瞭な地表断層を生じた塩島地区などではそれほど大きくなく，それよりも7～8kmほど南部の堀之内地区で被害が甚大であった．これらの相違について検討し，大きな地震被害を生じた要因を探ることは，断層近傍での強震動を理解するために重要である．

引間・他(2015:SSJ, 2018:JpGU)ではK-NET白馬，KiK-net白馬の強震記録を積分して作成した変位波形も使用し，さらには3次元速度構造を考慮したグリーン関数を用いて震源インバージョンを行い，詳細な震源モデルを推定した．今回の検討では，引間・他(2018)で得られた震源モデルを用いて3次元差分法により面的に地震動分布を計算して，地震被害との対応を考察した．

【震源モデル】

引間・他(2018)で得られた震源モデルの概要は，以下の通りである．

観測記録としては，震源から50km程度以内のKiK-net観測点を主に使用し，加速度波形に0.03～0.8Hzのバンドパスフィルタを適用し積分した速度波形を解析に用いた．さらに， K-NET白馬(NGN005)・KiK-net白馬(NGNH36）の地表地震計による強震波形から求めた変位波形(中村・他，2015:SSJ)も合わせて震源インバージョンを行った．

本震の震源位置は，酒井・他(2015)による臨時地震観測データを用いた再決定震源とし，断層面の傾斜は震源よりも深部では60°，浅部では50°とした．引間・他(2018)では走向を25°としたが，今回は地表断層位置との対応等も考慮し，若干の見直しも検討する．断層長さは19km，幅は15kmである．

グリーン関数の計算には，全国１次地下構造モデル(暫定版)(2012)による３次元速度構造モデルを用いた．計算は３次元差分法により行い，相反定理を用いて計算時間の短縮を図っている．差分法の格子間隔は水平方向に100m，深さ方向は浅部～深部で50m～400mとして計算を行った．

最終すべり分布の特徴は，震源付近のやや深部に最大すべり1m程度の大きなすべりと，断層浅部の地表地震断層が出現した付近にも1.3m程度のすべり量が求まった．浅部のすべりは深部のすべりに少し遅れて地表に向けて伝播し，すべり速度時間関数もやや幅が広い形状が得られた．一方で深部のすべりは最大すべり速度が大きく短い時間幅となっている．地震モーメントはM_0=2.5×10^18 Nm(*Mw* 6.2)程度である．なお，堀之内付近の断層浅部には大きなすべりは求まっていない．

【強震動シミュレーション結果】

強震動シミュレーションは，上記の地下構造モデルと同じものを使い，震源インバージョン結果を用いて行った．2Hz程度までの強震動を評価するため，差分法計算の条件として，格子間隔は水平方向に50m，深さ方向は25m～100mと細かくする一方，計算領域は震源断層近傍に限定した．

得られた最大速度分布を見ると，断層浅部で大きなすべりが求まった付近での値はやはり大きいが，断層南西浅部の堀之内地区付近でもそれらと同等以上に大きな値が計算された．その要因を検討するために，ス

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ナップショットを確認したところ，浅部で大すべりを生じた領域でのすべり速度そのものは大きくないものの，破壊が南西部に進展したためにディレクティビティ効果により断層南西端部での地震動が大きくなる様子が見られた．

さらに，地表での地震動を推定するために，J-SHISによる表層地盤増幅率を考慮したところ，堀之内近傍での最大速度は地表地震断層が生じた付近よりも大きな値となった．これらのことから，堀之内付近では，震源過程（ディレクティビティ効果）と表層地盤による増幅の影響を受けた強震動により大きな被害を生じたものと考えられる．

＜謝辞：解析には，防災科学技術研究所K-NET, KiK-netの観測記録，F-netメカニズム解，気象庁一元化震源，また，全国１次地下構造モデル(暫定版)を使用しています．酒井慎一准教授には震源情報を頂きました．記して感謝致します．＞

キーワード：2014年長野県北部の地震、強震動シミュレーション、震源過程、断層近傍地震動
Keywords: 2014 Nagano-ken Hokubu earthquake, Strong motion simulation, Source process, Near fault ground motion

©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26日(日) 15:30 ~ 17:00 | コンベンションホールA 2F

[S-SS13] 強震動・地震災害

コンビーナ:栗山 雅之(一般財団法人　電力中央研究所　地球工学研究所　地震工学領域)、染井 一寛(一般財団法人地域地盤環境研究所)、座長:長坂 陽介(港湾空港技術研究所)、山田 真澄(京都大学防災研究所)

地震災害に直結する強震動に関して討論する．強震動をもたらす震源特性，地盤構造，地震波動伝播，揺れの特徴を支配する表層構造の理解など，理論や観測に基づく，現象の理解を目的とする研究発表を募集する．これに加え，強震動予測や地震防災の研究など将来の地震災害を軽減するための研究発表・提言も歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[SSS13-19] 2018年6月18日大阪府北部の地震の強震動シミュレーション

*長坂 陽介[1]、野津 厚[1] (1.港湾空港技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS13-20] **Strong Motion of the 2018 Mw 6.4 Hualien, Taiwan Earthquake and Its Impact on Seismic Design Code in Taiwan**

*Chun-Hsiang Kuo[1]、Jyun-Yan Huang[1]、Che-Min Lin[1]、Kuo-Liang Wen[2] (1.NCREE National Center for Research on Earthquake Engineering of Taiwan、2.NCU National Central University)

16:00 ~ 16:15

[SSS13-21] Simulation of Rupture Directivity Effect for the February 6, 2018 Hualien, Taiwan Earthquake

*Cheng-Feng Wu[1]、Huey-Chu Huang[1] (1.Department of Earth and Environmental Sciences, National Chung Cheng University)

16:15 ~ 16:30

[SSS13-22] 2018年台湾花蓮地震の地震動と花蓮市の地盤構造推定

*山田 真澄[1]、長 郁夫[2]、郭 俊翔[3]、林 哲民[3]、宮腰 研[4]、郭 雨佳[4]、林田 拓己[5]、松元 康広[6]、Mori James[1]、顔 銀桐[7]、郭 耕杖[8] (1.京都大学防災研究所、2.産業技術総合研究所、3.国家地震工程研究中心、4.地域地盤環境研究所、5.建築研究所、6.構造計画研究所、7.中興公司、8.国立高雄科技大学)

16:30 ~ 16:45

[SSS13-23] **Effect of Near Surface Geology on the Recorded Ground Motion of the Nepal Earthquake in Kumaon Himalaya**

*SOHAN LAL[1]、Anand Joshi[1]、M.L. Sharma[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

16:45 ~ 17:00

[SSS13-24] ヒマラヤ衝突帯における広帯域震源モデル構築

*三宅 弘恵[1]、Babita Sharma[2]、纐纈 一起[1]、Soma Nath Sapkota[3] (1.東京大学地震研究所、2.National Centre for Seismology, Ministry of Earth Sciences, India、3.Department of Mine and Geology, Nepal)

2018年6月18日大阪府北部の地震の強震動シミュレーション
Strong ground motion simulation of the Northern Osaka earthquake of June 18, 2018

*長坂 陽介[1]、野津 厚[1]
*Yosuke Nagasaka[1], Atsushi Nozu[1]

1. 港湾空港技術研究所
1. Port and Airport Research Institute

点震源モデルを用いた強震動シミュレーションは，矩形のアスペリティを設定する特性化震源モデルに比べて用いるパラメター数が少なく，モデルを単純化できるメリットがある．一方，現実には時空間的な広がりを持った震源断層を点と仮定することの妥当性を検証する必要がある．これまでに著者らは疑似点震源モデル（野津，2012）について海溝型地震，スラブ内地震に対しては有用な方法であることが示されてきたが，震源が浅く震源断層を相対的に点震源とみなしにくい内陸地殻内地震に対しては検証が十分ではなかった．そこで，本研究では2018年6月18日に発生した大阪府北部の地震を対象として点震源モデルを用いた強震動シミュレーションを行い，その適用性と課題について検討を行った．

強震動シミュレーションの参考とするため，まず経験的グリーン関数を用いた波形インバージョンにより震源過程の推定を行った．その際，モーメントテンソル解に適合するように2枚の断層面を求め，それぞれ逆断層と右横ずれに近いメカニズムが得られた．各断層に対してメカニズムが近い中小地震を経験的グリーン関数としてインバージョンを行った結果，逆断層に近い断層面で震源付近に大きなすべりが発生し，横ずれ断層は逆断層より少し遅れて動いたと推定された．

上記の結果を参考に点震源を用いた強震動シミュレーションを行った．波形合成方法は，各アスペリティをオメガスクエアモデルに従う1つの震源スペクトルで単純化し，これに伝播経路特性，経験的サイト増幅特性，サイト位相特性を組み合わせるものである．サイト位相特性は，対象地点における中小地震による位相特性をそのまま用いるものとする．

本地震は複数の断層面の寄与が想定されるが，まずはもっとも単純な1つの点震源でモデル化を行った．このとき，点震源位置は気象庁による震源に固定し，用いる中小地震は観測記録との位相の適合度から2018年6月19日4時53分の地震(Mj3.9)とした．これは逆断層に近いメカニズムを持つ地震であり，波形インバージョンでも用いたものである．その他必要となる地震モーメント，コーナー周波数はフーリエ振幅に寄与するが，これらの決定には震央周辺地点でのフーリエスペクトルの観測との誤差が最小となるように試行錯誤的に決定した．その結果，地震モーメントは1.7×10^{17}Nm，コーナー周波数は0.65Hzとなった．速度波形(0.2-2Hz)，加速度フーリエスペクトルについて計算結果と観測記録を比較したところ，全体的な振幅レベル，周波数特性，位相特性がよく再現されており，複数の断層面が想定される大阪府北部の地震に対しても1つの点震源で十分再現性は良いと考えられる．一方，課題として震央に最も近いK-NET高槻(OSK002)において振幅が不足していた．また，観測記録には複数の波源からの干渉によると考えられるフーリエスペクトルの落ち込みが特に1Hz周辺に複数地点で見られた．これらは破壊の進展の効果が観測記録に反映されたものと考えることができるが，一つの点震源を用いたシミュレーションでは考慮できない．

そこで，次に点震源を2つに増やして同様にモデル化を行った．1つ目の点震源は気象庁震源に固定し，2つ目の点震源の位置は観測フーリエスペクトルの落ち込みから位置と相対破壊時刻を決めたその結果，2つ目の点震源は震源からほぼ上方約0.3kmの位置にあり，相対破壊時刻は0.41sとなった．これは震源直上で最もコヒーレントに重なり合う位置関係にある．2つの点震源の位相特性に用いる中小地震の組み合わせについても

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

検討したところ，2つの点震源ともに6月19日4時53分の地震を用いることが良いと分かった．その他，2つの点震源の地震モーメント，コーナー周波数も1つの点震源のときと同様に決定し、1つ目の点震源はM=0.7×10^{17}Nm，fc=0.6Hz，2つ目の点震源はM=1.1×10^{17}Nm，fc=0.9Hzとなった．各点震源の地震モーメントが異なるため，過度な干渉とはならない．2つの点震源を用いて同じ位相をもった小地震を振幅をずらして重ね合わせることで，1つの点震源での課題であったOSK002の振幅等の課題が改善されることとなった．

キーワード：2018年大阪府北部の地震、強震動シミュレーション、点震源モデル
Keywords: 2018 Northern Osaka earthquake, Strong ground motion simulation, point source model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Strong Motion of the 2018 Mw 6.4 Hualien, Taiwan Earthquake and Its Impact on Seismic Design Code in Taiwan

*Chun-Hsiang Kuo[1], Jyun-Yan Huang[1], Che-Min Lin[1], Kuo-Liang Wen[2]

1. NCREE National Center for Research on Earthquake Engineering of Taiwan, 2. NCU National Central University

The maximum observed PGA and PGV at various stations during the 2018 Hualien, Taiwan earthquake were 594 Gal and 146 cm/s, respectively. Pulse-like velocities were observed at all stations within a distance of 4 km from the Milun fault. The horizontal spectral accelerations of the pulse-like records indicated two obvious amplifications at periods of roughly 1 s and 2 s. Natural frequencies of 0.8 to 1.5 Hz were observed in the region near the Milun fault using microtremor measurements. The spectral acceleration peak at periods of roughly 2 s is mostly seen in the east-west direction, indicating a typical fault-normal seismic radiation from the fault rupture. Consequently, we contend that the amplifications of spectral acceleration at approximately 1 and 2 s were caused by site amplification and the rupture front, respectively. The site amplification at the period of approximately 1 s may have been one reason for the collapse of medium-rise buildings during this earthquake. Evident soil nonlinearity resulted in smaller horizontal than vertical PGA at many stations in the near-fault region. Return period of the Milun Fault is believed to be about 67 years (1951 and 2018) and thus it is a 53% probability of being exceeded in a 50-yr mean recurrence interval. The demand of seismic design in the Hualien City will have to be increased especially in the long-period according to the observed ground motions during this earthquake.

Keywords: Near-Fault Ground Motion, PGV, Pulse-like Velocity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation of Rupture Directivity Effect for the February 6, 2018 Hualien, Taiwan Earthquake

*Cheng-Feng Wu[1], Huey-Chu Huang[1]

1. Department of Earth and Environmental Sciences, National Chung Cheng University

The Hualien earthquake (M_W 6.4) occurred off Taiwan’ s eastern coast on February 6, 2018. This earthquake has struck the eastern Taiwan and also caused several houses collapsed and casualties. From the observed strong motion data at the disaster sites, an obvious directivity pulse appears in the velocity waveform and the peak ground velocity (PGV) exceeds 50 cm/s. In order to further investigate the strong ground motion characteristics of this earthquake, we perform the broadband (0.1-10 Hz) strong ground motion simulation using the stochastic Green's function method. About the source parameters, we adopt the empirical formulas. Besides, the slip distribution on the fault plane is calculated by using the hybrid k-squared slip model. By comparing the simulation results with the observed data, we get the best slip model from the hypothetical slip models. Moreover, we effectively simulate the directivity pulses at several stations at the south of the earthquake. The disaster areas are located near and above the asperity of the fault plane. According to simulation results of different velocity structures, the addition of the shallow velocity structure makes the synthetic waveforms more similar to the observed data at most stations. The amplifications of the PGVs are about a factor of 2.0 at the stations near the disaster areas. Therefore, the disasters of the Hualien earthquake could be caused by the forward-directivity and site amplification effects.

Keywords: Hualien earthquake, ground motion simulation, stochastic Green's function method, hybrid k-squared slip model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年台湾花蓮地震の地震動と花蓮市の地盤構造推定
Strong motions and estimation of the sursurface soil structure for the 2018 Hualien earthquake in Taiwan

*山田 真澄[1]、長 郁夫[2]、郭 俊翔[3]、林 哲民[3]、宮腰 研[4]、郭 雨佳[4]、林田 拓己[5]、松元 康広[6]、Mori James[1]、顔 銀桐[7]、郭 耕杖[8]
*Masumi Yamada[1], Ikuo Cho[2], Chun-Hsiang Kuo[3], Che-min Lin[3], Ken Miyakoshi[4], Yujia Guo[4], Takumi Hayashida[5], Yasuhiro Matsumoto[6], James Mori[1], Yin-Tung Yen[7], Keng-Chang Kuo[8]

1. 京都大学防災研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 国家地震工程研究中心、4. 地域地盤環境研究所、5. 建築研究所、6. 構造計画研究所、7. 中興公司、8. 国立高雄科技大学
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology , 3. National Center for Research on Earthquake Engineering, 4. Geo-Research Institute, 5. Building Research Institute, 6. Kozo Keikaku Engineering, 7. Sinotech Engineering Consultants, 8. Kaohsiung university of Science and Technology

The 2018 Hualien earthquake occurred around 23:50, February 6, 2018 (local time). The depth of the event was about 10 km and the moment magnitude was 6.4 (USGS). Crustal deformation in the Hualien basin was clearly observed in the InSAR image (e.g., GSI 2018, Hashimoto 2018). The rupture propagated along the Milun fault from north to south and the northern part of the Longitudinal Valley fault was also ruptured. Particularly, the discontinuity of the interference fringes at the Milun fault was clear on the InSAR image.

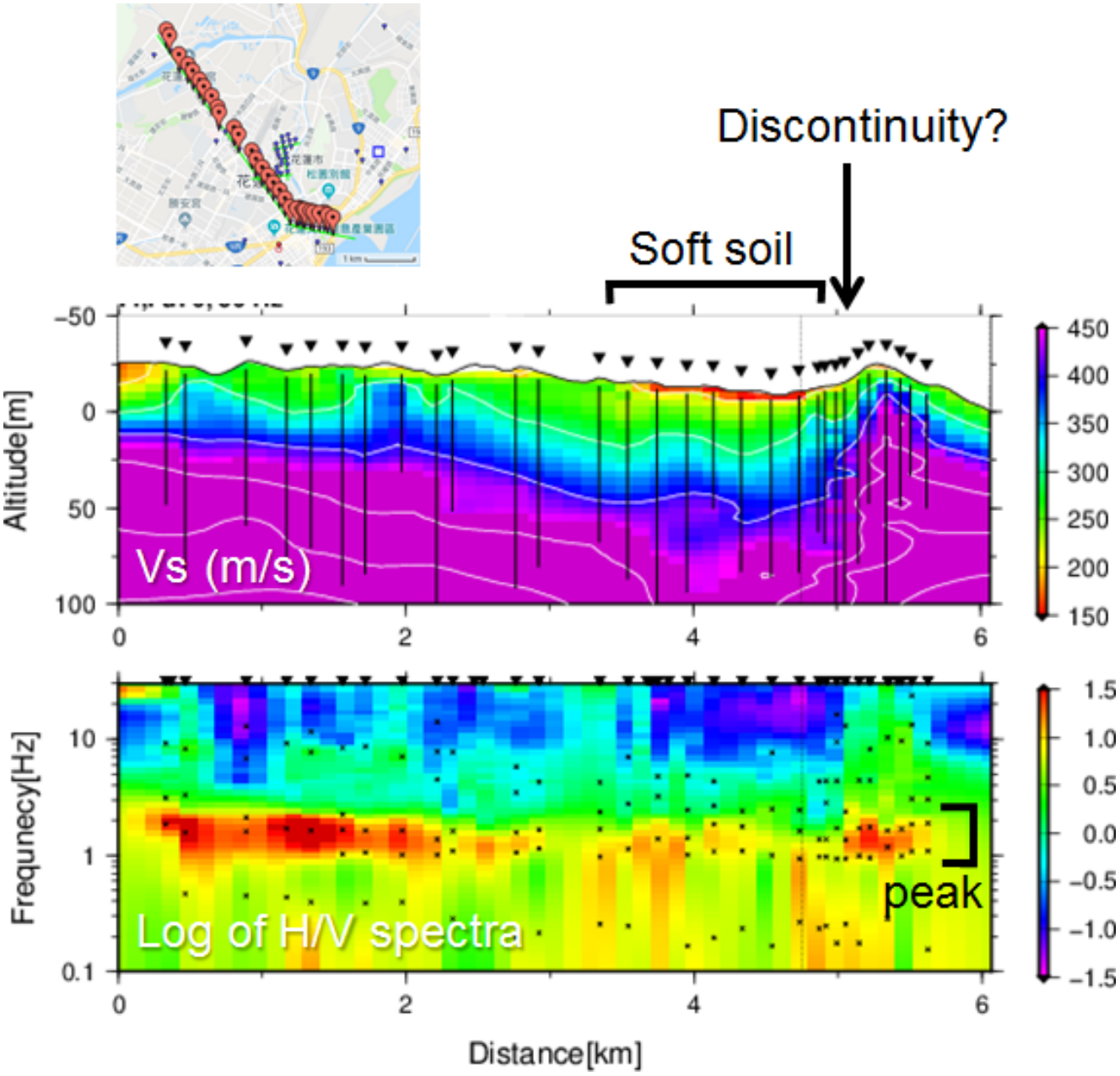
In Hualien city, the middle-rise four buildings collapsed during the earthquake, due to the collapse of the pillars at the first floor. They were located at the place where discontinuous fringes were observed in the InSAR images. There is a possibility that the discontinuous displacements or ground motions in the vicinity of the fault affect on the damage of the buildings (NARlabs 2018).

In order to understand the cause of building damage in Hualien city and the heterogeneous subsurface soil structure in the Hualien basin, we performed microtremor array measurement on October 20-26, 2018. We performed the measurement at every 100-200 m along the EW section of the basin. At each measurement point, we used 5 seismometers to obtain the phase-velocity dispersion curves at the shallow subsurface structure. In total, we measured microtremors at 64 observation points and obtained the phase-velocity dispersion curves and H/V spectra.

Our profile shows that the peak of the H/V spectra is about 1-2 Hz along the measurement line, which probably corresponds to the basement at the depth of 50-100m. The average Vs at the depth of 10-30m is about 200-400 m/s. There is a clear difference between the east and west side of the Milun fault: at the west side of the fault, there is a soft soil deposit on the shallow surface (10m) with the average Vs less than 200m/s. At the east side of the fault, the soft layer with the Vs<400m/s is very thin. Therefore, we estimated the engineering bedrock of the west side of the Milun fault is deeper than the east side. This difference of the basin thickness is consistent with the movement of the Milun fault during the 2018 Hualien earthquake estimated from the InSAR image.

キーワード：花蓮地震、強震動、表層地盤構造、常時微動
Keywords: Hualien earthquake, Strong motion, Subsurface soil structure, Microtremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

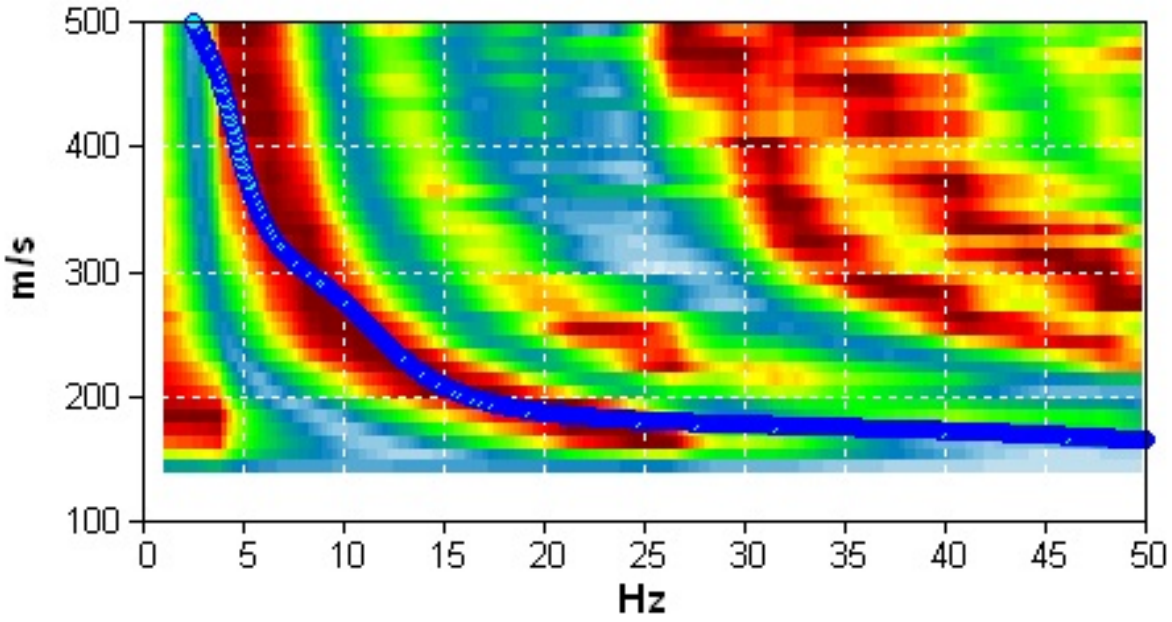
Effect of Near Surface Geology on the Recorded Ground Motion of the Nepal Earthquake in Kumaon Himalaya

*SOHAN LAL[1], Anand Joshi[1], M.L. Sharma[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

An earthquake has been devastated the Nepal on 25 April 2015. The earthquake experienced the low frequency amplification. The subsurface structure alters the seismic wave through which they propagate and can amplify or de-amplify the amplitude of the coming wave from the source for the frequency ranges. The Nepal earthquake was been recorded at the Kumaon Himalaya region at the western side from the epicenter. The present paper highlights the effect of local geology on the recorded ground motion and calculation the shallow subsurface velocity model using the joint fit of the surface wave dispersion curve and HVSR ratio. The theoretical transfer function generated which satisfy both the dispersion curve and the HVSR ratio is directly convolve with the hard rock simulated time series to calculate the surface simulation. The simulation of the Nepal earthquake was done using the semi- empirical technique.

Keywords: Site effect, Strong ground motion, Simulation



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ヒマラヤ衝突帯における広帯域震源モデル構築
Broadband Source Modeling for the Himalayan Collision Zone

*三宅 弘恵[1]、Babita Sharma[2]、纐纈 一起[1]、Soma Nath Sapkota[3]
*Hiroe Miyake[1], Babita Sharma[2], Kazuki Koketsu[1], Soma Nath Sapkota[3]

1. 東京大学地震研究所、2. National Centre for Seismology, Ministry of Earth Sciences, India、3. Department of Mine and Geology, Nepal
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. National Centre for Seismology, Ministry of Earth Sciences, India, 3. Department of Mine and Geology, Nepal

The Himalayan collision zone is characterized by the significant tectonic setting. There are earthquakes with low-angle thrust faulting as well as continental outerrise earthquakes. Recently several historical earthquakes have been identified by active fault surveys [e.g., Sapkota et al., 2013]. We here investigate source scaling for the Himalayan collision zone as a fundamental factor to construct source models toward seismic hazard assessment. As for the source scaling for collision zones, Yen and Ma [2011] reported the subduction-zone source scaling in Taiwan, and pointed out the non-self-similar scaling due to the finite crustal thickness. On the other hand, current global analyses of stress drop do not show abnormal values for the continental collision zones [e.g., Allmann and Shearer, 2009]. Based on the compiled profiling of finite thickness of the curst and dip angle variations, we discuss whether the bending exists for the Himalayan source scaling and implications on stress drop that will control strong ground motions. Due to quite low-angle dip faulting, recent earthquakes in the Himalayan collision zone fit the upper bound of the current source scaling of rupture area vs. seismic moment (< Mw 8.0), and do not show significant bending of the source scaling. Toward broadband source modeling for ground motion prediction, we perform empirical Green’s function simulations for the 2009 Bhutan and 2015 Gorkha earthquake sequence to quantify both long- and short-period source spectral levels [e.g., Miyake et al., 2017; Sharma et al., 2018].

Recent Himalayan events showed the upper bound of the current source scaling of rupture area vs. seismic moment (< Mw 8.0), and current plots well match with Somerville et al. (1999) without bending. However, re-estimates of maximum fault width may change the source scaling. We also found that Himalayan events less than M6-class follow crustal earthquake scalings for short-period ground motion generation. If M7-class sources are modeled to follow crustal earthquake scalings, simulated ground motions tend to be larger than GMPEs on rock. Short-period ground motion saturation will be validated after broadband ground motion modeling for more events (e.g., Gorkha aftershocks).

キーワード：ヒマラヤ衝突帯、広帯域震源モデル、スケーリング、2015年ゴルカ地震
Keywords: Himalayan collision zone, broadband source model, scaling, 2015 Gorkha 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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | A03 東京ベイ幕張ホール

[S-SS16] 地殻変動

コンビーナ:大園 真子(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、落 唯史(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)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:田中 愛幸(東京大学理学系研究科)、加納 将行(東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻)

地球のダイナミクスに関する研究テーマには，地震・火山・プレート運動といった様々な時空間スケールのものがあるが，地殻変動の情報はどの研究テーマに対しても重要な役割を果たしている．本セッションでは現象の理解を進めることを目的として，地殻変動に関連のある話題を幅広く議論する．実際に観測された地殻変動の解釈や観測機器の開発といった観測面からの研究のみならず，解析手法の開発やシミュレーションなど理論面からの研究も歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[SSS16-01] GEONET新解析ストラテジの開発

*撹上 泰亮[1]、阿部 聡[1]、大橋 和幸[1]、濱崎 英夫[1]、田中 和之[1]、川元 聡[1]、畑中 雄樹[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:15 ~ 9:30

[SSS16-02] 西南日本前弧ウエッジの変形と1707年宝永地震の関係

*岡村 行信[1]、宍倉 正展[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

9:30 ~ 9:45

[SSS16-03] 1970年代の傾斜記録に基づく紀伊半島でのスロースリップイベントの可能性

*加納 将行[1]、加納 靖之[2] (1.東北大学理学研究科、2.東京大学地震研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS16-04] The effect of the steady plate subduction in the case of southwest Japan

*岩瀬 裕斗[1]、伊藤 武男[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

10:00 ~ 10:15

[SSS16-05] 沈み込むプレート境界面における力学的カップリングモデルの構築

*木村 洋[1]、伊藤 武男[1]、田所 敬一[1]、篠島 僚平[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.京都大学防災研究所附属地震予知研究センター)

10:15 ~ 10:30

[SSS16-06] 光格子時計を利用した上下変動のモニタリング―相対論的測地学の応用

*田中 愛幸[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3] (1.東京大学理学系研究科、2.東京大学地震研究所、3.国立天文台水沢VLBI観測所)

GEONET新解析ストラテジの開発
Development of New GEONET Analysis Strategy

*撹上 泰亮[1]、阿部 聡[1]、大橋 和幸[1]、濱崎 英夫[1]、田中 和之[1]、川元 聡[1]、畑中 雄樹[1]
*yasuaki kakiage[1], satoshi abe[1], kazuyuki ohashi[1], hideo hamazaki[1], kazuyuki tanaka[1], satoshi kawamoto[1], yuki hatanaka[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

国土地理院では日本列島の地殻変動監視等を目的として、電子基準点の日々の座標値を算出している。1996年にGEONET（GNSS連続観測システム）の運用を開始して以来、3度の改良を経て、2009年から現行の第4世代解析ストラテジで座標値の算出を行っている。前回の改良から9年が経過し、基準座標系や解析ソフトウェアが更新されたことを踏まえて、新たな第5世代解析ストラテジ（5G）の構築を進めている。主な改良事項として、①基準座標系の更新、②解析のマルチGNSS化、③対流圏遅延モデルの更新、④解析固定点算出手法の安定化の4つを検討している。本講演では、5G解析の概要について報告する。

5Gプロトタイプでは、ITRF2014座標系に準拠させた解析固定点の座標を算出し、その座標を固定して、電子基準点全点の解析を、GPSとGLONASSそれぞれで実施するほか、両者の結合解も計算する。

固定点の解析は、全球的なIGS観測局のデータから解析を行う。初期座標値としてITRF2014モデル値を与え、拘束条件をNo-Net-Translationとして解いている．この条件で1996年以降の解析を実施したが、過去のものほど結果が安定しなかったため、過去のデータの解析にはSINEXの値を初期値とし、座標値に拘束を与えて固定点の座標を解くことにした。

GEONET全点の解析においては、結合解の算出に制約条件が必要となっており、制約条件について評価を行った。

本講演では、固定点解析の安定化及び結合解の検討について報告する。

キーワード：測地学
Keywords: Geodesy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西南日本前弧ウエッジの変形と1707年宝永地震の関係
Relationship between deformation of the forearc wedge of Southwest Japan and the 1707 Hoei earthquake

*岡村 行信[1]、宍倉 正展[1]
*Yukinobu Okamura[1], Masanobu Shishikura[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Vocano Geology, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

西南日本外帯の南北方向の隆起帯や沈降帯の成因と、南海トラフ沿いの多様な海溝型地震が発生する原因を、波曲したフィリピン海プレートの斜め沈み込みによって統一的に説明できるモデルを提案する。西南日本の太平洋沿岸では、プレートの沈み込みによる応力蓄積と、100-150年間隔で発生する地震時の応力解放に伴う地殻変動が観測されてきたが，それら変動の変動は打ち消し合い累積性がない。一方、島弧と大きく斜交する赤石山地，紀伊山地など南北方向の隆起帯及びその間の沈降帯が第四紀の間に成長してきた。それらの分布とフィリピン海プレートの形状を比較すると、以下のような関係が認められる。紀伊半島及び赤石山地の隆起域は大きく湾曲するフィリピン海プレート上面の走向がNE-SWになる領域に、紀伊水道や濃尾平野などの沈降域はプレート上面がNW-SEから東西走行になる領域にほぼ一致する。このプレートの波曲形状の軸がフィリピン海プレートに固定されて斜めに沈み込むことによって、プレートの走向がNE-SWの場所ではプレート境界が浅くなり、プレートの走向がNW-SEから東西の場所ではプレート境界は深くなる。プレート境界が浅くなる領域は隆起域に、深くなる領域は沈降域にほぼ一致することから、プレート境界の深度変化が隆起帯および沈降帯の形成原因であると考えられる。隆起生物遺骸群集は1707年宝永地震に生じた紀伊半島の隆起は累積し、1854年と1944及び1946年の海溝型地震の隆起は累積していないことを示す。このことから，紀伊半島下に数百年に1回しか破壊しない固着域が存在し、その破壊によって紀伊半島に累積的な隆起が生じ，同時に南海トラフ全体が一度に破壊すると考えられる。隆起域である赤石山地下のプレート境界にも独立の固着域が存在する可能性がある。大きく波曲するプレートの斜め沈み込みが、プレート境界の深部に数百年間隔で破壊する固着域と、南北方向の隆起帯を形成していると考えられる。

キーワード：南海トラフ、地殻変動、フィリピン海プレート、1707年宝永地震
Keywords: Nankai Trough, crustal movement, Philippine Sea Plate, 1707 Hoei earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1970年代の傾斜記録に基づく紀伊半島でのスロースリップイベントの可能性

A possible slow slip event beneath the Kii Peninsula inferred from historical tilt records in 1970’s

*加納 将行[1]、加納 靖之[2]
*Masayuki Kano[1], Yasuyuki Kano[2]

1. 東北大学理学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate school of science, Tohoku University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Slow slip events (SSEs) have been often observed prior to large earthquakes such as the 2011 Tohoku-oki earthquake and the 2014 Iquique earthquake (e.g., Kato et al., 2012; Mavrommatis et al., 2014; Ruiz et al., 2014). In addition, numerical studies demonstrated that intervals of SSEs became shorter in the latter half of the interseismic period (e.g., Matsuzawa et al., 2010). Therefore, activities and variations of SSEs in time and space provide important clues to anticipated large earthquakes.

Many studies have investigated activities of SSEs based on dense geodetic observation networks established in the early 2000’s (e.g., Sekine et al. 2010; Nishimura et al. 2013). On the other hand, there are few reports before the establishment of such dense networks (Kimata et al., 2001; Kobayashi and Yamamoto, 2011). Here, we report a possible SSE beneath the Kii Peninsula based on historical tilt records in 1970’s.

We used tilt data recorded in Kishu observatory in the Mie Prefecture operated by Kyoto University. Horizontal-pendulum tiltmeters were installed in directions of N57W and N33E. The original tilt data was drawn on bromide (light-sensitive) papers, each of which consists of tilt records for about one week. We have digitized bromide records in 1970’s and connected to a single continuous record.

In the late November in 1973, there was a slow tilt change of >0.5 μrad down to the northeast that lasted for a few days. Assuming that this crustal deformation was due to an SSE along the plate boundary, we have constructed a possible model of SSE. Because it is difficult to constrain fault parameters from a single station record, we conducted a forward modeling assuming already known SSE models beneath the Kii Peninsula obtained by Nishimura et al. (2013). Among 42 template fault models from 1996 to 2012, 3 models were able to qualitatively explain the direction of tilt changes. The centroids of these fault models locate ~30-50 km western side of the observatory. However, the calculated tilt change was about one order smaller than the observed one. Therefore, it is possible that the amount of slip was greater than the template models or the location of SSE was closer to the observatory.

Around the source area, relatively large (magnitude 5.9) earthquake and the following magnitude 5.4 earthquake occurred near the plate boundary on November 25, just before the initiation of the tilt change. The seismicity in this area was usually low, and thus these earthquakes may relate to a possible SSE.

The Kishu observatory have recorded tilt changes since 1947, soon after the 1946 Nankai earthquake. Therefore, further detection of possible SSEs in the latter half of the 20th century will reveal how SSEs behave after large earthquakes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Acknowledgments:

We used tilt records at Kishu observatory operated and preserved by Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University.

キーワード：スロースリップイベント、傾斜計、紀伊半島
Keywords: Slow slip events, Tiltmeters, Kii Peninsula

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The effect of the steady plate subduction in the case of southwest Japan

*岩瀬 裕斗[1]、伊藤 武男[1]
*Yuto Iwase[1], Takeo Ito[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Science, Nagoya University

The deformation of the subduction zone expresses the superposition of the elastic coupling and the steady plate subduction. In the former, the elastic coupling on the plate interface corresponds to stress accumulation for the next earthquake. Thus, the earthquake releases the accumulated stress on the plate interface due to the elastic coupling. The accumulated stress due to elastic coupling is not accumulating over the earthquake cycle. In the latter, the steady plate subduction expresses the creeping on the plate interface. Hence, the shear stress on the plate interface does not accumulate within the earthquake cycle. However, the steady plate subduction effect the long-term deformation over the earthquake cycle. In order to understand the process of the subduction zone, the steady plate subduction is essential not only in seismology but also in geomorphology and geology.

In order to evaluate and understand the effect of steady plate subduction, we introduce a three-dimensional finite element (FE) method. Our target area is southwest Japan. We make a FE model that the size of a model region is 1460km×1400km×700km, where southwestern and northeastern corners of the FE model are corresponding to Amami Island and Tohoku region, respectively. The FE model considers the topography, the three-dimensional shape of the Philippine Sea plate and the complex underground structure that the Philippine Sea plate is subducting in the asthenosphere. The FE model consists of four blocks, such as the Philippine Sea plate, oceanic mantle, continental mantle, and crust. The material of mantle assumes a viscoelastic medium. The crust and the Philippine Sea plate assume an elastic medium. To realize the subducting Philippine sea plate, we set up the boundary condition. The kinematic expression of the Philippine Sea plate is the relative plate motion along the plate interfaces, which are both upper and bottom surfaces of the Philippine Sea plate. In this study, the relative plate motion at each point is expressed by the Euler pole.

As a result, the simulated long-term vertical deformation correlates with topography. The feature of large scale topography, such as the Seto Inland Sea, Kii mountain, Hyuganada and so on, are well reproduced. For the shear stress on the plate interface, The depth-dependent variation is available. There is small shear stress on the plate interface at deeper than Moho depth because of shear stress relaxed by a viscoelastic medium. At shallower than the Moho depth, although the shear stress is available, the direction of shear stress is different from the direction of the Philippine Sea plate because the three-dimensional shape of the Philippine sea plate produces the shear stress on the plate interface. For normal stress on the plate interface, the normal stress on the plate interface is more significant than shear stress. The normal stress produces long-term vertical deformation and tectonic stress distribution. Hence, the tectonic stress around subduction zone produced by dominantly normal stress. The normal stress on the plate interface does not relate with the curvature of the plate interface but is due to the curvature changing rate.

キーワード：プレートの定常的な沈み込み、西南日本、テクトニック応力、三次元有限要素法

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: steady plate subduction, southwest Japan, tectonic stress, three-dimensional finite element method (FEM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沈み込むプレート境界面における力学的カップリングモデルの構築
Development of Mechanical Coupling Model on Subducting Plate Interfaces

*木村 洋[1]、伊藤 武男[1]、田所 敬一[1]、篠島 僚平[2]
*Hiroshi Kimura[1], Takeo Ito[1], Keiichi Tadokoro[1], Ryohei Sasajima[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 京都大学防災研究所附属 地震予知研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 2. Research Center For Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Introduction

Interplate earthquakes occur at regions where the interplate strain has been accumulated by plate convergence. To evaluate the interplate seismic potential, many previous studies have tried to estimate the spatial distribution of interplate "coupling" [e.g., Loveless and Meade (2010); Yokota et al. (2016); Nishimura et al. (2018); Kimura et al. (in prep.)]. In their models, "coupling" is defined as the ratio between slip deficit rate and convergence rate, based on the kinematic concept. However, the actual situation of plate interface should be treated as mechanical "locking" (sometimes called as asperities) or "creeping". It is considered that the seismic ruptures at asperities can generate the strong-motion that gives constructions serious damages. Thus, it is essential to comprehend the spatial distribution of the mechanical "locking" region on the plate interface. We then introduce the two kinds of back-slips to develop the mechanical coupling model on the basis of the geodetic observation data. Using this model, we test several scenarios of mechanical coupling distributions along the Nankai Trough for forward simulation.

Modeling of Mechanical Coupling

The mechanical coupling model we developed in this study is similar to the "pinned asperities" model presented by Bürgmann et al. (2005). We consider two kinds of back-slip on the plate interface: active back-slip and passive back-slip. The first one is applied on the mechanical coupling region, that is the mechanically locked region to the plate interface between subducting and overriding plate. We calculate the active back-slip rate from the relative block motion rate based on the Euler vectors of each block. The second one is the slip around the mechanical coupling region generated to completely relieve the along-dip and along-strike shear strain due to the active back-slip. We model the relationship between shear strain concentration $\boldsymbol{\varepsilon}$ and passive back-slip rate $\boldsymbol{v}$ around the mechanical coupling region with a linear equation $\boldsymbol{\varepsilon} = G\boldsymbol{v}$, where G is the Green's function matrix. To estimate the passive back-slip, we first calculate the shear strain due to the given active back-slip on the mechanical coupling region. Then, we inverse the passive back-slip rate using the linear equation above. We repeat these two procedures until the shear strain concentration becomes zero. We call the region where the active or passive back-slip is observed as kinematic coupling region. The elastic component of crustal displacement at the surface can be calculated from the total back-slip on the kinematic coupling region.

Forward Simulation

We conduct the forward simulation using our mechanical coupling model for some scenarios of mechanical coupling distributions along the Nankai Trough. We divide the test region into 12 rigid blocks and calculate the active back-slip rate on mechanical coupling regions using the Euler vectors referring to Kimura et al. (in prep.). Figure 1 shows one example of (a) given mechanical coupling distribution and (b)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

spatial distribution of the simulated passive back-slip rate. Blue lines mean the edges of mechanical coupling regions. Because the relative block motion rate is about two times faster in the western region than that in the eastern region, the passive back-slip area is larger around the western mechanical coupling region, extending down to ~50 km in depths. In this presentation, we discuss for the other cases of mechanical distributions. In this study, we give the mechanical coupling distributions and Euler vectors for forward simulation. Because of this, the estimated passive back-slip rate depends on the given distribution, and we could not know other scenarios of mechanical coupling distributions. To resolve this problem, we will estimate the spatial distributions of mechanical coupling and Euler vectors simultaneously as a non-linear problem in future studies.

キーワード：力学的カップリング、パッシブなバックスリップ、歪集中、地殻変動観測データ、沈み込み帯
Keywords: Mechanical Coupling, Passive Back-slip, Strain Concentration, Crustal Deformation Observation Data, Plate Subduction Zone

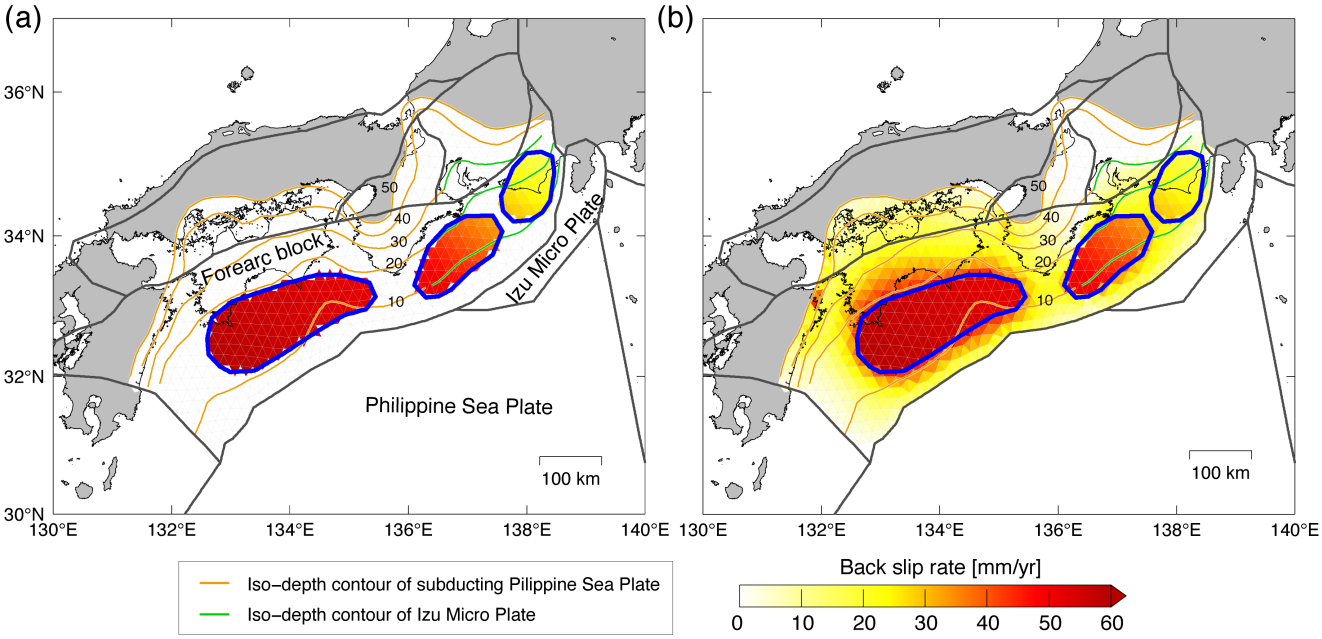


Figure 1: Map showing the spatial distribution of back-slip rate of (a) given active back-slip, and (b) calculated passive back-slip as well as given back-slip.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光格子時計を利用した上下変動のモニタリング―相対論的測地学の応用
Monitoring vertical deformation with optical lattice clock –an application of relativistic geodesy

*田中 愛幸[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3]
*Yoshiyuki Tanaka[1], Yuichi Imanishi[2], Yoshiaki Tamura[3]

1. 東京大学理学系研究科、2. 東京大学地震研究所、3. 国立天文台水沢VLBI観測所
1. Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Mizusawa VLBI Observatory, National Astronomical Observatory of Japan

地震、火山活動に伴う地殻上下変動が、測地的手法により捉えられている。得られた変動は水平変動と合わせて解析され、それらを生じさせるメカニズム（断層すべりなど）が調べられてきた。代表的な上下変動の計測手法に、地上測量である水準測量と宇宙測地技術であるGlobal Navigation Satellite System (GNSS)がある。いわゆるGlobal Positioning System (GPS)は後者に含まれる。

水準測量は歴史が長く、短い路線を測量する場合では今でも最も高精度な手法である（例えば4 km間で5 mm未満）。しかし路線長とともに誤差が累積し、また測量を実施する領域が大きくなると多大な時間を要する。一方、GNSSは歴史が短いものの、長距離に対しては水準測量よりも高精度である。24時間の計測で標準偏差１ cm程度の精度が達成でき、平均点間距離20 kmの稠密ネットワークも整備されている。しかしながら、大気遅延によるノイズの影響を大きく受けるために、より短い時間に対しては精度がより低く（3時間で3 cm）、季節的な時間スケールの変動が捉えにくいといった問題がある。

最近、原子時計の精度が飛躍的に上がってきた。現在の１秒の国際単位はセシウム時計によって約10^-15の相対精度で決定されているが、日本で提案された光格子時計（Katori 2002; 香取 2017）は、これを３桁上回る精度を達成できる。原子時計は、一般相対論効果により重力ポテンシャルの影響を受け、標高により１秒の長さが変化する（重力赤法偏移）。２点間の標高差を光ファイバーで接続された２台の光格子時計を用いることで、3時間の計測で標高差に換算して5 mmの精度を達成することができる。テクトニックなジオイドの変化はM9地震の場合でも最大数cmであり、ほとんどの場合無視できる。したがって、ポテンシャルの時間変化の大部分は標高の変化を反映する。つまり、光格子時計による標高の時間変化の計測精度、計測時間は、上記のGNSSの精度を上回るため、将来的に上下変動の観測は光格子時計に置き換えられる可能性がある。

2018年11月から、光格子時計に関する科学技術振興機構（JST）の新しいプロジェクトが始まった。本発表では、このプロジェクトの概要と相対論測地グループの目的を紹介するとともに、地殻変動計測への応用可能性について議論する。

キーワード：光格子時計、相対論、地殻変動、重力ポテンシャル、原子時計、相対論的測地学
Keywords: optical lattice clock, relativity theory, crustal deformation, gravity potential, atomic clock, relativistic geodesy

©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26日(日) 10:45 ~ 12:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[S-SS16] 地殻変動

コンビーナ:大園 真子(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、落 唯史(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)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:姫松 裕志(北海道大学大学院理学院)、向井 厚志(福山市立大学都市経営学部)

地球のダイナミクスに関する研究テーマには，地震・火山・プレート運動といった様々な時空間スケールのものがあるが，地殻変動の情報はどの研究テーマに対しても重要な役割を果たしている．本セッションでは現象の理解を進めることを目的として，地殻変動に関連のある話題を幅広く議論する．実際に観測された地殻変動の解釈や観測機器の開発といった観測面からの研究のみならず，解析手法の開発やシミュレーションなど理論面からの研究も歓迎する．

10:45 ~ 11:00

[SSS16-07] SARで捉えた2016年熊本地震の前後の地表変動

*橋本 学[1] (1.京都大学防災研究所)

11:00 ~ 11:15

[SSS16-08] ALOS-2/PALSAR-2データによる2016年熊本地震に伴う地震時・地震後地殻変動の比較

*姫松 裕志[1]、古屋 正人[1] (1.北海道大学大学院理学院)

11:15 ~ 11:30

[SSS16-09] GNSS観測に基づく2016年熊本地震 (M7.3) の余効変動時系列解析

*不破 智志[1]、大園 真子[1] (1.北海道大学)

11:30 ~ 11:45

[SSS16-10] 上部地殻でのマグマ流入出に対する粘弾性地殻の応答：1914年桜島噴火前後の姶良カルデラの隆起について

*山崎 雅[1]、Freysteinn Sigmundsson[2]、井口 正人[3] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.アイスランド大学ノルディック火山センター、3.京都大学防災研究所)

11:45 ~ 12:00

[SSS16-11] 万福寺断層の断層破砕帯における地下水流動の年周変化を制御する要因

*向井 厚志[1]、大塚 成昭[2]、福田 洋一[3] (1.福山市立大学都市経営学部、2.神戸学院大学人文学部、3.京都大学大学院理学研究科)

12:00 ~ 12:15

Discussion

SARで捉えた2016年熊本地震の前後の地表変動
Surface Deformation before and after the 2016 Kumamoto Earthquake Detected by SAR

*橋本 学[1]
*Manabu Hashimoto[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

2016年熊本地震の地震前と地震後のALOS-1/2及びSentinel-1画像を収集し，地震前と地震後の地表変動を調べた．
2007年から2011年のALOS-1の北行および南行軌道の画像を，StaMPSによる時系列解析にて解析した．しかし，布田川ー日奈久断層沿い，あるいは熊本平野において有意な変動を検出できなかった．

地震後の余効変動を調べるために，2018年までのALOS-2及びSentinel-1の北行および南行軌道の画像を，Gamma(R)で干渉処理した．その結果，ALOS-2の南行軌道の干渉画像中に，少なくとも6カ所で視線距離伸長の領域を同定した．その内3カ所は，布田川−日奈久断層の地表トレースとその延長近傍で，最大視線距離変化は10cmを超えている．この変動は，GNSSで観測された日本の他の内陸地震後の余効変動と比べて遙かに大きい．北行干渉画像を合わせて，東西および上下成分に変換すると，布田川−日奈久断層の南東側で西向き成分が卓越していることがわかった．

さらに，熊本市内において６ｃｍを超える視線距離変化が見つかった．この変動は，布田川断層と日奈久断層の接合部より北西に延びる帯状の領域で，地震時にも同様な変動が検出されたところである．この地域では地表亀裂も発見されている．位置とタイミングを考慮すると，この断層から離れた変動は，本震による応力解放過程に関係するものと考えられる．5番目は，阿蘇カルデラ北部の変動で，これも６ｃｍを超える．最後に，布田川断層から10ｋｍ以上離れた菊池市に見つかった．この変動領域は河川に沿って西北西ー東南東に延びる特徴がある．

Sentinel-1の干渉画像では，コヒーレンスが低いものの，同様な変動が検出された．

視線距離伸長の変化は，活断層の地表トレースを境にして極めてシャープで，かつ非対称である．したがって，上記の変動を2〜3の断層の余効すべりのみで説明することは困難である．この地域には，厚い火砕流堆積物と海成または非海成堆積物が分布している．余効変動の分布とこれらの堆積物の分布に空間的な相関が見られることから，地下の不均質構造が余効変動の空間分布に影響を与えているものと推察される．

キーワード：ALOS-1/2、熊本地震、余効変動、SAR、Sentinel-1、地表変動
Keywords: ALOS-1/2, Kumamoto Earthquake, postseismic deformation, SAR, Sentinel-1, Surface deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS-2/PALSAR-2データによる2016年熊本地震に伴う地震時・地震後地殻変動の比較

Co- and post-seismic crustal deformations associated with the 2016 Kumamoto earthquake sequence using ALOS-2/PALSAR-2 data

*姫松 裕志[1]、古屋 正人[1]
*Yuji Himematsu[1], Masato Furuya[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Hokkaido University

2016年熊本地震は2016年4月14日（日本標準時）に別府島原地溝帯の南西部に位置する熊本県でMw6.2の地震が発生し，その28時間後にMw7.0 の本震が発生した．気象庁のカタログによると本震のメカニズム解は南北方向に引張軸をもつ横ずれ成分が卓越していた．この地震に伴う地殻変動はGNSS観測や衛星SARを用いた観測結果が多くの論文で報告され，北東ー南西方向に走行を持つ断層に対して右横ずれ水平変位に加えて，顕著な沈降が布田川断層帯に沿って検出された．なかでもJAXAが運用しているSAR衛星ALOS-2/PALSAR-2にpixel trackingを適用することにより，InSARよりも強健な地震時地殻変動の描像を明らかにした（Himematsu and Furuya, 2016）．一方，地震後の緊急現場観測によって地表面に現れた亀裂や人工構造物の食い違い量が求められてきた（例えばShirahama et al., 2016）．本研究ではすでに報告されている現場観測による地表断層の食い違い量と，PALSAR-2データにpixel trackingを適用して検出された地震時地殻変動から求められる地表断層に沿った変位量を比較することで，リモートセンシング技術による観測と現場観測による結果の違いに注目した．地表断層の走行方向に沿った変位分布は，断層面における破壊過程や伝搬特性を理解する上で重要である．

またPALSAR-2データを用いた地震後地殻変動の描像についても報告し，地震時地殻変動との比較をする．中部九州直下の粘弾性構造を推定するためにGNSS観測やSentinel-1データを用いて熊本地震に伴う広域の余効変動を報告した一方、本研究ではPALSAR-2データを用いて断層近傍付近の地震後地殻変動に注目した．本研究における地震後地殻変動の検出にはstacking法を採用した．PALSAR-2データにSAR干渉法（InSAR）を適用した結果を足し合わせることによって，微小な地殻変動の抽出とノイズの低減を目的とした手法である．本研究ではstacking法を適用したInSARの結果に2.5次元解析（e.g., Fujiwara et al., 2000）を適用することによって，準東西方向と準上下方向の変位場を推定した．Stacking法により一定のノイズの低減が認められたものの，微小な地震後地殻変動の蓋然性を確認するために独立な2組の準東西・準上下変位場を求めた．衛星進行方向の水平変位に感度を持つMultiple Aperture Interferometry (MAI) は詳細な地殻変動の描像の推定に重要な情報源となり得るが，その多くは電離層擾乱によるノイズと真の変位シグナルとを明瞭に識別することは困難であった．

キーワード：合成開口レーダ、2016年熊本地震、地殻変動、地表地震断層、SAR干渉法、ALOS-2/PALSAR-2
Keywords: Synthetic Aperture Radar, 2016 Kumamoto Earthquake Sequence, Crustal Deformation, Surface Ruptures, SAR Interferometry, ALOS-2/PALSAR-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSS観測に基づく2016年熊本地震 (M7.3) の余効変動時系列解析
GNSS time series analysis of postseismic deformation induced by 2016 Kumamoto earthquake (M7.3)

*不破 智志[1]、大園 真子[1]
*Satoshi Fuwa[1], Mako Ohzono[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

2016年4月16日に発生した熊本地震 (M7.3) に伴う余効変動が九州の広い地域で観測され，その変位や速度を用いたモデル化が行われている．これらは地震後短い期間のみに注目しており，その時間変化についてはあまり議論されていない．また他の大地震に伴う余効変動の時系列解析については，過去の先行研究により，そのシグナルを余効すべりと粘弾性緩和を仮定した対数関数と指数関数で説明する試みがなされてきたが，それらが示す変動量が背景となるメカニズムを反映しているかについての考察はあまり行われていない．そこで本研究では，2016年熊本地震後にGNSSにより観測された余効変動に対して時系列解析を行い，余効すべりと粘弾性緩和を分離し，得られた結果から余効すべりの発生メカニズムや粘弾性緩和を支配する九州地方のレオロジー構造について考察をすることを目的として余効変動解析を行なった．本研究では震源近傍の48観測点について国土地理院が提供する日座標系 (F3解) の水平2成分を使用し，2016年熊本地震以降2018年3月31日まで約2年間の時系列をデータとして用いた．余効すべりは地震発生後約0.25年で収束しているという先行研究に基づき，地震発生後90日間の余効変動時系列に対数関数で重み付き非線形最小二乗法を用いて近似を行い，余効すべりの時間発展を示す時定数の値を推定した．次にこの値を用いて全ての期間に対して対数関数と指数関数を足し合わせた式で重み付き非線形最小二乗法を用いて再び近似を行い，推定された結果から余効変動を対数関数と指数関数に分離した．この結果からそれぞれの理論式が示す2年間の累積変動量に対して，余効すべりと粘弾性緩和の計算値との比較を試みた．その結果，余効すべりが震源断層の地震時のすべりが推定されていない領域で卓越して発生していることが示され，そのすべり分布に相補性があることが明らかになった．また指数関数の累積変動量に対し，一様な成層構造仮定した粘弾性緩和のフォワード計算で九州地方のレオロジー構造のパラメターを推定し，弾性層の厚さが20 km，粘弾性層の粘性率が1×10^{19} Pa sのときに観測値が説明される結果となった．これは先行研究と整合的な結果である．余効すべりについては最適な近似期間の検証が，また粘弾性緩和のモデル化では断層や地下構造の複雑性の考慮が必要であるものの，2016年熊本地震の余効変動時系列解析から，各要因について観測値を説明するメカニズムを推察することができた．

キーワード：2016年熊本地震、余効変動、時系列解析
Keywords: 2016 Kumamoto earthquake, postseismic deformation, time series analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上部地殻でのマグマ流入出に対する粘弾性地殻の応答：1914年桜島噴火前後の姶良カルデラの隆起について

The viscoelastic crustal response to the magma discharge/recharge in the upper crust: implications for the uplift of the Aira caldera before and after the 1914 eruption of the Sakurajima volcano

*山崎 雅[1]、Freysteinn Sigmundsson[2]、井口 正人[3]
*Tadashi Yamasaki[1], Freysteinn Sigmundsson[2], Masato Iguchi[3]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. アイスランド大学ノルディック火山センター、3. 京都大学防災研究所
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Nordic Volcanological Center, University of Iceland, 3. DPRI, Kyoto University

Volcano deformation has often been analysed in terms of crustal elasticity, where the temporal volume change of the deformation source is required to explain any transient behaviour of ground displacement. However, the response of viscoelastic crust, both to magma discharge and eventual subsequent recharge, is not negligible because the effective crustal viscosity is expected to be lowered by higher geothermal gradient at volcanoes. The present study, using a 3-D finite element model with a linear elastic layer underlain by a linear Maxwell viscoelastic layer with spatially uniform viscosity, examines the viscoelastic crustal response to both magma discharge and recharge into the upper crust. The model considers a sill-like magma chamber emplaced at the bottom of the elastic layer inflating at a constant rate, during which the magma discharge due to an eruption occurs instantaneously all at once. Numerical experiments have revealed that the viscoelasticity in response to magma discharge promotes surface uplift. The uplift depends on how long the pre-eruptive magma charge lasted, that is, how much viscoelastic relaxation in response to the magma charge occurred in pre-eruption period. If the relaxation was significant, the uplift due to viscoelastic relaxation is greater than that due to magma recharge earlier in post-eruption period. On the contrary, at later times, the uplift due to magma recharge exceeds the relaxation-derived one. However, since the viscoelastic response to magma recharge detracts the uplift, the post-eruptive magma volume is recovered before the surface elevation is recovered. This viscoelastic model behaviour is then adopted for the geodetic data in the Aira caldera, southern Kyushu, Japan, giving important constraints on the model parameters. A model with constant magma supply rate explains the observed exponential-like recovery of the surface elevation after the 1914 eruption if the following conditions are satisfied: (1) the effective crustal viscosity is ~5x10^18 Pa s, and (2) magma emplacement at a depth of ~10-15 km is initiated ~50 years before the eruption, with a constant supply rate of at least ~0.01-0.02 km^3/yr. The constrained model predicts that the accumulated volume of magma during the first 50 years in the post-eruption period is lower than that estimated by elastic model, but is on the contrary larger thereafter. In addition, the surface uplift immediately before the 1914 eruption is predicted to be ~3 times lower than that supposed in previous studies. Our results suggest that geodetic signals observed before and after the magma discharge due to an eruption need to be revisited with respect to the crustal viscoelasticity.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

万福寺断層の断層破砕帯における地下水流動の年周変化を制御する要因
Factors controlling annual changes in groundwater migration in the fault fracture zone of Manpukuji fault

*向井 厚志[1]、大塚 成昭[2]、福田 洋一[3]
*Atsushi Mukai[1], Shigeaki Otsuka[2], Yoichi Fukuda[3]

1. 福山市立大学都市経営学部、2. 神戸学院大学人文学部、3. 京都大学大学院理学研究科
1. Faculty of Urban Management, Fukuyama City University, 2. Kobe Gakuin University, 3. Graduate School of Science, Kyoto Univ.

兵庫県南部の六甲高雄観測室は万福寺断層を貫いており、その断層破砕帯からは常時、湧水が生じている。同観測室で観測された湧水量変化および間隙水圧変化には、通常、春季に最小，秋季に最大となる年周変化を含んでいる。しかし、年周変化の大きさは年によって異なり、2017年の湧水量変化および間隙水圧変化には顕著な年周変化が現れなかった。本発表では、地下水流動の年周変化を制御する要因として、広域の地殻変動、降水、地震動の影響について調べた結果を報告する。

六甲高雄観測室では、埋設型石井式歪計、伸縮計、水管傾斜計による地殻変動連続観測に加え、湧水量計と間隙水圧計を用いて断層破砕帯近傍における地下水流動の連続観測を実施している。湧水量変化および間隙水圧変化の観測値に潮汐解析プログラムBAYTAP-Gを当てはめて潮汐振幅および位相を計算し、海洋潮汐荷重計算プログラムGOTIC2で得られた体積歪の理論潮汐と比較したところ、主要分潮O_1およびM_2の位相は理論値とほぼ一致しており、いずれも地殻応力の潮汐変化に対して同様な応答を示していた。

2017年の湧水量変化および間隙水圧変化の観測値は顕著な年周変化を示さず、その年周変化の振幅は年平均値の高々10%程度に留まった。一方、2017年を除く2015年以降に関しては、年平均値の数10%以上の振幅で顕著な年周変化が現れた。2000年以前に観測が開始された湧水量変化の観測値を調べてみると、2005年および2012年にも年周変化が小さくなった時期があることがわかった。このように年周変化の振幅が年によって異なる原因としては、広域の地殻変動、降水、地震動の影響などが考えられた。

同観測室周辺の広域の地殻変動として、国土地理院GEONETの観測値から面積歪の変化を求めたところ、上記の年においても顕著な年周変化が存在しており、広域の地殻変動に応じて地下水流動の年周変化が消失したわけではないと推察された。降水の影響に関しては、上記の年は例年より年間降水量が少ない時期と対応しており、一見、降水量の減少が地下水量の減少を引き起こし、地下水流動の年周変化が小さくなったと考えられる。しかし、この考えは、2017年の間隙水圧が高い値を維持したままであったという観測結果と矛盾する。

万福寺断層の破砕帯では、2011年東北地方太平洋沖地震後の１年以上にわたって透水性が低下したことが観測された（向井・大塚，2014）。同様な透水性の低下は、2016年の熊本地震および鳥取県中部地震においても観測されている（向井他，2017）。地下水流動の年周変化が小さくなった2005年、2012年および2017年は、そうした大地震が発生した翌年にあたり、一時的な透水性の低下が地下水流動や水圧の伝播を妨げ、年周変化が小さくなった可能性が考えられる。

キーワード：断層破砕帯、地下水流動、年周変化
Keywords: fault fracture zone, groundwater migration, annual change

©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26日(日) 13:45 ~ 15:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[S-SS16] 地殻変動

コンビーナ:大園 真子(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、落 唯史(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)、加納 将行(東北大学理学研究科)、座長:田部井 隆雄(高知大学理工学部地球環境防災学科)、伊藤 武男

地球のダイナミクスに関する研究テーマには，地震・火山・プレート運動といった様々な時空間スケールのものがあるが，地殻変動の情報はどの研究テーマに対しても重要な役割を果たしている．本セッションでは現象の理解を進めることを目的として，地殻変動に関連のある話題を幅広く議論する．実際に観測された地殻変動の解釈や観測機器の開発といった観測面からの研究のみならず，解析手法の開発やシミュレーションなど理論面からの研究も歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SSS16-12] 褶曲の発達に伴う台湾南西部の急速な上下変動

*竹井 義貴[1]、高田 陽一郎[2] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院)

14:00 ~ 14:15

[SSS16-13] ヒマラヤ前縁帯の地震ポテンシャル評価に向けたネパール国内のGNSS観測システムの構築

*田部井 隆雄[1]、大園 真子[2]、纐纈 一起[3]、三宅 弘恵[3]、Rajendra Bhandari[4]、Janak B. Chand[4]、Bishow R. Silwal[4]、Soma N. Sapkota[4] (1.高知大学理工学部地球環境防災学科、2.北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター、3.東京大学地震研究所、4.ネパール鉱山地質局)

14:15 ~ 14:30

[SSS16-14] The kinematic model along the Sumatran fault using a new dense GNSS observation (AGNeSS+) in Banda Aceh

*伊藤 武男[1]、田部井 隆雄[2]、木股 文昭[3]、大久保 慎人[2]、山品 匡史[2]、Cecep Pratama[4]、Didik Sugiyanto[5]、Mukusin Umar[5]、Nazli Ismail[5]、Irwandi Nurdin[5] (1.名古屋大学、2.高知大学、3.東濃地震科学研究所、4.ガジャマダ大学、5.シアクラ大学)

14:30 ~ 14:45

[SSS16-15] Mechanical modeling of interseismic deformation in the Central Andes: implications for back-arc shortening

*Shaoyang Li[1,2]、Fuqiang Shi[3]、Marcos Moreno[4]、Jun'ichi Fukuda[1] (1.Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, Japan、2.Department of Earth and Environmental Sciences, The University of Iowa, Iowa City, IA, USA、3.Shaanxi Earthquake Agency, Xi’an, China、4.Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile)

14:45 ~ 15:00

[SSS16-16] Inferring regional stress field based on SAR analysis and dynamic simulation of the 2018 Palu earthquake

*横田 貴史[1]、安藤 亮輔[1]、青木 陽介[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東京大学地震研究所)

15:00 ~ 15:15

Discussion

褶曲の発達に伴う台湾南西部の急速な上下変動
Rapid uplift in SW Taiwan caused by fold growth

*竹井 義貴[1]、高田 陽一郎[2]
*Yoshiki Takei[1], Youichiro Takada[2]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院
1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Hokkaido University

台湾はフィリピン海プレートとユーラシアプレートの衝突によって形成され，現在でもプレート間の収束運動が継続している．GNSS観測網は台湾島における東西圧縮速度が非常に速いことを示している(e.g., Yu et al., 1997; Tsai et al., 2015)．このような圧縮場の中でも，特に台湾南西部では最大で37 mm/yrに達する急速な非地震性の地殻変動が水準測量とInSARによって検出されている(Ching et al., 2016; Tsukahara and Takada, 2018)．Tsukahara and Takada (2018)は半無限弾性体中の断層運動によってこの急速な隆起運動の説明を試みたが，計算結果と観測データの間に大きな不一致がみられた．そのため，彼らはChing et al. (2016)と同様に，この急速な隆起運動は断層すべりに加えて褶曲の発達によって駆動されていることを提案した．実際に，台湾南西沖には地下から泥が上昇するMud diapirが広く存在しており，陸上においてはその一部が泥火山の列として観測されている(e.g., Lin et al., 2009; Hsu et al., 2013; Doo et al., 2015)．このMud diapirの成長は強い水平圧縮場における褶曲成長の一形態として理解することができる．しかしながら，台湾南西部において，この褶曲発達の可能性を定量的に調べた先行研究はない．そこで，本研究では連続体力学に基づいて台湾南西部における褶曲の成長を計算した．まず，地殻をべき乗則に従う非線形粘性流体でモデル化した．次に，背景応力場が作り出す変形速度に対して褶曲の発達が引き起こす擾乱が微小であることに着目し，非線形の構成方程式を線形化することで，褶曲の成長速度を解析的に求めた(Smith, 1977; Fletcher and Hallet, 1983)．これまで，このアプローチは周期的な褶曲発達に適用されてきたが，台湾南西部の陸上には空間的に非周期的な独立した褶曲が発達している．そこでBassi and Bonnin (1988)の定式化に従い，初期条件としてガウス分布型の擾乱を与え，それが成長できる条件を計算により求めた．媒質を泥からなる基盤層とより脆性的な岩石からなる地表層の2層構造としてモデル化し，基盤層と表層の応力指数をそれぞれ1および1000に設定した．以上に加えて，台湾では急速な侵食・堆積運動が進行しているため，本研究においてもその効果を考慮した．計算の結果，ガウス型の擾乱がその形状を保ったまま成長するパラメターの組み合わせを現実的な値の範囲において得ることができた．また，侵食・堆積運動はこの褶曲の発達を促すことも明らかになった．ガウス型の褶曲発達に伴う隆起･沈降速度は水準測量およびInSARから得られた値とおおむね良い一致を得た．特に断層モデルでは説明できなかった沈降域を良く説明することができた．一方，隆起速度が最大を取る領域では観測結果と計算結果の間に10 mm/yr程度のズレがあり，観測結果の方が大きな変位勾配を示す．このことは，褶曲運動が局所的に破壊を伴うことに起因するかもしれない．今後は断層運動と褶曲発達を統合的に考えることで，台湾南西部における急速な非地震性の地殻変動の原因を解明する．

キーワード：非地震性地殻変動、褶曲発達、台湾
Keywords: Aseismic crustal deformation, Fold growth, Taiwan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ヒマラヤ前縁帯の地震ポテンシャル評価に向けたネパール国内のGNSS観測システムの構築

Construction of GNSS monitoring system in Nepal for the earthquake potential evaluation in the Himalayan Frontal Zone

*田部井 隆雄[1]、大園 真子[2]、纐纈 一起[3]、三宅 弘恵[3]、Rajendra Bhandari[4]、Janak B. Chand[4]、Bishow R. Silwal[4]、Soma N. Sapkota[4]
*Takao Tabei[1], Mako Ohzono[2], Kazuki Koketsu[3], Hiroe Miyake[3], Rajendra Bhandari[4], Janak B. Chand[4], Bishow R. Silwal[4], Soma N. Sapkota[4]

1. 高知大学理工学部地球環境防災学科、2. 北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター、3. 東京大学地震研究所、4. ネパール鉱山地質局
1. Department of Global Environment and Disaster Prevention, Faculty of Science and Technology, Kochi University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science, Hokkaido University, 3. Earthquake Researech Institute, University of Tokyo, 4. Department of Mines and Geology, Nepal

We have deployed 10 continuous GNSS stations in central Nepal since 2016 under the SATREPS project of “Integrated Research on Great Earthquakes and Disaster Mitigation in Nepal Himalaya (NERDiM)”(2016-2021). The main purpose of the GNSS observation is to monitor ongoing crustal deformation for estimating earthquake generation potential in the Indian-Eurasian plate boundary zone. We focus especially on the crustal activity of the “Central Seismic Gap” located just west of the source region of the 2015 Gorkha earthquake (Mw 7.8), where no destructive event has been recorded since 1505. Prior to our project there were about 50 continuous GPS stations distributed over the whole of Nepal, most of which were constructed and maintained by universities and institutions in USA and France. We determined station deployment so as to reinforce such pre-existing networks. One-second and 30-second interval data collected at each station are automatically transmitted on a semi-daily basis to a data server at Kathmandu via domestic cell phone network. In addition, we have already introduced a high-performance machine that has the ability of automated GNSS data processing and archiving. Soon we will start daily baseline processing using GNSS data from the SATREPS NERDiM stations and also from the pre-existing domestic and international networks.

In paralle to the station construction, we collect all available GNSS data in Nepal and process them using PPP-AR method of GIPSY/OASIS II ver.6.4. Total number of stations is less than 10 as of 2004 and gradually increased year by year. Since the 2015 Gorkha earthquake, many stations have been added in and around the Kathmandu Valley. However, the number of stations where stable data collection is still ongoing may be less than 30. The result shows that roughly N-S contraction of about 0.1 ppm/yr is significant over the whole of the country, implying that about half of the relative Indian-Eurasian plate motion (36-37 mm/yr) is taken up in crustal shortening of the Himalayan frontal zone due to strong coupling on the plate boundary. Occurrence of the 2015 Gorkha earthquake disturbs deformation field in the source region in central Nepal but does not seem to affect further west. It means that large amount of strain has remained unreleased in “Central Seismic Gap”. We need to cope with high potential of earthquake generation in this region in the near future. New SATREPS NERDiM GNSS stations will contribute to enhance spatio-temporal resolution of the deformation field in the region concerned.

キーワード：ネパール、地震、GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Nepal, Earthquake, GNSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The kinematic model along the Sumatran fault using a new dense GNSS observation (AGNeSS+) in Banda Aceh

*伊藤 武男[1]、田部井 隆雄[2]、木股 文昭[3]、大久保 慎人[2]、山品 匡史[2]、Cecep Pratama[4]、Didik Sugiyanto[5]、Mukusin Umar[5]、Nazli Ismail[5]、Irwandi Nurdin[5]
*Takeo Ito[1], Takao Tabei[2], Fumiaki Kimata[3], Makoto OKUBO[2], Tadashi Yamashina[2], Cecep Pratama[4], Didik Sugiyanto[5], Mukusin Umar[5], Nazli Ismail[5], Irwandi Nurdin[5]

1. 名古屋大学、2. 高知大学、3. 東濃地震科学研究所、4. ガジャマダ大学、5. シアクラ大学
1. Nagoya Univ, 2. Kochi Univ, 3. Tono Research Institute of Earthquake Science, 4. Gadjah Mada University, 5. Syiah Kuala University

The 2004 Sumatra-Andaman earthquake (Mw 9.2) has occurred along the Sunda trench. In Banda Aceh district, evaluation of the earthquake generation potential along the Sumatran fault is highly urgent because of a large fault slip rate, the lack of major earthquakes for more than 100 years and recent Coulomb stress increase on the fault due to the 2004 event. After the 2004 event, we have deployed the Aceh GNSS Network for the Sumatran fault System (AGNeSS), which consists of 24 GNSS sites. AGNeSS have releveled the along-strike variations of elastic coupling and creeping along the Sumatran fault system (Ito et al.,2012). Recently, seismic activity is increasing around the Seulimeum fault. So, we try to evaluate the earthquake potential around the Seulimeum fault.

However, AGNeSS have already passed a decade since developed, and the site condition of GNSS sites is disintegrating. So, we extend AGNeSS, which consists of new dense 25 GNSS site (we call the AGNeSS+). We developed the new GNSS site in 2016. The AGNeSS+ aims to evaluate the seismic potential along the Seulimeum fault, where is close to urban of Banda Aceh province. The new dense GNSS site has two profiles crossing the Seulimeum fault. The length and the average interval of the profile are about 30km and about 3km, respectively. Also, an interval of GNSS site near the Seulimeum fault is shorter.

In this study, we show the first result of AGNeSS+, and a block motion model around the Banda Aceh area base on AGNeSS+. We developed the block motion model based on geological information. The Banda Aceh city locates between two fault segments, which is Aceh and Seulimeum segments. The block motion model considers these block boundary. In this presentation, we show the first results of slip deficit along Seulimeum segments and kinematic block motion.

キーワード：GNSS、バンダアチェ、ブロック運動モデル
Keywords: GNSS, Banda Aceh, Block motion model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

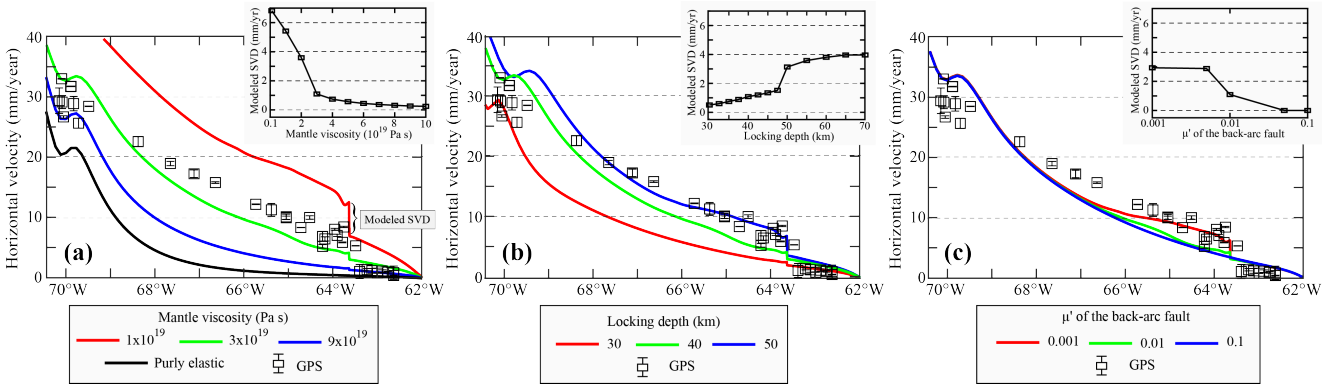
Mechanical modeling of interseismic deformation in the Central Andes: implications for back-arc shortening

*Shaoyang Li[1,2], Fuqiang Shi[3], Marcos Moreno[4], Jun'ichi Fukuda[1]

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, The University of Iowa, Iowa City, IA, USA, 3. Shaanxi Earthquake Agency, Xi' an, China, 4. Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

Coupling in the plate interface is considered the primary mechanical process transferring tectonic forces into interseismic deformation at subduction zones. Given that interseismic deformation affects the whole volume of the margin, the spreading of the deformation field across the continental plate not only depends on the pure-plate coupling deformation but is also affected by the rheological properties and active continental faulting. Here, we use numerical mechanical models, including viscoelastic mantle wedge and frictional back-arc fault, to investigate the interseismic GPS-derived velocity field in both horizontal and vertical directions in the Central Andes. In this region, GPS observations show a slow decrease of velocities over a significantly far-reaching area from the trench, with a sharp localized shortening gradient across a major back-arc fault at the trench distance > 800 km. These signals cannot be explained only by modeling plate locking and back-arc shortening. We first implement a grid-searching method to test the contribution and interaction of subduction locking and viscous mantle flow in the velocity field. Our simulation results show that these two processes produce similar horizontal deformation patterns, while the vertical deformation is particularly sensitive to the locking depth. We further perform mechanical viscoelastic models with a frictional back-arc fault and examine the effects of subduction locking, viscous mantle flow, and frictional strength of the back-arc fault on the activation of the back-arc fault (attached Figure). We find that the back-arc fault should be remarkably weak and is active only under considerable viscous mantle flow to reproduce the observed sharp localized shortening across the back-arc fault. Our results, therefore, suggest that the preexisting weakness of the crust plays an important role on the distribution of interseismic deformation and shortening the continental crust, highlighting a generic feedback between long-term mantle structure and present-day deformation.

Keywords: Interseismic deformation, GPS velocities, Back-arc shortening, Viscoelastic mantle relaxation, Central Andes



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inferring regional stress field based on SAR analysis and dynamic simulation of the 2018 Palu earthquake

*横田 貴史[1]、安藤 亮輔[1]、青木 陽介[2]
*Takafumi Yokota[1], Ryosuke Ando[1], Yosuke Aoki[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Science, University of Tokyo , 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

The 2018 Palu, Indonesia, earthquake occurred along the Palu-Koro fault in the Sulawesi Island on 28th September. The Palu-Koro fault defines the boundary of the microplates, North Sula block and Makassar block. The information of the stress field around the Palu-Koro fault is necessary to understand the complicated tectonic system consisting of several micro-plates nearby Sulawesi Island as well as the basic mechanism underlying this earthquake event. Little, however, has been reported on the stress field probably due to relatively small seismic activity of this area. This study aims to estimate the stress field around the Palu-Koro fault based on the observed surface displacement and the fault slip pattern of 2018 Palu earthquake.

First, we compared SAR images taken before and after the earthquake by the pixel offset method to obtain the data of the surface displacement. The overall left-lateral displacement was observed with local variations in the geometry of the surface offsets. Then, we constructed the model of the Palu-Koro fault based on the surface displacement data and the previously-obtained geomorphological data. Finally, we simulate the surface displacement caused by dynamic rupture of the model of the Palu-Koro fault under given stressing conditions, and compare the result with the observation to infer the causative regional stress field.

The simulation is FDP-BIEM(fast domain partitioning - boundary integral equation method) [1]. The numerical cost of the original BIEM is in proportion to the cube of the total time steps. In contrast, that of FDP-BIEMis in proportion to the square of the total time steps. The simulation was performed on the physical assumption that one of the axes of principal stress is vertical, that the vertical principal stress equals to lithostatic pressure, and that the initial principal stress ratios are constant spatially. There are 3 free parameters. One is the azimuth of the axis of the maximum horizontal principal stress, and the others are the principal stress ratios.

This study constrains the azimuth of the axis of the maximum horizontal principal stress is within a certain range of about 25 degrees by considering the condition necessarily to explain the overall fault ruptures exhibiting left-laterally. If the azimuths of the horizontal principal stress axes are determined by independent observation such as the stress tensor inversions using focal mechanism solutions, this technique can also estimate principal stress ratios. More detailed modeling of the dynamic rupture process may also constrain the stress state around this fault zone.

[1]R. Ando, “On Applications of Fast Domain Partitioning Method to Earthquake Simulations with Spatiotemporal Boundary Integral Equation Method,” Mathematical Analysis of Continuum Mechanics and Industrial Applications II, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018

キーワード：2018年Palu地震、動的破壊シミュレーション、応力場

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the 2018 Palu earthquake, dynamic rupture simulation, stress field

©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-EM 固体地球電磁気学

2019年5月26日(日) 9:00 ~ 10:30 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-EM18] 地磁気・古地磁気・岩石磁気

コンビーナ:清水 久芳(東京大学地震研究所)、佐藤 雅彦(東京大学地球惑星科学専攻学専攻)、座長:佐藤 雅彦(東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、馬場 章(山梨県富士山科学研究所)

本セッションでは、現在および過去の地球・惑星磁場、岩石磁気・古地磁気とそれらの応用に関する研究の発表と議論の場を提供する。本セッションは、地球・惑星磁場の観測・解析、自然試料・考古遺物による過去の地球・惑星磁場の変動・変遷の復元、数値実験による地球・惑星磁場の生成・変動メカニズムの研究、岩石・鉱物・隕石などの磁気特性の測定と理論、地球表層および掘削試料の磁気的情報に基づく気候変動やテクトニクスの研究、地球・惑星の磁気異常観測と地殻磁化モデル、これらを実現するために必要な測定技術・解析手法の開発などについての発表を歓迎する。
このセッションは、SEDI-Japan（SEDI:Study of the Earth's Deep Interiorの日本版）コミュニティーの発展に貢献している。

9:00 ~ 9:15

[SEM18-01] 古地磁気学的手法を用いた富士火山，宝永山の形成過程の解明

*馬場 章[1]、渋谷 秀敏[2]、藤井 敏嗣[1]、千葉 達朗[3] (1.山梨県富士山科学研究所、2.熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門地球環境科学分野、3.アジア航測株式会社)

9:15 ~ 9:30

[SEM18-02] 富士山溶岩を用いた5〜9世紀の古地磁気強度の復元

小松 弘路[2]、*畠山 唯達[1,4]、馬場 章[3] (1.岡山理科大学情報処理センター、2.岡山理科大学生物地球学部、3.山梨県富士山科学研究所、4.岡山理科大学大学院生物地球科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SEM18-03] 東アジアにおける西暦200 年から1100 年の3 次元考古地磁気永年変化曲線の復元

*北原 優[1]、西山 大樹[2]、大野 正夫[1]、山本 裕二[3]、畠山 唯達[4] (1.九州大学 大学院 比較社会文化研究院、2.高知大学 理学部、3.高知大学 海洋コア総合研究センター、4.岡山理科大学 情報処理センター)

9:45 ~ 10:00

[SEM18-04] 千葉複合セクションから得られた松山ーブルン境界およびその周辺の高解像度古地磁気変動記録

*岡田 誠[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4] (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)

10:00 ~ 10:15

[SEM18-05] 黒部川花崗岩を取り巻くブルンー松山接触変成帯

*福間 浩司[1]、伊藤 久敏[2]、竹原 真美[3]、山田 隆二[4]、久保 貴志[5] (1.同志社大学理工学部環境システム学科、2.電力中央研究所、3.国立極地研究所、4.防災科学技術研究所、5.まいぶんKAN)

10:15 ~ 10:30

[SEM18-06] 東赤道太平洋 IODP Site U1335 堆積物の古地磁気学的研究 ー 過去800万年間の相対古地磁気強度と伏角異常

*山本 裕二[1]、山崎 俊嗣[2] (1.高知大学 海洋コア総合研究センター、2.東京大学大気海洋研究所)

古地磁気学的手法を用いた富士火山，宝永山の形成過程の解明
On the formation process of the Mt.Hoei, Fuji volcano. A scenario based on the emplacement temperature inferred from paleomagnetic method.

*馬場 章[1]、渋谷 秀敏[2]、藤井 敏嗣[1]、千葉 達朗[3]
*Akira Baba[1], Hidetoshi Shibuya[2], Toshitsugu Fujii[1], Tatsuro Chiba[3]

1. 山梨県富士山科学研究所、2. 熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門地球環境科学分野、3. アジア航測株式会社
1. Mount Fuji Research Institute, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, 3. Asia Air Survey Co., Ltd.

Mt. Hoei (Hoei-san) is located at the southeastern flank of Fuji volcano, and composed mostly of angular rock-fragments which are quite different in petrographic features from the coeval basaltic ejecta of 1707 A.D (Tsuya,1955). It's edifice was formed by a single eruption, the Hoei eruption, according to historical literatures documenting the eruption (e.g. Miyaji and Koyama, 2007). Miyaji et al.,(2011) classified 17 units of the Hoei eruption into 3 stage on the basis of the patterns of the eruptive pulses, and proposed that Mt. Hoei was formed by lateral intrusion of degassed basaltic magma in stage 2. However, detailed geological study of the Mt. Hoei has not been made after Tsuya(1955). Here we report paleomagnetic results of volcanic ejecta of the Mt. Hoei.

Samples for paleomagnetic measurements were collected from 3 sites, the spatter cone in the 1st crater, the ridge of Mt. Hoei and the erosion valley of Gotenniwa. They were oriented by a sun compass to eliminate the influence of local magnetic anomalies. At each site, we collected 20 to 24 samples using an engine powered core picker. Samples were measured using a spinner magnetometer, and were subjected to progressive alternating field (AFD) and thermal demagnetization (ThD).

The mean magnetic directions of each sites show remarkably unanimous. They agree with the eruption age of 1707 A.D., based on similarity to the paleomagnetic secular variation model (JRFM2K.1). The results of ThD indicate that the magnetic minerals are titanomagnetite as the highest blocking temperature is 500-580 degrees C. In the erosion valley of Gotenniwa, the NRM of the accessory materials have high and low temperature components bounded at 340 degrees C or more. It is clear that the low temperature component coincides with the directions of the essential materials of Hoei eruption, so that it was heated by the eruption and cooled after the emplacement. Furthermore, some of the accessory materials in the ridge of Mt. Hoei show magnetic directions different from those of the spatters, so that it was not or weak heated. Mt. Hoei is composed not only abundant various accessory materials but also spatters and pyroclastic deposits of the Hoei basalt which can be corelated to the Ho-Ⅲ tephra (Miyaji et al.,2011) by petrography. Our findings suggest that paleomagnetic method can clarify the simultaneity of volcanic ejecta, and the Mt. Hoei was rapidly formed by ultraproximal fall or surge deposits of the Hoei eruption in 1707 A.D.

キーワード：富士火山、宝永山、古地磁気学
Keywords: Fuji volcano, Mt.Hoei, paleomagnetic method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山溶岩を用いた5〜9世紀の古地磁気強度の復元
Reconstruction of paleointensity during 5 to 9 th century from Mt. Fuji lavas

小松 弘路[2]、*畠山 唯達[1,4]、馬場 章[3]
Hiromichi Komatsu[2], *Tadahiro Hatakeyama[1,4], Akira Baba[3]

1. 岡山理科大学情報処理センター、2. 岡山理科大学生物地球学部、3. 山梨県富士山科学研究所、4. 岡山理科大学大学院生物地球科学研究科
1. Information Processing Center, Okayama University of Science, 2. Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 3. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefecture, 4. Graduate School of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science

地球磁場の起源は地球の核を自己振励ダイナモとする流体運動による。そのため地球磁場は各地域によって様子が異なり、時間経過とともに絶えず変化している。変遷する地球磁場を調査することは地球磁場モデルの発展に欠かせず、各地域における地球磁場の変化の様子を測定することはとても重要である。日本においては、有史以来の古地磁気強度の測定は主に年代がよくわかっている考古資料を用いて測定が行われている。本研究では、近年詳細な地質層序が記載された富士山において古地磁気方位の永年変化から5〜9世紀と推定される16サイトから玄武岩溶岩試料を採集し古地磁気強度測定を行った。得られた強度値については、土器窯の床面を試料とした考古地磁気強度(北原, 2018)や旧来の手法で測定された古地磁気強度と比較を行った。

古地磁気強度測定の手法はテリエ法とショー法に大別される。本研究ではショー法の中で最新手法である綱川-ショー法(Tsunakawa and Shaw,1994)を使用した。16サイトから採取した62個の試料に古地磁気強度測定を行った結果、判定基準に合格した試料は39個であった。また、サイト内合格試料が3以上になるのは9サイトとなり、富士山火山岩で古地磁気強度を復元することができた。

5〜9世紀の古地磁気強度測定は以前から火山岩や考古資料などによって行われているが、前世紀までに公開されたデータの多くは原始的なテリエ法(Thellier and Thellier, 1959)やそれを多少修正した方法で得られている。これらの古地磁気強度はこの期間において約60μT前後を示している。一方、IZZIテリエ法(Tauxe and Studigel, 2004)と綱川・ショー法を使用した古地磁気強度は40μTと低い値となっている(北原，2018)。本研究では後者の古地磁気強度と全体的な強さと変化の傾向が一致し、支持する結果となった。

キーワード：古地磁気強度、富士山
Keywords: Paleointensity, Mt. Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東アジアにおける西暦200 年から1100 年の3 次元考古地磁気永年変化曲線の復元

Reconstruction of full-vector archaeomagnetic reference curve in East Asia from 200 CE to 1100 CE

*北原 優[1]、西山 大樹[2]、大野 正夫[1]、山本 裕二[3]、畠山 唯達[4]
*Yu Kitahara[1], Daiki Nishiyama[2], Masao Ohno[1], Yuhji Yamamoto[3], Tadahiro Hatakeyama[4]

1. 九州大学 大学院 比較社会文化研究院、2. 高知大学 理学部、3. 高知大学 海洋コア総合研究センター、4. 岡山理科大学 情報処理センター
1. Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 2. Faculty of Science, Kochi University, 3. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 4. Information Processing Center, Okayama University of Science

考古試料から復元された古地磁気学的情報は、地球磁場の時間変化や地球深部のダイナミクスを明らかにすることに加え、発掘された考古遺物の年代推定にも活用することができる。この地球磁場の方向と強度（考古地磁気方位および考古地磁気強度）の復元手法に関しては、過去数十年にわたって様々な実験手法が提案されてきた。それらの最新の手法にひとつに綱川ーショー法がある。

本研究では、主として陶邑窯跡群（大阪府）の多数の遺構より採取された焼土試料に対して綱川ーショー法を適用して考古地磁気強度の復元を行い、日本（東アジア）における考古地磁気強度のデータセットと永年変化曲線を構築した。

結果として、39ヶ所の窯跡に属する98個の試片から考古地磁気強度を復元することができた。最終的にこれらの結果をさらに選別し、土器編年の型式ごとに集成し、10点の編年型式レベルでの平均強度値を得ることができた。これら全ての平均強度値は編年型式レベルでの選択基準を満たし、十分な信頼性を有するものと判断できる。これら新たに得られた考古地磁気強度のデータセットは、日本における先行研究のデータセットよりも有意に低い値を示していることが分かった。一方で最新の実験手法（IZZIーテリエ法）によって得られた韓国における先行研究のデータとは相補的な傾向を示すことが分かった。このことを踏まえ、今回新たに得られた日本のデータセットと韓国の先行研究のデータセットを組み合わせて、東アジアにおける西暦200-1100年にかけての考古地磁気強度永年変化曲線を構築した。この永年変化曲線の特徴としては、西暦600年周辺と950年周辺において強度の減少ー増加の傾向が見られることが挙げられる。これらの強度変動の特徴的なパターンは、先行研究においては観察されなかったものである。

キーワード：考古地磁気強度、永年変化曲線、東アジア、綱川ーショー法、窯跡
Keywords: Archaeointensity, Reference curve, East Asia, Tsunakawa-Shaw method, Old kiln

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千葉複合セクションから得られた松山ーブルン境界およびその周辺の高解像度古地磁気変動記録

A high resolution paleomagnetic record across and around the Matuyama-Brunhes polarity transition from the Chiba composite section

*岡田 誠[1]、羽田 裕貴[2]、菅沼 悠介[3,4]
*Makoto Okada[1], Yuki Haneda[2], Yusuke Suganuma[3,4]

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
1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ibaraki University, 2. Graduate School of Scinece and Engineering, Ibaraki Univeristy, 3. National Institute of Polar Research, 4. Graduate University for Advanced Studies

We report a high-resolution paleomagnetic direction and relative paleointensity records from a continuous marine succession, consisting of 80 meters in thickness, exposed on the Chiba composite section of the Kokumoto Formation, Kazusa Group, Japan. The Chiba composite section is a candidate for the Lower-Middle Pleistocene boundary GSSP. Our records provide detailed behaviors of the virtual geomagnetic poles (VGPs) and relative paleointensity changes during and after the Matuyama-Brunhes (M-B) polarity transition. The resultant relative paleointensity and VGP records show a significant paleointensity minimum near the M-B boundary, which is accompanied by a clear “polarity switch” like change in terms of the paleomagnetic direction. The relative paleointensity seems to keep in a low level for more than 10 thousand years associated with an unstable normal polarity. A high-resolution oxygen isotope chronology for the Chiba composite section indicates that the M-B boundary is located in the middle of Marine Isotope Stage (MIS) 19 and yields an age of 772.9 ka for the boundary. This age is consistent with those based on the latest astronomically tuned marine and ice core records and with the recalculated age of 771.7 ±7.3 ka deduced from the U-Pb zircon age of the Byk-E tephra. Moreover, our relative paleointensity record exhibits a consistent variation with other paleointensity records including Be10 derived intensity proxy from deep sea and ice cores. Our paleomagnetic data especially for the relative paleointensity represent one of the most detailed records on this geomagnetic field reversal so far obtained from marine sediments and will therefore be key for understanding the dynamics of the geomagnetic dynamo and for calibrating the geological time scale.

キーワード：千葉複合セクション、松山ーブルン境界
Keywords: Chiba Composite Section, Matuyama-Brunhes boundary

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒部川花崗岩を取り巻くブルンー松山接触変成帯
Brunhes-Matuyama contact aureole surrounding the Kurobegawa Granite

*福間 浩司[1]、伊藤 久敏[2]、竹原 真美[3]、山田 隆二[4]、久保 貴志[5]
*Koji Fukuma[1], Hisatoshi Ito[2], Mami Takehara[3], Ryuji Yamada[4], Takashi Kubo[5]

1. 同志社大学理工学部環境システム学科、2. 電力中央研究所、3. 国立極地研究所、4. 防災科学技術研究所、5. まいぶんKAN
1. Department of Environmental System Science, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. National Institute of Polar Research, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 5. MAIBUNKAN

接触テストは，母岩と貫入岩の両方の磁化獲得のタイミングに強い制約を与える最も強力であるが適用例の少ない野外テストである．特に，母岩が正帯磁であり後に逆磁極期に熱変成されたか，もしくはその逆の場合，母岩の完全または部分的に再磁化されたゾーンが接触面からの距離に応じて明確に識別できる．今回，松山期の母岩とブルン期の貫入岩のペアについての接触テストの例を示す．U-Pb年代約 0.8 Ma の地球上で最も若い花崗岩である黒部川花崗岩は，約 1.6 Ma の爺が岳火山岩類と火山 - 深成複合岩体を形成している．接触テストを含む古地磁気解析により，飛騨山脈の形成に関連した黒部川花崗岩の定置と変形過程の解明に貢献するため，黒部川花崗岩の14サイト，爺が岳火山岩類の6サイトで定方位試料を採取した．多磁区粒子がかなりの割合の自然残留磁化を担っていることが予想されるので，液体窒素を用いて低温消磁を適用し，その後熱消磁炉付き自動スピナー磁力計 Tspin で室温から 600℃ まで 25℃ ステップで熱消磁を行った．低温消磁により自然残留磁化の10〜75%が効果的に消去され，落雷の影響を受けたサイトを除くほとんどのサイトで中〜高温の特徴的残留磁化が取り出された．各サイトの特徴的残留磁化の方向はよく集中しており，磁化方位のサイト平均は黒部川花崗岩では例外なしに正帯磁であった．この磁化は閉鎖温度 900℃ のU-Pb地質年代 0.8 Ma より後の，Brunhes期 (<0.77 Ma) に獲得されたと推定される．黒部川花崗岩によって熱変成を受けた爺が岳火山岩類の接触帯には，完全に再磁化された１サイトと部分的に再磁化された正と逆の磁化が共存する２サイトが見いだされた．この接触テストの結果は，黒部川花崗岩の特徴的残留磁化は現在の地磁気の方位と区別できないが，最近の粘性残留磁化起源ではなく貫入時の磁化であることを示唆している．黒部川花崗岩のサイト平均方位からは大規模な傾斜や変形は見られず，黒部川花崗岩が一体となって傾動せずに上昇してきたことを示している．

キーワード：接触テスト、花崗岩、低温消磁、テクトニクス
Keywords: contact test, granite, low temperature demagnetization, tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東赤道太平洋 IODP Site U1335 堆積物の古地磁気学的研究 ー 過去800万年間の相対古地磁気強度と伏角異常

Paleomagnetic study of the IODP Site U1335 sediments in the eastern equatorial Pacific - relative paleointensity and inclination anomaly over the last 8 Myr

*山本 裕二[1]、山崎 俊嗣[2]
*Yuhji Yamamoto[1], Toshitsugu Yamazaki[2]

1. 高知大学 海洋コア総合研究センター、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Obtaining continuous records of relative paleointensity (RPI) and inclination anomaly (ΔI) is inevitable to understand the fundamentals of the geodynamo, but available records older than ~3 Ma are still very limited in time and space. We performed a paleomagnetic study of the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Site U1335 sediments in the eastern equatorial Pacific to obtain continuous RPI and ΔI records since ~8 Ma. Slow deposition, ~8.4 m/Myr or less, limits the resolution of the records but did allow for determination of long-term variations. Rock-magnetic measurements showed that biogenic magnetite dominates the magnetic mineral assemblages, and the proportion of biogenic to terrigenous magnetic minerals increases prior to ~4 Ma. The average paleointensity between ~4 and 8 Ma is approximately 30% lower than that from 0 to ~4 Ma. The apparent reduction of RPI at ~4 Ma reaches approximately ~50%, but ~20% of this is estimated to be artificial, induced by the increase in the proportion of biogenic magnetite. No relation between paleointensity and polarity length is recognized for the last ~8 Myr. The magnitude of ΔI is slightly larger during reversed polarity chrons (4.43° ±1.47°) than normal polarity chrons (0.69° ± 2.98°) over the last ~5 Myr, which agrees with the available TAF models of this time span. Prior to ~6 Ma, the sign of ΔI during the normal chrons might have switched to positive, and ΔI during reversed chrons might have been slightly larger than that after ~5 Ma.

©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-EM 固体地球電磁気学

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-EM18] 地磁気・古地磁気・岩石磁気

コンビーナ:清水 久芳(東京大学地震研究所)、佐藤 雅彦(東京大学地球惑星科学専攻学専攻)、座長:北原 優(九州大学大学院比較社会文化研究院)、清水 久芳(東京大学地震研究所)

本セッションでは、現在および過去の地球・惑星磁場、岩石磁気・古地磁気とそれらの応用に関する研究の発表と議論の場を提供する。本セッションは、地球・惑星磁場の観測・解析、自然試料・考古遺物による過去の地球・惑星磁場の変動・変遷の復元、数値実験による地球・惑星磁場の生成・変動メカニズムの研究、岩石・鉱物・隕石などの磁気特性の測定と理論、地球表層および掘削試料の磁気的情報に基づく気候変動やテクトニクスの研究、地球・惑星の磁気異常観測と地殻磁化モデル、これらを実現するために必要な測定技術・解析手法の開発などについての発表を歓迎する。
このセッションは、SEDI-Japan（SEDI:Study of the Earth's Deep Interiorの日本版）コミュニティーの発展に貢献している。

10:45 ~ 11:00

[SEM18-07] 超伝導岩石磁力計のセンサー感度曲線の推定と校正

*小田 啓邦[1]、Chuang Xuan[2] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.サザンプトン大学)

11:00 ~ 11:15

[SEM18-08] ポケットサイズの磁気回路を用いた反磁性粒子および常磁性粒子の磁気分離と物質同定

*植田 千秋[1] (1.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻)

11:15 ~ 11:30

[SEM18-09] Experimental evaluation of remanence carriers in coercivity-blocking temperature diagram

*佐藤 雅彦[1]、寺田 卓馬[2]、望月 伸竜[3]、伊藤 理子[2]、綱川 秀夫[2] (1.東京大学、2.東京工業大学、3.熊本大学)

11:30 ~ 11:45

[SEM18-10] **磁鉄鉱離溶相と斜長石結晶に関する鉱物学的研究**

*田村 裕二郎[1]、中田 亮一[2]、佐藤 雅彦[3]、山本 伸次[4] (1.横浜国立大学環境情報学府自然環境専攻、2.海洋研究開発機構高知コア研究所、3.東京大学地球惑星科学専攻、4.横浜国立大学大学院環境情報研究院)

11:45 ~ 12:00

[SEM18-11] レス中白雲母が含有する大量の磁鉄鉱・赤鉄鉱ナノ粒子

*兵頭 政幸[1]、佐野 拓郎[2]、松本 恵[3]、瀬戸 雄介[2]、鈴木 康太[2]、楊 天水[4] (1.神戸大学内海域環境教育研究センター、2.神戸大学大学院理学研究科、3.東北大学大学院理学研究科、4.中国地質大学)

12:00 ~ 12:15

[SEM18-12] 磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離と磁気測定

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

超伝導岩石磁力計のセンサー感度曲線の推定と校正
Sensor Response Estimate and Calibration of Superconducting Rock Magnetometers

*小田 啓邦[1]、Chuang Xuan[2]
*Hirokuni Oda[1], Chuang Xuan[2]

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門、2. サザンプトン大学
1. Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST, 2. University of Southampton

Pass-through superconducting rock magnetometers (SRM) offer rapid and high-precision remanence measurements for continuous sediment samples that are essential for modern researches on paleomagnetism and environmental magnetism. However, continuous SRM measurements are smoothed and distorted due to the convolution effect of SRM sensor response. Thus, deconvolution is necessary to restore accurate magnetization from pass-through SRM data, and robust deconvolution requires reliable estimate of SRM sensor response. In the presentation, we present a new software tool ‘uresponse’ developed for the purpose of evaluation and optimization of SRM sensor response. The example sensor responses were acquired for two SRMs at University of Southampton; i.e. liquid He-operated (old) and liquid He-free (new) ones. Precise point source held in the center of 5×5×5mm plastic cube was used for the measurement with a magnetization pointing to one of the faces together with a gridded measurement block. With the software, each tensor components of sensor response for magnetization in X-, Y-, Z-axes to a pick-up coil in X-, Y-, and Z-axes acquired for the measurement grids are smoothed, interpolated and integrated over the cross-sectional area of a measured u-channel sample. In addition, absolute magnetization of the point source was estimated by cross calibration with a palladium standard using MPMS at National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. By comparing repeated measurements of a u-channel sample containing geomagnetic reversal on the two SRMs before and after deconvolution, we demonstrate the significant differences in measurements caused by different sensor responses of the two types of magnetometers, and show how deconvolution with well-constrained response functions can help to largely overcome the convolution effects and distortion for measurements on both SRMs.

キーワード：超伝導岩石磁力計、デコンボルーション、センサー感度曲線
Keywords: SQUID Rock magnetometer, Deconvolution, sensor response curves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ポケットサイズの磁気回路を用いた反磁性粒子および常磁性粒子の磁気分離と物質同定

Magnetic separation of ordinary solid particles using a pokcet size magnetic circuit

*植田 千秋[1]
*Chiaki Uyeda[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻
1. Institute of earth and Space Science Graduate School of Science Osaka University

一方向に減少する定常磁場を希薄空間の中に設定し、その中の一点で種類の異なる反磁性粒子の集団を開放すると、それらの粒子は、物質ごとの集団に分かれて、磁場が減少する方向に並進する[1]。ここで並進する粒子にエネルギー保存則を適応すると、初速度ゼロで開放した粒子の速度は、その質量に依存せず、物質固有の磁化率と、初期位置の磁場強度のみに依存することが導かれる。さらに並進速度から得た磁化率を、文献値の一覧表と比較することで、その物質の種類を非破壊で識別できることが、様々な物質で示された[1]。

従来の磁気分離は、強い磁性を帯びた物質の抽出に限定され、その適応範囲を物質全体に拡張する試みは、（磁気ビーズ付着による間接的な方法を除き）これまでなかった。一方、自然界に存在する物質の多くは反磁性体あるいは弱い常磁性体であり、それらは物質ごとに固有の磁化率を有している。従ってこの磁化率の差異による分離＆同定を提案する事ができる。

これまで当グループで報告した磁気分離は、微小重力条件で行われてきたが、今回、新規に開発した小型の装置（4x8x5cm）を用いることで、分離と同定が地上重力条件でも実現した[2]。この装置では、磁化率が-50x10^{-7}emu/gから+300x10^{-7} emu/gの粒子について、磁気力と重力を重畳させた放物線運動が観測できる。すなわち携帯可能な小型の装置で、自然界に存在する大多数の反磁性＆常磁性粒子が分離・識別できる[2]。異種粒子の混合体の精密分析は、地球惑星科学のフィールド活動において重要である。従ってこの装置は、その前処理技術として、有機化学・生化学におけるクロマトグラフ技術と同等の潜在性を有する。

今回開発した装置は小型かつ堅牢であり、さらに原理が単純なことから、地球上や太陽系空間を対象とした無人探査機に搭載する装置としても有用である。ただし自然界に存在する固体粒子の大多数は、地球の寒冷地や太陽系外縁部などに存在する低温固体である。そこで、これらの物質の磁気並進の特性を実証するため、これまでに氷やドライアイスの並進をT = 200Kの条件で観測した[3]。さらにＣＯ，エタン、メタンおよび窒素粒子の観測をT = 100K以下の条件で進めている （JpGU 2019で報告予定）。

これと並行して、従来の微小重力条件の装置に高速度カメラを導入することで、物質同定の分解能を大きく向上させた。具体的には粒子の磁気並進速度の精度が向上した事で、得られるχ値の精度が向上し、識別可能な物質の種類が格段に増加した。今回の成果を基盤として、磁気分離の分解能を、磁化率の差異に換算して10^{-9}emu/gレベルまで向上できれば、将来的には現存するほぼ全ての物質が識別可能となる（JpGU2019で報告予定）。これにより、化学組成、赤外スペクトル加え、磁化率をという新たな物性値による同定法への展望が得られる。

[1] Uyeda, Terada, Hisayoshi, (2019) Sci., Reps., *in print.*

[2] Hisayoshi, Uyeda & Terada (2016) Sci., Reps., 6, 38431.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[3] Yamaguchi, Hisayoshi, Uyeda & Terada (2017) J. Phys., Conf. Ser.903, 012026.

キーワード：磁気分離、反磁性体、常磁性体
Keywords: magnetic separation, diamagnetic material, paramagnetic material

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental evaluation of remanence carriers in coercivity-blocking temperature diagram

*佐藤 雅彦[1]、寺田 卓馬[2]、望月 伸竜[3]、伊藤 理子[2]、綱川 秀夫[2]
*Masahiko Sato[1], Takuma Terada[2], Nobutatsu Mochizuki[3], Ayako Ito[2], Hideo Tsunakawa[2]

1. 東京大学、2. 東京工業大学、3. 熊本大学
1. The University of Tokyo, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. Kumamoto University

Knowledge of the remanence carrier in recording media is crucial for obtaining reliable paleomagnetic data. Here we report newly developed technique to evaluate the remanence carrier of natural rock samples using anhysteretic remanent magnetization (ARM) spectra in coercivity (H_c) and blocking temperature (T_B) plane (hereafter referred to as H_c-$T_B$diagram). Experimental procedures are as follows: (1) imparting ARM at 50 μT DC field and 140 mT AC field, (2) thermal demagnetization (THD) for the ARM at a certain temperature, (3) stepwise alternating field demagnetization (AFD) for the remaining ARM, (4) repeating steps 1–3 with THD treatment at a higher temperature, and (5) calculating second derivative of ARM on the H_c-$T_B$plane. Samples from three basaltic lavas and two welded tuffs were used for H_c-T_B diagram experiments. The basaltic lava samples consist of HW95 from Hawaiian 1995 lava flow of pahoehoe, OS86 from Izu-Oshima 1986 lava flow at the northwest flank of Mihara Volcano (Japan), and UN01 from Kiso-ontake lava flow (called Ueno basaltic rocks) in Nagano (Japan), which extruded during the Matuyama chron. The welded tuff samples were KM01 from Komagatake welded tuff and SK03 from Shikotsu welded tuff, both of which extruded 30-35 ka in Japan. In the cases of HW95, UN01, and KM01 samples, remanence carriers are composed mainly of a single phase in the H_c-$T_B$diagram. The OS86 sample showed two phases in the H_c-$T_B$diagram which can be distinguished from each other by AFD treatment but not THD treatment because of similar $T_B$spectra. In the case of SK03 sample, second derivatives of ARM showed not only positive values but also negative values in the H_c-$T_B$diagram. The negative value implies significant effects of thermal alteration due to laboratory heating. On the basis of H_c -$T_B$diagrams, we will further discuss remanence carriers in the measured samples.

キーワード：Anhysteretic remanent magnetization、Coercivity、Blocking temperature、Paleointensity
Keywords: Anhysteretic remanent magnetization, Coercivity, Blocking temperature, Paleointensity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁鉄鉱離溶相と斜長石結晶に関する鉱物学的研究
Mineralogical study on magnetite exsolution and host plagioclase crystal

*田村 裕二郎[1]、中田 亮一[2]、佐藤 雅彦[3]、山本 伸次[4]
*Yujiro Tamura[1], Ryoichi Nakada[2], Masahiko Sato[3], Shinji Yamamoto[4]

1. 横浜国立大学環境情報学府自然環境専攻、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所、3. 東京大学地球惑星科学専攻、4. 横浜国立大学大学院環境情報研究院
1. Graduate schoole of Environment and Information Sciences, Departmennt of Natural Environment, Yokohama National University, 2. Kochi Institute of Core Sample Reserch, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 4. Graduate schoole of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

斜長石結晶中には細粒な磁鉄鉱離溶相が存在することから、磁場情報の優良な記録媒体であると考えられ、近年では磁鉄鉱を含む斜長石単結晶を用いた古地磁気測定が行われている（Kato et al., 2018など）。信頼度の高い古地磁気強度記録を得るためには試料中に含まれる磁性鉱物の成因の情報が不可欠であるが、斜長石中の磁鉄鉱離溶相の成因についてはほとんど未解明である。磁鉄鉱離溶相は全ての斜長石中に普遍的には存在しておらず、また磁鉄鉱離溶相を含む斜長石単結晶中でもその存在量や形態は一様ではない。斜長石中での磁鉄鉱離溶相は、温度低下による斜長石への鉄の最大固溶量の低下により形成され、全岩組成および斜長石中の鉄濃度によってその形成は制限される。また、磁鉄鉱は鉄の2価と3価を含むため、斜長石中の鉄の価数によっても制限される。本研究で、斜長石単結晶の波動累帯構造に沿って磁鉄鉱離溶相の存在に差が見られる丹沢複合岩体における道志はんれい岩について、斜長石中に含まれる磁鉄鉱離溶相と斜長石の関係について鉱物学的な研究を行った。

試料は、丹沢トーナル岩複合岩体の北西に位置する道志岩体中央部のはんれい岩を用い、ミクロン～サブミクロンスケールの磁鉄鉱離溶相を観察するため両面鏡面研磨の岩石薄片を作成したのち、光学顕微鏡下での観察・モード比測定および電界放出型電子プローブマイクロアナライザでの斜長石の組成決定をおこなった。また、SPring 8のBL37XUにて鉄K端X線吸収端近傍構造（XANES）測定、および詳細なカルシウム、鉄の元素マッピングをおこなった。

光学顕微鏡観察から、1方向に配列した最大数ミクロンの磁鉄鉱が観察され、その形状はラグビーボール状のものがほとんどであった。光学顕微鏡観察と元素マッピングの結果より、斜長石は複数回の波動累帯構造をしており、アノーサイト成分の少ない領域において磁鉄鉱離溶相が多く存在することがわかった。鉄の濃度は、多少の増減はあるが斜長石のリム以外ではおおよそ均質であると考えられる。K端XANES測定より、斜長石中の鉄の価数に関しては、コアからリムまで2.47～2.55となっており、アノーサイト成分との正の相関が見られた。

斜長石の累帯構造は、その晶出過程を見ていると考えられ、一般に一度の晶出でアノーサイト成分に富む斜長石から晶出し、次第にアルバイト成分に富む斜長石が晶出していく。斜長石には鉄の２価に比べ３価の方が分配されやすく（Lundgaard & Tegner, 2004）、今回得られたアノーサイト成分と鉄の価数の正の相関は、晶出の前半であると考えられる累帯構造中のアノーサイトの多い領域には鉄の３価が優先的に分配され、その後に晶出するアノーサイト成分の少ない領域は、相対的に鉄の２価が多く分配されることで形成されたと考えられる。累帯構造の形成に伴ってアノーサイト成分と含まれる鉄の価数が変化しているため、累帯構造の一部において磁鉄鉱が離溶する適切な条件を満たしていると考えられる。今回の観察で得られた結果は、斜長石単結晶においても成因の異なる磁鉄鉱離溶相が存在することを示唆し、磁鉄鉱離溶相を含む斜長石単結晶を古地磁気強度研究では鉱物学的情報が必要不可欠であると考えられる。

キーワード：Magenite exsolution、斜長石

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Magnetite exsolution, Plagioclase

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

レス中白雲母が含有する大量の磁鉄鉱・赤鉄鉱ナノ粒子
Numerous nano-sized magnetite and hematite inclusions in muscovite in loess

*兵頭 政幸[1]、佐野 拓郎[2]、松本 恵[3]、瀬戸 雄介[2]、鈴木 康太[2]、楊 天水[4]
*Masayuki Hyodo[1], Takuro Sano[2], Megumi Matsumoto[3], Yusuke Seto[2], Kota Suzuki[2], Tianshui Yang[4]

1. 神戸大学内海域環境教育研究センター、2. 神戸大学大学院理学研究科、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 中国地質大学
1. Research Center for Inland Seas, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kobe University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. China University of Geosciences

Magnetic enhancement of Chinese loess–paleosol sequences has been used extensively as a proxy for the East Asian summer monsoon. This magnetic enhancement occurs due to neoformation of pedogenic ferrimagnets. However, these ferrimagnets are difficult to extract; consequently, how they are formed is not well understood. Here, we show the shape of the crystals and the presence of nano-sized pedogenic magnetic particles using electron microscopy, a synchrotron radiation X-ray diffraction technique, and rock magnetic methods. The magnetic particles comprise pedogenic magnetites, detrital magnetites with maghemite shells, and detrital/pedogenic hematites. Among the fraction samples, the medium grain-size (1–10 μm) fraction was responsible for most of the magnetic enhancement of the paleosols. Magnetic extraction experiments revealed that muscovites and chlorites in the paleosol samples showed weak spontaneous magnetization. In the medium grain-size paleosol fraction, we found a weathered muscovite grain that included many hundreds of nanometer-sized magnetite and hematite particles in aggregates with biotites, which are Fe-bearing silicates. There were similar aggregates surrounding muscovite and chlorite fragments. The concentration of pedogenic magnetite/hematite inclusions was much higher in this muscovite grain than in the submicron-sized iron oxides found on the silicate surfaces. The nano-sized magnetite/hematite inclusions must be responsible for the weak spontaneous magnetization of the muscovites and chlorites, significantly contributing to the magnetic enhancement of the mature paleosols. These magnetite inclusions are mainly responsible for the paleosol pseudo-single-domain magnetic properties extensively observed across the Chinese Loess Plateau. The protective silicates account for the low extraction efficiency and the near absence of oxidation by surrounding air.

キーワード：レス磁気学、土壌化生成磁性粒子、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、放射光X線回折、風化
Keywords: loess magnetism, pedogenic magnetic particles, TEM, SEM, Synchrotron radiation x-ray diffraction, weathering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離と磁気測定

Density separation and magnetic measurements of magnetotactic bacteria *Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1]
*Kohei Masaoka[1], Yuki Morono[2], Naotaka Tomioka[2], Go-Ichiro Uramoto[1], Yuhji Yamamoto[1]

1. 高知大学、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所
1. Kochi University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海底堆積物には自然残留磁化（NRM）として，過去の地球磁場の変動がほぼ連続的に記録されている．このNRMを担う磁性鉱物は磁性細菌にも起源をもち，その量的な重要性が指摘されている（e.g. Yamazaki, 2012）．しかし，磁性細菌起源の磁性鉱物が堆積物形成時に当時の地球磁場を反映した残留磁化を獲得する過程，および，その残留磁化の性質については未解明の部分が多い．政岡ほか（2018JpGU；2018SGEPSS）は，磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1（以下MS-1） の分譲を受けて大量培養し，培養細胞の密度の違いを利用して分離したMS-1の細胞群を用いて，これらの細胞群が堆積物形成のごく初期においてNRMを獲得するプロセスの模擬実験を行い，試料を作製した．細胞数を一定（1試料2.835×10^9 cell/7 cc）とした一連の試料のNRM方位は作製時の印加磁場の方向と一致（偏角0˚・伏角0˚および偏角0˚・伏角45˚）し，NRM強度は伏角によらず外部磁場強度（0-100 μT）の増加に伴ってランジュバン関数的に増加することを報告している．しかし，これらの実験に用いたMS-1の細胞群は，細胞内にマグネタイトを形成している個体の割合（マグネタイト形成率）が3 %程度と少ないことが透過型電子顕微鏡（TEM）観察により確認されており，模擬実験に影響を与えている可能性がある．

そこで，本研究では，細胞内にマグネタイトを形成しているMS-1の細胞群を磁気的な方法に依らずに効率的に分離し，マグネタイト形成率を高めた細胞群を利用して模擬実験を行うことを目的とした．そのために，政岡ほか（2018JpGU）で行われている密度分離の方法を改良した．政岡ほか（2018JpGU）では80 %ナイコデンツ溶液のみで分離しているが，本研究では異なる濃度のナイコデンツ溶液（0, 40, 45, 47.5, 50, 60 %）を上方に向かって密度が小さくなるように重層したものを24時間静置することで密度勾配を形成させて分離した．ナイコデンツの密度勾配によって4層に分離したので，上から順にフラクション1（F1），2（F2），3（F3），4（F4）とした． MS-1の細胞群はF1-F3には確認された一方，F4には確認されなかった． F1-F3についてTEM観察を行ったところ，マグネタイト形成率はF1で0.3 %，F2で7.2 %，F3で16.3 %であった． いずれのフラクションにおいても細胞内のマグネタイトの粒径は40-50 nm程度で，20-40個が鎖状に連なっている様子が観察された．

F1からF3について政岡ほか（2018JpGU）と同様の手順で模擬実験を行い，磁気測定用試料を作製した．外部磁場は方向が偏角0˚・伏角0˚，強度が50 μTとなるように作用させた．各試料のNRM強度は，F1で1.15×10^{-9} Am^2，F2で6.60×10^{-9} Am^2，F3で1.34×10^{-8} Am^2であった．F1については政岡ほか（2018JpGU）で報告されているブランク試料の値とほとんど変わらない．各試料は7 cm^3あたりMS-1の細胞をF1は2.17×10^9 cell，F2は1.72×10^9 cell，F3は7.97×10^9 cell含むため， 1細胞あたりに換算したNRM強度はF1で5.31×10^{-19} Am^2/cell，F2で3.83×10^{-18} Am^2/cell，F3で1.68×10^{-17} Am^2/cellである．マグネタイト形成率の増加に伴ってNRM強度が増加していることが分かった．

©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-EM 固体地球電磁気学

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-EM18] 地磁気・古地磁気・岩石磁気

コンビーナ:清水 久芳(東京大学地震研究所)、佐藤 雅彦(東京大学地球惑星科学専攻学専攻)、座長:佐藤 雅彦(東京大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、清水 久芳(東京大学地震研究所)

本セッションでは、現在および過去の地球・惑星磁場、岩石磁気・古地磁気とそれらの応用に関する研究の発表と議論の場を提供する。本セッションは、地球・惑星磁場の観測・解析、自然試料・考古遺物による過去の地球・惑星磁場の変動・変遷の復元、数値実験による地球・惑星磁場の生成・変動メカニズムの研究、岩石・鉱物・隕石などの磁気特性の測定と理論、地球表層および掘削試料の磁気的情報に基づく気候変動やテクトニクスの研究、地球・惑星の磁気異常観測と地殻磁化モデル、これらを実現するために必要な測定技術・解析手法の開発などについての発表を歓迎する。
このセッションは、SEDI-Japan（SEDI:Study of the Earth's Deep Interiorの日本版）コミュニティーの発展に貢献している。

13:45 ~ 14:05

[SEM18-13] 固有磁場が地球型惑星からの大気散逸に与える影響

★招待講演

*関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、乾 彰悟[1]、坂田 遼弥[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、David Brain[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.情報通信研究機構、4.コロラド大学ボルダー校 LASP)

14:05 ~ 14:20

[SEM18-14] Numerical modeling of a lunar dynamo and its long-term evolution

*兵藤 史[1]、高橋 太[2]、金嶋 聰[2]、清水 久芳[3]、綱川 秀夫[4] (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、3.東京大学地震研究所、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

14:20 ~ 14:40

[SEM18-15] Investigation of sub-grid scale (SGS) model in dynamo simulations with small Ekman and magnetic Prandtl numbers

★Invited Papers

*松井 宏晃[1] (1.Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis)

14:40 ~ 14:45

Discussion

14:45 ~ 15:00

[SEM18-16] 有限領域内の運動学的ダイナモの成長率

*櫻庭 中[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

15:00 ~ 15:15

[SEM18-17] Detection of jerk-like magnetic field variation in a numerical dynamo model using wavelet analysis

*高橋 太[1]、眞鍋 佳幹[2] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学理学府地球惑星科学専攻)

固有磁場が地球型惑星からの大気散逸に与える影響
Effects of the intrinsic magnetic field on the atmospheric escape from terrestrial planets

*関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、乾 彰悟[1]、坂田 遼弥[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、David Brain[4]
*Kanako Seki[1], Shotaro Sakai[1], Shogo Inui[1], Ryoya Sakata[1], Naoki Terada[2], Hiroyuki Shinagawa[3], David A. Brain[4]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 情報通信研究機構、4. コロラド大学ボルダー校 LASP
1. Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. NICT, 4. LASP, University of Colorado, Boulder

火星は、過去にはグローバルな固有磁場を持っていたと推定される惑星であり、また現在は、主に南半球に地殻起源の磁場が残留している。火星が固有磁場を失った時期は、約41～40億年前だと推測されている。一方で、40億年前の火星は表層に液体の水を保持し、現在より温暖湿潤な気候であったと推定されている。それが、40億年前から35億年前くらいの比較的早い時期に、現在の火星のように寒冷乾燥した気候に変化したと考えられている。このような気候変動を引き起こすには、１気圧分程度のCO_2大気が地下に貯蔵もしくは宇宙空間に流出して表層環境から取り除かれる必要があるが、火星で大量の炭酸塩は見つかっておらず、大量のCO2大気が宇宙空間に散逸した可能性が高いと考えられている。一方で、実際に多量の大気を散逸させられるメカニズムはわかっておらず、火星宇宙気候研究の重要課題として、CO_2大気を宇宙空間に逃がすことができる機構の解明が挙げられる。

現在の火星はグローバルな固有磁場を持たず、太陽風と大気が直接相互作用しているが、上述のように過去の火星は固有磁場を保有していたと考えられており、磁場を失った時期と気候変動が起こった時期が近いこともあり、火星からの大気散逸を理解するためには、固有磁場の影響を考慮することが重要である。これまでに、NASAの火星探査機MAVEN等によって火星大気散逸現象を含む火星圏環境について多くの基本的描像が得られつつある。その中で、低エネルギーイオン流出は、重イオンを含む大量の電離大気を散逸させられるメカニズムとして注目されている。本講演では、MAVENの観測データの統計解析に基づいた火星からの低エネルギーイオン流出機構に太陽風と地殻残留磁場がおよぼす影響の研究、および、太陽風-火星相互作用系のグローバル多成分磁気流体(MHD)シミュレーションに基づく弱い惑星固有磁場がイオン散逸におよぼす影響の研究を中心に、最近の火星における固有磁場が大気散逸に与えた影響についての研究の進展について紹介する。また、これらの研究結果も踏まえて、比較惑星学的視点から固有磁場が地球型惑星からの大気散逸に与える影響についても議論したい。

キーワード：固有磁場、火星、大気散逸、気候変動、イオン流出、多成分磁気流体シミュレーション
Keywords: intrinsic magnetic field, Mars, Atmospheric escape, climate change, ion outflow, multi-species MHD simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical modeling of a lunar dynamo and its long-term evolution

*兵藤 史[1]、高橋 太[2]、金嶋 聰[2]、清水 久芳[3]、綱川 秀夫[4]
*Fumi Hyodo[1], Futoshi Takahashi[2], Satoshi Kaneshima[2], Hisayoshi Shimizu[3], Hideo Tsunakawa[4]

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、3. 東京大学地震研究所、4. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Deparment of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Now the Moon has no global magnetic field unlike the Earth, and there are only local crustal fields which are of approximately several hundred nT on the lunar surface [Tsunakawa et al., 2015]. However, lunar paleomagnetic studies indicate evidence for ancient lunar dynamo, and that the Moon had a global magnetic field of about 70 μT on the lunar surface at least between 4.2 and 3.56 Ga [e.g., Garrick-Bethell et al. 2009; Shea et al., 2012; Suavet et al., 2013]. In this study, we assume that the lunar dynamo is powered by compositional buoyancy due to inner core growth, which enabled the dynamo to work for such a long time interval. Based on the assumption, we perform a series of numerical simulations of MHD dynamo by varying the ratio of the inner core and outer core radii $\chi = r_i/r_o$ from *0.1* to 0.7 like Heimpel et al. [2005], where r_i and r_o are the inner core radius and the outer core radius, respectively. Long-term variations of the Rayleigh number *Ra* and the Ekman number *E*, which are key dimensionless parameters controlling the dynamo action, used in the dynamo simulations are calculated as functions of χ from a thermal history model of the lunar core. Then a relative core evolution curve is drawn, along which we perform a suite of dynamo runs with a given value of χ and with the values of *Ra* and *E* that are calibrated by scales of Ra_0*=4000,* 8000 and 10000, and $E_0 = O(10^{-4})$. We investigate features of lunar dynamo evolution in scenarios with different values of Ra_0. In summary, we find three types of dynamo regimes during the evolution of lunar core: self-sustaining regime, failing-dynamo regime with convection, and failing-dynamo regime without convection. From the results of the simulations, we find that dynamos cease under a low magnetic Reynolds number that causes the termination of convection because of slow inner core growth in a late phase. We also find that it is difficult to drive convection in the cases of thin shell (χ *=0.6* and 0.7) even with the highest Ra_0. This result might suggest a possible scenario in which the lunar dynamo driven by compositional convection shuts off.

キーワード：月のダイナモ、月の磁場、月の進化、熱史、内核成長、組成対流
Keywords: Lunar dynamo , Magnetic field of the Moon, Evolution of the Moon, Thermal history, Inner core growth, Compositional convection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of sub-grid scale (SGS) model in dynamo simulations with small Ekman and magnetic Prandtl numbers

*松井 宏晃[1]
*Hiroaki Matsui[1]

1. Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis
1. Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis

The flow in the Earth's outer core is expected to have vast length scale from the geometry of the outer core to the thickness of the boundary layer. Because of the limitation of the spatial resolution in the numerical simulations, sub-grid scale (SGS) modeling is required to model the effects of the unresolved field on the large-scale fields. We model the effects of sub-grid scale flow and magnetic field using a dynamic scale similarity model. Four terms are introduced for the momentum flux, heat flux, Lorentz force and magnetic induction. The model was previously used in the convection-driven dynamo in a rotating plane layer and spherical shell using the Finite Element Methods.

In the present study, we perform large eddy simulations (LES) using the dynamic scale similarity model. The scale similarity model is implement in Calypso, which is a numerical dynamo model using spherical harmonics expansion. To obtain the SGS terms, the spatial filtering in the horizontal directions is done by taking the convolution of a Gaussian filter expressed in terms of a spherical harmonic expansion, following Jekeli (1981). A gaussian field is also applied in the radial direction.

In the present study, we evaluate SGS terms from direct simulation (DNS) without using SGS model. The resolved DNS is performed on the truncation degree $L = 1023$ using the Ekman number $E = 1.0 \times 10^{-6}$. To investigate optimal size of spatial filtering and limit of spatial resolution for the present SGS model, we evaluate the SGS terms with L = 255, 342, and 511, and compare with the SGS terms directly evaluated on the original fine resolution.

The results show that the amplitude of SGS inertia terms is larger than the SGS Lorentz force in the all length scale in the momentum equation, because the magnetic field has larger length scale than the velocity. The inertia term obtained by the resolved field decreases with the coarser resolution in all horizontal length scales. The amplitude of the SGS inertia term is approximately 0.28 times of the inertia term obtained by resolved fields.

キーワード：地球ダイナモ、sub-grid scale モデル
Keywords: Geodynamo, Sub-grid scale model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

有限領域内の運動学的ダイナモの成長率
Growth rates of kinematic dynamos in a finite domain

*櫻庭 中[1]
*Ataru Sakuraba[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, University of Tokyo

Kinematic dynamos have been intensively studied since 1950s to get an insight into generation mechanisms of planetary magnetic fields. Even today when computer simulations of geophysically realistic dynamo models are possible, importance of that classical problem cannot be neglected because of its use in understanding basic dynamo processes. For example, a linear growth rate of a kinematic dynamo model can be an important measure to estimate a timescale of geomagnetic field recovery from a weak-field state in a reversal transition, and to understand energy transfers from fluid flow to magnetic fields and dissipation. Most of previous studies on growth rates of kinematic dynamos have assumed fluid flows extending infinitely in space such as three-dimensionally periodic ABC flows (see a review by A. Soward, Fast dynamos, in Lectures on Solar and Planetary Physics, Cambridge Univ. Press, 1994). Here we consider a cylindrical annulus model of kinematic dynamo. The flow is periodic along the azimuthal direction but finite in the radial and axial directions. The magnetic field satisfies a pseudo-vacuum boundary condition for the sake of computational simplicity. The induction equation is integrated in time from a random field and a linear growth rate is estimated after calculation of several magnetic diffusion times. A background flow is chosen so that the flow component can be represented as a few terms of trigonometric functions in the cylindrical coordinates and the kinetic helicity is antisymmetric about the equator. The growth rate can be summarized as a function of the magnetic Reynolds number, R, and the azimuthal wavenumber, m, of the background flow. In a parameter domain of $R < 1000$, we observed an increase of the growth rate as mR to the power of 2/3.

キーワード：惑星磁場、ダイナモ、電磁流体力学
Keywords: planetary magnetic field, dynamo, magnetohydrodynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detection of jerk-like magnetic field variation in a numerical dynamo model using wavelet analysis

*高橋 太[1]、眞鍋 佳幹[2]
*Futoshi Takahashi[1], Yoshiki Manabe[2]

1. 九州大学大学院理学研究院、2. 九州大学理学府地球惑星科学専攻
1. Faculty of Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

Geomagnetic jerk is known as a sudden change in the trend of geomagnetic secular variation, which typically occurs in annual timescale. A conventional and direct way to identify jerks is by looking for V- or \Lambda-shaped changes in the slope of the secular variation of a field component at observatories. Instead, to find geomagnetic jerks, Alexandrescu et al. (1995) applied wavelet analysis to geomagnetic field data obtained at ground observatories in Europe. They detected geomagnetic jerks in 1901, 1913, 1925, 1969 and 1978, and showed that regularity of the magnetic field variation is about 1.5 rather than 2.

Although dynamo action in the Earth’s core should generate such a singular variation, physical mechanisms responsible for jerks are still unknown. In this respect, numerical dynamo modeling could be useful, because all information within the core relating magnetic field variations can be obtained. However, magnetic field variation in dynamo models occurs more slowly compared with the geomagnetic secular variation probably due to assumed values of the fluid viscosity very far from that in the Earth’s core. Therefore, it is not evident that any jerk-like fast magnetic field variation can be observed in numerical dynamo models. In this study, we report results of our attempt to detect jerk-like magnetic field variation in a numerical dynamo model using wavelet analysis. The Ekman number of the model is 3×10^{-5}, which is not the state-of-the-art but comparatively small, giving a good starting point.

Brief summary of the results is as follows: (1) Jerk-like magnetic field variation is detected in all of the three components; (2) Regularity of such variations is typically larger than 2; (3) Jerk-like variation occurs both globally and locally. Relevance of the present results to the geomagnetic jerk and relation to the internal dynamics are discussed based on these findings.

キーワード：地磁気ジャーク、ダイナモ、ウェーブレット解析
Keywords: Geomagnetic jerk, Dynamo, Wavelet analysis

©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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC36] 火山・火成活動と長期予測

コンビーナ:及川 輝樹(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、長谷川 健(茨城大学理学部地球環境科学コース)、三浦 大助(大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻)、下司 信夫(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:三浦 大助、下司 信夫(産総研　活断層・火山研究部門)

マグマ発生から移動・蓄積、マントルや地殻との相互作用、脱ガス、噴火様式、火山活動の長期予測、噴出物の運搬・定置過程など、マグマの挙動の各過程に関する話題を議論する．また、噴火の確率論的な研究、短・長期的な火山・火成活動史、マグマの物性や各種技術の開発に関する話題も対象とする．

9:00 ~ 9:15

[SVC36-01] ジルコンのU-Pb年代測定から推定される人類史上最大の噴火が起きたトバカルデラの噴火史

*伊藤 久敏[1] (1.一般財団法人電力中央研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC36-02] "箱根東京軽石噴火"の噴火準備過程

*辻原 諒[1,2]、小木曽 哲[1]、佐野 貴司[3]、石橋 秀巳[4] (1.京都大学大学院人間・環境学研究科、2.アジア航測株式会社、3.国立科学博物館、4.静岡大学理学部地球科学科)

9:30 ~ 9:45

[SVC36-03] 阿蘇中央火口丘群起源のテフラに含まれる鉱物のメルト包有物から推定したマグマ供給系の変遷

*永石 良太[1]、長谷中 利昭[2]、鳥井 真之[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.熊本大学大学院自然科学研究科、2.くまもと水循環・減災研究教育センター、3.東京大学地震研究所)

9:45 ~ 10:00

[SVC36-04] 洞爺カルデラ噴火をもたらしたマグマシステム

*東宮 昭彦[1]、後藤 芳彦[2]、檀原 徹[3]、デ・シルヴァ シャナカ[4] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター、2.室蘭工業大学、3.(株) 京都フィッション・トラック、4.オレゴン州立大学)

10:00 ~ 10:15

[SVC36-05] Voluminous silicic magma formation for the 30 ka Aira catastrophic caldera-forming eruption: contributions of crust-derived mafic and felsic magmas

*西原 歩[1]、巽 好幸[2,1]、鈴木 桂子[2,1]、金子 克哉[1,2]、木村 純一[3]、常 青[3]、日向 宏伸[4]、宮崎 隆[3]、Bogdan Stefanov Vaglarov[3] (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.海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野、4.神戸市立垂水中学校)

10:15 ~ 10:30

[SVC36-06] 南阿蘇村立野に分布する先阿蘇溶岩の層序と化学組成

*十川 翔太[1]、長谷中 利昭[2]、鳥井 真之[2]、森 康[3] (1.熊本大学　自然科学教育部、2.熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター、3.北九州市立自然史・歴史博物館)

ジルコンのU-Pb年代測定から推定される人類史上最大の噴火が起きたトバカルデラの噴火史

The entire magmatic history of the Toba Caldera Complex that influenced human evolution, northern Sumatra, inferred from zircon U-Pb geochronology

*伊藤 久敏[1]
*Hisatoshi Ito[1]

1. 一般財団法人電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

約74,000年前に超巨大噴火を起こし，当時の人類に甚大な影響を与えたとされるYoungest Toba Tuff (YTT)の噴出源であるインドネシアのトバカルデラ（Toba Caldera Complex: TCC）のマグマの全活動史を明らかにするために，最初の巨大噴火の産物であるOldest Toba Tuff，YTT噴火後の溶岩ドーム，およびトバカルデラの湖沼堆積物を対象にジルコンのU-Pb年代測定を行った．なお，湖沼堆積物は，凝灰質細粒砂からなり，YTT噴出後に堆積したものであるため，YTTやそれ以前のTCCの噴火履歴を保持していると考えられた．トバカルデラにおけるマグマ活動の開始は，最初の比較的小規模な噴火が1.2 Ma頃に生じたこと等から，少なくとも1.3 Maには始まっていたと推定されていたが，今回のOTTおよび湖沼堆積物の年代測定の結果，TCCのマグマ活動は1.3 Ma頃に開始したことが推定された．また，マグマの生成は0.3 Ma頃がピークであり，約0.07 MaのYTTの噴出時にはジルコンを生じるようなマグマ活動は活発ではなかったことを明らかにした．このことから，YTTの超巨大噴火のトリガーは，噴火当時に大量にマグマが生産されたことが原因ではなく，小規模なマグマの貫入や巨大地震に誘発されたマグマだまりの天井の落下等の別のメカニズムが考えられた．トバカルデラでは，マグマは，100万年以上に亘って，地殻浅部で，ジルコンを溶かす程には高温にならない状態で，断続的に蓄積され，最終的にYTTの超巨大噴火に至った．YTT噴火後の再生ドーム（resurgent dome）の活動の一つとして生じた溶岩ドーム（Tuk Tuk lava dome）のジルコンのU-Pb年代分布は，YTTのそれと一致することから，再生ドームはYTTマグマの残りを使って生じたことが推定された．

キーワード：超巨大噴火、トバカルデラ、U-Pb年代
Keywords: super-eruption, Toba Caldera, U-Pb dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

"箱根東京軽石噴火"の噴火準備過程
Pre-eruptive magmatic processes of "Hakone Tokyo Pumice eruption"

*辻原 諒[1,2]、小木曽 哲[1]、佐野 貴司[3]、石橋 秀巳[4]
*Ryo Tsujihara[1,2], Tetsu Kogiso[1], Takashi Sano[3], Hidemi Ishibashi[4]

1. 京都大学大学院人間・環境学研究科、2. アジア航測株式会社、3. 国立科学博物館、4. 静岡大学理学部地球科学科
1. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, 2. Asia Air Survey Co., Ltd., 3. National Museum of Nature and Science, 4. Faculty of Science, Shizuoka University

箱根火山は首都圏から最も近く，カルデラ形成噴火を数回繰り返してきた活動的な火山のひとつである．箱根火山における最大規模の噴火は，約6万年前に発生した，箱根火山における最新のカルデラである強羅潜在カルデラを形成した噴火(VEI 6)である．この噴火はプリニー式噴火で開始し，続いて火砕流が発生した．プリニー式噴火による降下軽石（箱根東京軽石）は南関東の広域でみられ，火砕流は噴出源から約50km遠方まで到達した（笠間・山下，2008）．この噴火の準備過程を詳細に検討することは，同規模の噴火が今後も起こるリスクを評価する上で非常に重要である．そこで本研究では，降下軽石と火砕流堆積物中の本質物質を対象に噴火準備過程を検討した．

本研究で用いた試料は，神奈川県足柄下郡箱根町芦之湯の谷底露頭から採取した．本質岩片として軽石とスコリアがみられ，軽石にはマフィックエンクレーブを持つものがみられた．本研究ではXRF（国立科学博物館）を用いた全岩主成分・微量元素組成分析を行い，偏光顕微鏡とSEM（京大理学部）を用いた組織解析と，EPMA（京大理学部）を用いた主成分化学組成分析を行った．

軽石は流紋岩からデイサイト（SiO_2=64-71wt.%）で，斜長石，斜方輝石，単斜輝石，磁鉄鉱，チタン鉄鉱，燐灰石，橄欖石の斑晶が見られた．スコリアは安山岩（SiO_2=58-60wt.%）で，斜長石，斜方輝石，単斜輝石，磁鉄鉱，燐灰石，橄欖石の斑晶がみられた．マフィックエンクレーブは玄武岩から玄武岩質安山岩で（SiO_2 ～52 wt.%），斜長石，磁鉄鉱，橄欖石の斑晶がみられた．ガラスと斑晶鉱物の化学組成から，斑晶鉱物と平衡共存するメルト組成が4種類存在することが示唆され，この噴火の直前のマグマだまりには組成的に異なる4種類のマグマが存在したことが考えられる．全岩化学組成はSiO_2 ～67 wt.%で組成トレンドが異なり，SiO_2 > ～67 wt.%の全岩化学組成トレンドと斜長石斑晶の組成累帯構造パターンから，噴火前のマグマは結晶分化作用を経験しており，SiO_2 < ～67 wt.%の全岩化学組成トレンドと斜長石と橄欖石斑晶の組成累帯構造パターンから，噴火前のマグマはマグマ混合を経験していることが示唆される．Fe-Ti酸化物温度計と斜長石-メルト温度含水量計を用いると，噴火前のデイサイト質～流紋岩質マグマの温度は820-880 ℃，含水量は4.2-7.2wt.%と見積られ，メルトが水に飽和していると仮定した場合，噴火前のマグマだまり最浅部の深さは5.5-10.5 kmと見積られる．橄欖石のFe-Mg拡散モデリングにより，最後のマグマ混合から噴火までの時間は30日-1年と見積られた．

以上より，次のような噴火準備過程を考察した．結晶分化したデイサイト質～流紋岩質マグマが深さ≧5.5-10.5kmに存在し，そこに苦鉄質マグマが貫入・混合した．最後のマグマ混合から30日から1年程度経過後に噴火が開始した．

当時のマグマだまり最浅部の深さは，地球物理学的に見積られている現在のマグマだまりの深さ（～10 km: Yukutake et al., 2015) と概ね一致する．このマグマだまりが，今後“箱根東京軽石噴火”と同規模の噴火を起こす可能性を正確に評価するためには，“箱根東京軽石噴火”以降の噴火準備過程の変遷を明らかにする必要がある．

キーワード：箱根火山、噴火準備過程、カルデラ形成噴火
Keywords: Hakone volcano, pre-eruptive magmatic process, caldera-forming eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇中央火口丘群起源のテフラに含まれる鉱物のメルト包有物から推定したマグマ供給系の変遷

Transition of magma plumbing system deduced from the melt inclusions contained in tephra minerals originated from Aso central cones.

*永石 良太[1]、長谷中 利昭[2]、鳥井 真之[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3]
*ryota nagaishi[1], Toshiaki Hasenaka[2], Masayuki Torii[2], ATSUSHI YASUDA[3], Natsumi Hokanishi[3]

1. 熊本大学大学院自然科学研究科、2. くまもと水循環・減災研究教育センター、3. 東京大学地震研究所
1. Graduate of Science and Technology, Kumamoto University, 2. Center for water cycle, marin environment and disaster management , 3. Earthquake Reserach Institute, The University of Tokyo

阿蘇カルデラの中央火口丘群起源の軽石及びスコリアに含まれる鉱物中のメルト包有物分析を行った．阿蘇火山は，4度の火砕流噴火・カルデラ形成後に中央火口丘群の活動が始まり，流紋岩質から玄武岩質の溶岩・テフラを噴出する火山活動が繰り返された．その中で，阿蘇中央火口丘第1~6 軽石 (Aso Central cone Pumice: ACP1~6; 高田，1989) は規模が大きく，阿蘇地域における鍵層になっている．本研究では，後カルデラ期のマグマ供給系の変遷と，大規模火砕流噴火のマグマ供給系との違いを見ることを目的として，ACP2, ACP3, ACP4 と，ACP3 と ACP4 の間に存在するかんらん石に富むテフラ (ACP3/4 スコリアと呼ぶ) に含まれる鉱物，メルト包有物，火山ガラスについて EPMA 分析，FT-IR 分析を行った (安田，2011; Yasuda, 2014)．分析結果をACP1 (Brouillet et al., 2018), 完新世の杵島岳，往生岳，上米塚，中岳スコリア (川口，私信)，さらに Aso-3, Aso-4 大規模火砕流 (Kaneko et al., 2007; Kaneko et al., 2015) の結果と比較した．ACP4 から ACP1 の火山活動で，鉱物の時間変化は見られず，斜長石は，An# = 60~70 に組成が集中し，Aso-3, Aso-4 の斜長石 (An#) とは明瞭に異なる組成を持つ．ACP2 と ACP4 のメルト包有物は，ホスト鉱物による組成の違いは見られず，マトリックスの火山ガラス (ACP4 については，鳥井ほか (2018) より引用) とほとんど同じ組成である．一方，ACP3/4 スコリアのメルト包有物組成はホスト鉱物ごとに大きく異なった．また，ACP3 の輝石に含まれるメルト包有物組成はマトリックスの火山ガラスの組成 (鳥井ほか，2018) と異なる．ACP2, ACP3/4 スコリア，ACP4 のメルト包有物の含水量の最大値は，FT-IR による測定で，それぞれ 3.0, 1.3, 3.8 wt.% と求められた．鉱物・メルト包有物組成，メルト包有物の含水量より，ACP2, ACP4 のマグマだまりの温度・圧力は，ACP2 : 890~920 ℃，2 kbar，ACP4 : 900~920 ℃ (P = 2 kbar と仮定) と推定された．

キーワード：阿蘇火山、メルト包有物、FT-IR
Keywords: Aso volcano, Melt inclusion, FT-IR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

洞爺カルデラ噴火をもたらしたマグマシステム
Pre-eruptive magma dynamics of the climactic 110ka eruption of Toya caldera, Japan

*東宮 昭彦[1]、後藤 芳彦[2]、檀原 徹[3]、デ・シルヴァ シャナカ[4]
*Akihiko Tomiya[1], Yoshihiko Goto[2], Tohru Danhara[3], Shanaka L de Silva[4]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、2. 室蘭工業大学、3. (株) 京都フィッション・トラック、4. オレゴン州立大学
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Muroran Institute of Technology, 3. Kyoto Fission-Track Co., Ltd., 4. Oregon State University, College of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences

[背景・手法] 大規模火砕流を伴うカルデラ形成噴火は，大災害を引き起こすため，的確な事前予測が求められる．それには噴火の準備過程やトリガーの理解が必要であり，適切な対象における詳細な岩石学的分析とマグマ過程推定はその有力手段である．洞爺カルデラ噴火は，新鮮な試料が得られるなど対象として適切であり，さらに火砕流影響範囲内に都市や重要インフラ等が存在することから，その理解は社会的意義も大きい．また，後カルデラ火山として中島と有珠を持ち，後者は日本有数の活火山でもある．

洞爺カルデラには多数の研究例があり(e.g., 鈴木・他, 1970; 池田・勝井, 1986; Machida et al., 1987; Feebrey, 1995; Lee, 1996; 町田・山縣, 1996)，大規模火砕流と広域火山灰を150km^{3}以上放出する破局的噴火を約11万年前に起こしたこと，マグマは高シリカ流紋岩マグマであること，などが判明している．しかし，噴出物のユニット区分や対比は研究者ごとに見解が分かれるほか，岩石学的解釈には不適切な点があった．そこで，新たな地質調査に基づき，ユニット区分や対比の見直し，ユニットごとの分布範囲と噴出量推定などを行なった．さらに，全岩化学組成(XRF)，火山ガラスおよび鉱物化学組成(EPMA, LA-ICP-MS)の分析，および種々の解析を行ない，噴火推移やマグマ過程を見直した．

[結果] 洞爺カルデラ噴出物は下位からunit 1～6に分けられ，噴出量合計は広域火山灰や海没部分を除き36.8km^{3}以上であった［詳細はGoto et al. (2018)を参照］．unit 1は細粒の火山ガラス片からなる降下火山灰層，unit 2, 4, 5, 6は火砕サージ・火砕流堆積物，unit 3はベースサージと降下火砕物の互層である．このうちunit 4やunit 5下部, 6下部は岩塊に富む．本質軽石の大半は白色で，unit 6を除き全岩組成は均質である（SiO_2 ≒77%・K_2O≒2.8-3.2%; Feebrey(1995)のopx-HSRに相当）．unit 6の本質軽石の一部は灰色や縞状で，全岩組成に2種のバリエーションがある．1つは中島の安山岩組成へと向かうもの（同hb-LSR），もう1つは有珠の流紋岩組成まで伸びるもの（同cum-HSR）である．

ガラスおよび鉱物組成も，unit 6でバリエーションが大きい．たとえば斜長石は，An組成の違いからtype-A, -B，-Cに大別できる．このうちtype-A (An≒12)が圧倒的に多い．type-Bは基本的にAn≧90であるが，An≒80のサブグループ(type-B')もみられる．type-Cは，type-C1（An≒20），-C2（≒35），-C3（≒55)に細分され，C2, C3には部分溶融組織がある．直方輝石や磁鉄鉱もほぼ同様のバリエーションを持つ．石英はtype-A，単斜輝石はB'，ホルンブレンドとイルメナイトはC2とC3のみにみられた．マグマA（type-A斑晶を持つマグマ；以下同様）は主マグマ溜まりの珪長質端成分マグマ，マグマBは高温苦鉄質マグマ，それ以外は両者の中間的マグマと考えられる．輝石温度計(Putirka, 2008)，鉄チタン酸化物温度計(Andersen & Lindsley, 1985)，などから見積もった各マグマ温度は，Aが≦800℃，C1, C2, C3, B'が800～890℃，Bが≧900℃，となった．斑晶の微量元素濃度や累帯構造から，C2, C3, B'は近縁で噴火直前までA, C1と物質的やりとりがない，B'はBを元々の起源とする，C1のみ噴火前にAと相互作用した，といったことが推定できた．

type-A斑晶には逆累帯が発達せず，元素拡散の速い磁鉄鉱でも拡散時間は数日以下と短い．一方，type-Bの斜長石や輝石の多くはMgなどが顕著に拡散し，高温マグマ注入から噴火まで数百年程度あった．

[推定されるマグマ過程] 洞爺カルデラ噴火は，水蒸気プリニー式噴火(unit 1)で始まり，大量の火砕サージ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(unit 2)の放出が続いたが，その後噴出レートが一旦低下して小規模マグマ水蒸気噴火(unit 3)に移行した．しかしほどなくカルデラ陥没が始まり(unit 4)，大規模火砕流放出(unit 5, 6)に至った．unit 2放出によるマグマ溜まり圧力低下が，噴出レートの一旦低下とその後のカルデラ陥没を引き起こしたと考えられる．

噴火直前には，主マグマ溜まりにマグマA（高シリカ流紋岩）が大量に蓄積していたほか，C1, C2, C3, B', Bのマグマが存在した．マグマAはマッシュ状マグマ溜まりから珪長質メルトが分離・蓄積したものであろう(e.g., Wolff et al., 2015)．高温マグマ(B)は数百年以上前に貫入し，上記マッシュとの相互作用によってマグマC2, C3, B'を生じさせた．マグマAには，噴火直前まで高温マグマの影響が全くなく，マグマ混合は噴火直前～最中に受動的に生じたと考えられる．噴火のトリガーは高温マグマ注入ではなく，断層運動など外的トリガー(e.g., Gregg et al., 2015)の可能性が高い．噴火末期にみられるマグマ組成のバリエーションは，中島や有珠との関連を想起させ，更なる再検討が必要である．

キーワード：洞爺カルデラ噴火、イグニンブライト、高シリカ流紋岩、珪長質マグマ、マグマ混合、タイムスケール
Keywords: Toya caldera-forming eruption, ignimbrite, high-silica rhyolite, silicic magma, magma mixing, time scale

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Voluminous silicic magma formation for the 30 ka Aira catastrophic caldera-forming eruption: contributions of crust-derived mafic and felsic magmas

*西原 歩[1]、巽 好幸[2,1]、鈴木 桂子[2,1]、金子 克哉[1,2]、木村 純一[3]、常 青[3]、日向 宏伸[4]、宮崎 隆[3]、Bogdan Stefanov Vaglarov[3]
*Ayumu Nishihara[1], Yoshiyuki Tatsumi[2,1], Keiko Suzuki-Kamata[2,1], Katsuya Kaneko[1,2], Jun-Ichi Kimura[3], Qing Chang[3], Hironobu Hinata[4], Takashi Miyazaki[3], Bogdan Stefanov Vaglarov[3]

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. 海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野、4. 神戸市立垂水中学校
1. Department of Planetology, Graduate School of Science , Kobe University, 2. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center, 3. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Kobe Municipal Tarumi Junior High School

Aira catastrophic caldera-forming (CCF) eruption occurred at 30 ka and discharged voluminous silicic magma with a small amount of less silicic magma. In order to understand the genesis of magmas in the Aira CCF eruption, petrological and geochemical characteristics of the juvenile clasts and plagioclase phenocrysts in them were investigated. Important petrological and geochemical features of the Aira ejecta and related rocks are described as follows:
1. Juvenile ejecta discharged by the Aira CCF eruption consist of three types of clasts; white pumice, dark pumice, and scoria clasts. Whole-rock chemical compositions of the dark pumices are less SiO_2 contents (67.5-75.7 wt.%) than those of the white pumices (74.3-77.2 wt.%). The scoria shows andesitic composition (SiO_2=59.0 wt.%).
2. In whole-rock characteristics, the SiO_2-poor juvenile clasts have higher $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.70856±0.00001 of the dark pumice and 0.70738±0.00001 of the scoria) than the white pumice (0.70597±0.00001).
3. An-contents of plagioclase cores in the white and dark pumices show bimodal distributions with peaks of An_{45} and An_{80}, while the scoria contains solely high-An (>An_{65}) plagioclase.
4. In plagioclase phenocrysts of the Aira juvenile clasts, Sr isotopic ratios of the high- and low-An plagioclase cores are different (0.70680±0.00117 and 0.70575±0.00040, respectively).
5. Basement rocks beneath the Aira caldera consist of Shimanto sediments and Miocene granites. These materials have much higher $^{87}Sr/^{86}Sr$ (Shimanto sediments: >0.70965; Miocene granites: >0.70885) than the Aira juvenile clasts.
6. Pre-caldera basaltic lavas, which are the most SiO_2-poor ejecta around the Aira caldera, have lower $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.70425-0.70469) than the Aira juvenile clasts.
The above features suggest that voluminous silicic magma bearing the white pumices in the Aira CCF eruption was produced by mixing between low-$^{87}Sr/^{86}Sr$ felsic and high-$^{87}Sr/^{86}Sr$ mafic magmas, crystallizing the low- and high-An plagioclase, respectively. The low-$^{87}Sr/^{86}Sr$ felsic magma was distinguished from both the upper crust and pre-caldera basaltic materials in $^{87}Sr/^{86}Sr$ characteristics. If the basaltic materials show the mantle signature, the low-$^{87}Sr/^{86}Sr$ felsic magma was derived from a lower crust material. The geochemical signature of the high-$^{87}Sr/^{86}Sr$ mafic magma can be explained by assimilation of high $^{87}Sr/^{86}Sr$ upper crust materials. The lowest $^{87}Sr/^{86}Sr$ recorded in the high-An plagioclase is higher than the whole-rock $^{87}Sr/^{86}Sr$ of the pre-caldera basalts, suggesting the mafic end-member magma for the Aira CCF eruption was the lower crust origin. A frequency ratio of the low- to high-An plagioclase in the white pumice proposed that the mixing ratio of the felsic and mafic magmas was estimated at a ratio of ~8:2, which is consistent with whole-rock $^{87}Sr/^{86}Sr$ variations of the white

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

pumice. In conclusion, the crust-derived low-$^{87}Sr/^{86}Sr$ felsic and high-$^{87}Sr/^{86}Sr$ mafic magmas had contributed to the formation of voluminous magma discharged by the Aira CCF eruption.

キーワード：Aira caldera、caldera-forming eruption、Sr isotope ratio、magma mixing、crustal assimilation
Keywords: Aira caldera, caldera-forming eruption, Sr isotope ratio, magma mixing, crustal assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南阿蘇村立野に分布する先阿蘇溶岩の層序と化学組成
Stratigraphy and petrological relations of pre-Aso volcanic rocks in Tateno district, Minami-Aso village

*十川 翔太[1]、長谷中 利昭[2]、鳥井 真之[2]、森 康[3]
*Shota Togawa[1], Toshiaki Hasenaka[2], Masayuki Torii[2], Yasushi Mori[3]

1. 熊本大学　自然科学教育部、2. 熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター、3. 北九州市立自然史・歴史博物館
1. Graduate school of science and technology, 2. Center for Water Cycle, Marine Environment and Disaster management, Kumamoto University, 3. Kitakyushu Museum of Natural History and Human History

カルデラ形成を伴うような破局的噴火の先駆活動について理解を深める上で先カルデラ期火山噴出物の地質学的，岩石学的研究は重要である．阿蘇火山先カルデラ期には溶岩流が卓越する火山活動があり，それらの火山噴出物を総称して先阿蘇火山岩類と呼んでいる．本研究では阿蘇火山先カルデラ期の火山活動の変遷を詳細に明らかにするために若い年代の先阿蘇火山岩類が分布するカルデラ西方の地質調査を行い，それを基に採取した溶岩試料の岩石記載・全岩分析・鉱物分析を行った．

調査地域には少なくとも12枚の溶岩流が分布し，層厚は一般に5-20 mである．また溶岩の頂部では板状節理が発達することが多く，風化色を呈する．溶岩底部は明瞭にはクリンカーは識別できないことが多い．溶岩流の間には凝灰角礫岩や赤色土が挟在している．凝灰角礫岩は基質が赤色であり，角礫もしくは亜角礫の単一の礫種からなる．その他にも亜円礫から亜角礫の多様な礫種からなるものも認められる．前者は風化したクリンカーもしくは火砕流堆積物，そして後者は土石流堆積物と考えられる．その他にもたまねぎ状に強風化した溶岩がみられ，見かけ上凝灰角礫岩と類似している．これらをもとに各ルートの柱状図を作成しそれぞれでの層序関係を確認した．

作成した柱状図に基づいて試料採取を行い，各試料の岩石記載を行った．採取した27試料のうち，18試料がかんらん石両輝石安山岩（タイプA），7試料がかんらん石普通角閃石両輝石安山岩（タイプB），1試料がかんらん石単斜輝石安山岩（タイプC），1試料が両輝石安山岩（タイプD）の4タイプの岩種に分けられた．さらに，タイプA，タイプBを詳細に区分するために化学組成分析を行った結果，K_2O含有量に基づいてタイプⅠ-Ⅲの3つに区分した．その結果，タイプAの18試料のうち3試料，タイプBの7試料のうち2試料について顕著な類似性が認められ，この2試料についてのK-Ar年代測定を行った結果，それぞれ0.45±0.04 (Ma)，0.48±0.03 (Ma)の年代値が得られた．岩石記載，化学組成そしてK-Ar年代値の結果はタイプBの2試料が同一の溶岩流である可能性を示す．

阿蘇大橋崩落現場の大崩壊地に分布する先阿蘇溶岩のK-Ar年代値は標高729 mの地点で採取した試料が0.66±0.34(Ma)，標高650 m地点の試料が0.78±0.19(Ma)であった．タイプAのうち顕著な類似性が認められた3試料は大崩壊地より採取した試料であり，標高はそれぞれ690 m，685 m，665 mで年代測定試料の標高の間に分布する．タイプBのうち顕著な類似性が認められた2試料は大崩壊地西方に約1 km離れた標高520 m地点に分布する．従って，大崩壊地に分布する先阿蘇溶岩はタイプB溶岩より標高が100 m以上高いにも関わらず，より古い年代の溶岩が分布していることが分かった．この違いは2つ溶岩流の給源が異なり，より若い溶岩の給源は古い溶岩の給源より標高の低い位置に存在した可能性を示唆する．現在の立野渓谷では黒川に沿って流れた3 kaの赤瀬溶岩がより古い（5.5 ka）立野溶岩の低い位置にへばり付く関係が見られるが，同じ関係が先カルデラ期に存在したこと，断層運動等によって渓谷が形成した可能性が考えられる．

キーワード：先カルデラ期、溶岩流、凝灰角礫岩
Keywords: pre-caldera stage, lava flow, tuff breccia

©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26日(日) 10:45 ~ 12:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC36] 火山・火成活動と長期予測

コンビーナ:及川 輝樹(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、長谷川 健(茨城大学理学部地球環境科学コース)、三浦 大助(大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻)、下司 信夫(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:下司 信夫(産総研　活断層・火山研究部門)、三浦 大助

マグマ発生から移動・蓄積、マントルや地殻との相互作用、脱ガス、噴火様式、火山活動の長期予測、噴出物の運搬・定置過程など、マグマの挙動の各過程に関する話題を議論する．また、噴火の確率論的な研究、短・長期的な火山・火成活動史、マグマの物性や各種技術の開発に関する話題も対象とする．

10:45 ~ 11:00

[SVC36-07] 空中重力偏差法探査からみたカルデラ構造

*二ノ宮 淳[1]、石川 弘真[1]、野上 俊介[1]、中里 佳央[1] (1.住鉱資源開発株式会社)

11:00 ~ 11:15

[SVC36-08] カルデラ形成噴火最初期の細粒流れ堆積物

*富島 千晴[1]、三浦 大助[1]、上澤 真平[2]、宮坂 瑞穂[3] (1.大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻、2.電力中央研究所　地球工学研究所　地圏科学領域、3.北海道大学大学院理学研究院)

11:15 ~ 11:30

[SVC36-09] 口永良部島で2018年12月から2019年1月に発生した火砕流の特徴

*古川 竜太[1]、及川 輝樹[1]、下司 信夫[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

11:30 ~ 11:45

[SVC36-10] 富士山の成因とフィリピン海プレートの形状

*原田 靖[1]、高橋 美優[1] (1.東海大学 海洋学部 海洋地球科学科)

11:45 ~ 12:00

[SVC36-11] 非地震性ベーリングスラブの沈み込みによるカムチャッカ最北端における島弧火成活動

*西澤 達治[1]、中村 仁美[2,3,4,5]、Tatiana Churikova[6,7]、Boris Gordeychik[6,8]、Maria Pevzner[9]、石塚 治[2,10]、岩森 光[3,4,11] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター、2.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、3.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系、5.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、6.ゲッティンゲン大学地球科学センター、7.ロシア科学アカデミー極東支部火山地震研究所、8.ロシア科学アカデミー実験鉱物研究所、9.ロシア科学アカデミー地質学研究所、10.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、11.東京大学地震研究所)

12:00 ~ 12:15

[SVC36-12] 東北日本弧地殻深部におけるマグマの酸化還元状態: 一の目潟マール産沈積岩捕獲岩からの制約

*津島 直哉[1]、中村 美千彦[1]、柳田 泰宏、吉田 武義[1] (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講座)

空中重力偏差法探査からみたカルデラ構造
Caldera structure delineated by airborne gravity gradiometry

*二ノ宮 淳[1]、石川 弘真[1]、野上 俊介[1]、中里 佳央[1]
*Atusi NINOMIYA[1], Hiromasa ISHIKAWA[1], Shunsuke NOGAMI[1], Yoshio NAKASATO[1]

1. 住鉱資源開発株式会社
1. Sumiko Resources Exploration and Development Co., Ltd.

空中重力偏差法探査（例えば，JOGMEC，2017）により，カルデラの陥没構造がカルデラ外形に沿った方向の割れ目とそれを切る放射状割れ目との組み合わせからなる多角形を呈することが明らかとなった。この多角形構造は，探査が実施された地域に分布する第四紀カルデラ（屈斜路カルデラ，弟子屈カルデラ，先焼山カルデラ，三途川カルデラ，栗駒山南麓カルデラ，鬼首カルデラ，花山カルデラ，塩原カルデラ，猪牟田カルデラ，阿蘇カルデラ）で共通して見出されたものである。

最近では，空中重力偏差法探査データを用いて，カルデラ構造を可視化できる3次元解析も実施されている。

引用文献：JOGMEC，2017，平成28年度地熱資源ポテンシャル調査報告書

キーワード：空中重力偏差法探査、カルデラ構造
Keywords: airborne gravity gradiometry, caldera structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

カルデラ形成噴火最初期の細粒流れ堆積物
The initial fine ash deposit of the Shikotsu caldera-forming eruption at ca. 45 ka

*富島 千晴[1]、三浦 大助[1]、上澤 真平[2]、宮坂 瑞穂[3]
*Chiharu Tomijima[1], Daisuke MIURA[1], Shimpei Uesawa[2], Mizuho Amma-Miyasaka[3]

1. 大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻、2. 電力中央研究所　地球工学研究所　地圏科学領域、3. 北海道大学 大学院理学研究院
1. Department of Physical Science, Graduate School of Science, Osaka Prefecture University, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Graduate School of Sciences, Hokkaido University

カルデラ噴火は，火山噴火の中でも最も爆発的な噴火現象である．カルデラ噴火の発生頻度は，我が国では平均して10,000年に一回程度と低頻度であるが，甚大な被害を地球規模で引き起こすと考えられている．我国には，複数のカルデラ火山が存在するが，有史時代に巨大なカルデラ噴火が発生したことはなく，そのような噴火の観測やモニタリングの記録はない．従って，現存する堆積物から噴火に関わる情報を読み解く地質学的手法が有用であると考えられる．本研究では北海道のカルデラ火山である支笏カルデラの最初期の堆積物を対象として研究を行った．

支笏カルデラ火山は、北海道南西部に位置し，約42,000-45,000年前に起こった大規模珪長質噴火によりカルデラが形成された．このカルデラ噴火堆積物の層序研究から次のような噴火シークエンスが推定されている．まず最初期に，マグマ水蒸気爆発が発生した．続いて，大きな時間間隙を示すことなくプリニー式噴火が発生し，降下軽石堆積物が堆積，そしてそれらを覆って大規模火砕流堆積物が堆積した．本研究では，カルデラ噴火の始まりの現象に着目し，最初期のマグマ水蒸気爆発堆積物について，詳細な地質調査を実施した．その結果，降下軽石堆積物の下位に，極めて広範囲に薄く拡がる細粒火山灰層（A1堆積物）を発見し，これが高温の流れ堆積物である可能性を見出したのでここに報告する．

支笏カルデラ形成噴火堆積物の最下層は，マグマ水蒸気爆発起源と考えられる2種類の堆積相が認識される．本研究では，最下部に位置し，結晶質火山灰からなる薄層（A1堆積物）を新たに認識した．上位のA2堆積物は，薄い降下軽石堆積物と火山豆石を含む細粒火山灰層の互層からなる．A1堆積物は，支笏降下軽石堆積物（Spfa-1）の基底部に存在し，クッタラ第一降下軽石（Kt-1）より上位の褐色火山灰質古土壌を直に覆う．この層序学的位置，主に支笏カルデラの東麓側で認められる空間的分布，46,444–45,146 cal yBP (2σ)を示す^{14}C年代測定結果，そして火山ガラス組成分析の結果から，A1堆積物は，支笏カルデラ噴火の最初期堆積物と考えられる．A1堆積物は，肉眼観察で，２つのサブユニットに細分可能である．上部相は細粒から中粒砂サイズで結晶に富む結晶質火山灰からなる(最大30 mm)．下部相 (最大層厚4 mm)はシルトサイズの細粒火山灰でシート状の炭化物を含む．上部相である結晶質火山灰の下底面は，下部相，炭化物相，古土壌を削って波打っているが，上面は平坦な堆積面を保持し，谷埋め相を呈していること，下位層の一部や炭化木片を内部に取り込むことから，A1堆積物は流れ堆積物と考えられる．

A1堆積物を，近傍から遠方にかけて8地点で採取し，0.5φ刻みで粒度分析を行った．その結果、中央粒径(Mdφ)は，カルデラ中心から北北東13km地点で1.26φ，南東70km地点2.25φとなった．また淘汰度(σφ)は，0.38～0.83となり，非常に淘汰が良いことが明らかとなった．この事実は，A1堆積物が，給源からの距離に比例せず，一定の粒度組成を保持したまま70kmの距離を流走し，非常に広範囲に拡がったということを示す．この粒度分析結果を，中央粒径一淘汰度図にプロットすると，全ての試料が降下軽石堆積物の領域に含まれた．これはA1堆積物が細粒で極めて淘汰が良いことを示している．また，軽石を含む降下堆積物であるA2堆積物が，給源からの距離に比例して層厚を減することに対し，A1堆積物は，粒度，層厚共に大きく変化しないという特徴をもつ．

以上から，A1堆積物の重要な特徴は次の3点である．(1) 流れ堆積物の特徴を示すこと．(2) 層厚変化に乏しいこと．給源から約10 km地点で最大層厚30 mm，約70 km地点で最大層厚10 mmである．(3) 構成粒子の粒径がほとんど変化しないこと．（2）と同じ距離で，中央粒径の変化は1φ程度であり極めて小さい．A1堆積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

物のこのような特徴は，通常のプリニー式噴火やマグマ水蒸気爆発の堆積物とは大きく異なっている．すなわち，極めて遠方まで拡がる，希薄で高温な流れをもたらす噴火様式が必要であることを強く示唆している．このような噴出物の存在は，本格的なカルデラ噴火の前に， 数10km四方の領域が，希薄で高温の流れに襲われた可能性を示すものであり，カルデラ噴火最初期の噴火様式について新たな視点を与えるものである．

キーワード：カルデラ、輸送システム、噴火ダイナミクス
Keywords: Caldera, transport system, eruption dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

口永良部島で2018年12月から2019年1月に発生した火砕流の特徴
Characterization of the Small-volume Pyroclastic Flows from the Kuchinoerabu-jima Volcano during 2018-2019, Southwest Japan

*古川 竜太[1]、及川 輝樹[1]、下司 信夫[1]
*Ryuta FURUKAWA[1], Teruki Oikawa[1], Nobuo Geshi[1]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター
1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

火口から数百～数㎞程度流下する小規模な火砕流は、様々な噴火様式で発生することから発生頻度が高い現象である．しかし，火砕流は突発的に発生し比較的短期間の間に現象が終了するので直接の詳しい観察例の報告は多くはない．口永良部島火山では2018年12月18日，2019年1月17日，1月29日に発生した噴火で小規模な火砕流が発生した．それぞれの火砕流について，分布や堆積状況や速度の復元などが行えるような映像が得られたので，その判読結果を報告する．

気象庁監視カメラの映像によると，2018年12月18日および2019年1月17日の噴火で発生した火砕流は，いずれも噴火直後に噴煙柱の一部が崩れて発生した．気象庁などにより噴火直後に航空機から撮影された写真を判読した結果，2018年12月18日の火砕流は，新岳火口（中心）から，北西側1.1㎞，南西側0.9㎞，東側0.9㎞の範囲に分布していた．火砕流は，火口周辺では面的に流れ下ったが，山麓に下るにしたがって，地形的に低所の谷沿いを流れ下り，ローブ状に噴出物を堆積させたことが写真から読みとれる．空中写真では樹木の燃えた跡や，火砕流によって立木が倒れた様子はなかった．2019年1月17日の火砕流は，北西側1.9㎞，南西側1.5㎞，東側１㎞の範囲であったが，東側では火砕流の末端部を観察できなかった．火砕物が厚く堆積した領域，火砕物が薄く堆積して，樹木を倒壊させている領域，火山灰が植生に付着して白色～灰色に変色している領域の3種類が認識された．3番目の領域は火砕流の灰かぐらによるものである可能性が高いが，森林火災によると思われる白煙が観察された場所があることから，高温の物質が含まれることを示唆する．2019年1月29日に発生した火砕流は火口からあふれ出るように発生した．気象庁監視カメラの映像から火砕流は新岳火口から西側山麓斜面に最大約600m程度の流下したことが判別できたが，東側については観察記録がない．これらの火砕流は2014～2015年に発生した火砕流の分布（Geshi et al., 2016）と比較すると，同程度か小規模であり，新岳火口の西側に多くの火砕物が流下する傾向は変わっていない．現地での噴火堆積物の検証が期待される．

気象庁の監視カメラ映像を基に、火砕流の流下速度を計測して，2015年の火砕流と比較した．火砕流の平均流下速度は5-47m/sの範囲で，約20-30m/sの値を示すものが多い．最も遠方まで流れた2015年5月29日の火砕流が最も速く，最も短距離であった2019年1月29日が最も遅い．2019年1月29日の火砕流は発生様式が異なるが，それ以外の火砕流は噴煙柱の一部が崩れて発生した点で共通しており，速度の高い火砕流ほど流下距離が長い傾向を示す．小規模な火砕流について複数の発生・流動機構が観察されたことは，過去の噴火堆積物から噴火形態を復元する際に重要な事例となる．

謝辞：気象庁福岡管区気象台地域火山監視・警報センターおよび鹿児島地方気象台には噴火の映像を提供していただいた．ここに記して感謝いたします．

キーワード：口永良部島、火砕流、噴火
Keywords: Kuchinoerabu, pyroclastic flow, eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山の成因とフィリピン海プレートの形状
An explanation of size and position of Mt. Fuji

*原田 靖[1]、高橋 美優[1]
*Yasushi Harada[1], Miyu Takahashi[1]

1. 東海大学 海洋学部 海洋地球科学科
1. School of Marine Science and Technology, Tokai University

日本を代表する富士山には３つの特異性を持つ. 1つはその大きさで, 500km^{3}から1400km^{3}と標準的火山の体積の数倍以上である. ２つ目はその位置で, 那須火山帯から富士山を北端とする富士火山帯までに約200kmの火山空白域が存在する. ３つ目はその深さで, 那須火山帯の多くの火山が100km程度の太平洋プレートの等深線に沿って分布しているのに対し, 富士山付近では約150kmの等深線上にあるということである. 一方, 石賀・梅原(2014)は, 3D描画機能を持つプログラミング言語のVRMLを用いて, 日本列島の地下構造モデルを作成しており, このモデル中のフィリピン海プレートの形状(弘瀬ら, 2008を使用)は, 富士山を中心に逆お椀型の特徴的な形状をしている．そこで本研究では, 富士山の３つの特異性の原因は, フィリピン海プレートの形状に起因するとしてマグマ上昇経路の３次元シミュレーションを行った．その結果, 上の空白域のどの場所から上昇するマグマもフィリピン海プレートに遮られて最終的に富士山付近に到達するという結果が得られた．つまり複数の場所から上がったマグマがフィリピン海プレートの下面を伝って富士山の位置に集まりことで, 富士山が巨大化し, かつ富士山の周辺には火山が出来ないことが示された.

さらに今回用いた弘瀬ら(2008)フィリピン海プレート形状モデルとMatsubara et al.(2017)の地震波速度構造を比較を行い, 一部両者の整合性が悪い場所も見られながらも後者でもフィリピン海プレートの逆お椀型の構造が認められた.

以上から, 大きさ, 位置, 深さの富士山の３つの特異性は, フィリピン海プレート形状のみで説明できると結論付けられる.

キーワード：富士山、フィリピン海プレートの形状、３次元シミュレーション
Keywords: Mt. Fuji, Philippine sea plate, 3D simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

非地震性ベーリングスラブの沈み込みによるカムチャッカ最北端における島弧火成活動

Arc magmatism in the northernmost part of Kamchatka caused by the aseismic subducted Bering slab

*西澤 達治[1]、中村 仁美[2,3,4,5]、Tatiana Churikova[6,7]、Boris Gordeychik[6,8]、Maria Pevzner[9]、石塚 治[2,10]、岩森 光[3,4,11]
*Tatsuji Nishizawa[1], Hitomi Nakamura[2,3,4,5], Tatiana Churikova[6,7], Boris Gordeychik[6,8], Maria Pevzner[9], Osamu Ishizuka[2,10], Hikaru Iwamori[3,4,11]

1. 東京工業大学理学院火山流体研究センター、2. 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、3. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、5. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、6. ゲッティンゲン大学地球科学センター、7. ロシア科学アカデミー極東支部火山地震研究所、8. ロシア科学アカデミー実験鉱物研究所、9. ロシア科学アカデミー地質学研究所、10. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、11. 東京大学地震研究所
1. Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 2. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST, 3. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Depeartment of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 5. ORCeNG, Chiba Institute of Technology, 6. GZG, Abt. Geochemie, Universität Göttingen, 7. Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, 8. Institute of Experimental Mineralogy, Russian Academy of Sciences, 9. Geological Institute, Russian Academy of Sciences, 10. R & D Center for Ocean Drilling Science, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 11. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

沈み込むスラブやプレートの縁部はジオダイナミクスに重要な役割を果たす．例えばプレート境界の強度はプレートの駆動応力やスラブを持たない比較的小さなプレートの回転運動に寄与し（Matsuyama and Iwamori, 2016），沈み込んだ非地震性スラブエッジ起源の流体が地震から推定されるスラブエッジを超えた地域の島弧火成活動に寄与する（Nakamura et al., 2018），スラブエッジの周囲とマントルウェッジ内のマントルフローはそれぞれ，マントル対流におけるトロイダル成分とポロイダル成分を発生させる（Yogodzinsky et al., 2001）．世界最大の海洋プレートである太平洋（PAC）プレートの北西端はカムチャッカの下に沈み込んでおり，3つのほぼ平行な火山帯：Eastern Volcanic Front (EVF), Central Kamchatka Depression (CKD) and Sredinny Range (SR)，から成る巨大な火山弧を形成している．PACプレートの北西端はカムチャッカーアリューシャン弧の交点におけるジオダイナミクスに大きな影響を与えているが，その大半が未解明のままである．例えば，岩石学的に推定されるマントルウェッジ側方方向の温度変化と構造場から予想されるマントルフローの向きとの間の矛盾や，その交点よりも北側における島弧火成活動である（例えば Yogodzinski et al., 2001; Portnyagin et al., 2005; Portnaygin and Manea, 2008）．

我々は，地震学的に推定されたPACスラブエッジより北側に位置する北部SR地域（N-SR），北緯58°05′～58°38′の範囲を調査し，古い楯状溶岩の上に形成された複数の新鮮な第四紀の溶岩流，単成火山や成層火山を発見した．N-SR溶岩は中-K系列に属する玄武岩～安山岩であり，LILEやLREEに富む一方HFSEに乏しい典型的な島弧溶岩の特徴を持つ，これは，地震学的に沈み込んだスラブが発見されていない地域に流体成分が供給されたことを示す．この流体成分のソースとして下部地殻やリソスフェア性マントル或いは非地震性のスラブが挙げられる（例えばVolynets et al., 2010; Nekrylov et al., 2018）．一方，火山フロントのEVFやCKDのKlyuchevskoy火山群の溶岩に比べN-SR溶岩はNbとTaに富む．そのようなNbとTaに富む島弧溶岩は他にも南部SR（S-SR）の第四紀火山（例えばVolynets et al., 2010; Nekrylov et al., 2018）やCKDの最北端に位置するNachikinsky火山とHailula火山（Portnyagin et al., 2005）から報告されている，これらの地域の下には何れもPACスラブの沈み込みに伴う活動的な和達-ベニオフ面が見られないという共通点がある（Gorbatov et al., 1997）．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

一方，我々はN-SRを北西－南東方向に横断する左横ずれ断層を発見した，また同様の断層がN-SRの南側にも複数認められる．それらの断層は7-2 Maにかけて“Kronotski Arc terrain”がカムチャッカに衝突した際の，スラブロールバックを伴う南東方向への海溝後退により形成されたと考えられる．その大規模な変動は，古い沈み込み帯の北部を消滅させ現在の沈み込み帯の構造を形成した（Lander and Shaprio, 2007; Volynets et al., 2010）．しかし，ベーリング（BER）プレートと北部の大陸プレートとの境界付近で発生した地震の震源メカニズム解によれば，BERプレートは北緯67˚，東経176˚地点を軸に時計回りに回転していると考えられる（Gordeev et al., 2015）．このモデルは，BERプレートが北部の古い海溝から今尚沈み込んでおり，この海溝の収束速度は北側へと減少していることを意味する．これはN-SRにおいて若い（第四紀）火山の数が北側へと減少する観測事実と整合的である．従って，沈み込んだ非地震性のBERスラブがその流体成分をマントルウェッジに供給し，地震学的に推定されるPACスラブエッジよりも北側において島弧火成活動を引き起こしていると考えられる．また，高いNbとTaを含む肥沃なマントル成分がカムチャッカの最北端～背弧地域に供給されたプロセスとして次の2つが挙げられる，１）北部PACスラブ周囲のトロイダルフロー，及び２）南東方向へのスラブロールバックに伴う北西方向からのマントルフロー．

キーワード：スラブエッジ、太平洋プレート、カムチャッカ
Keywords: slab edge, Pacific Plate, Kamchatka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本弧地殻深部におけるマグマの酸化還元状態: 一の目潟マール産沈積岩捕獲岩からの制約

Redox state of magma in the deep crust beneath NE Japan arc: constraints from cumulate xenoliths from Ichinomegata Maar

*津島 直哉[1]、中村 美千彦[1]、柳田 泰宏、吉田 武義[1]
*Naoya Tsushima[1], Michihiko Nakamura[1], Yasuhiro Yanagida, Takeyoshi Yoshida[1]

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講座
1. Division of Earth and Planetary Materials Science, Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University

Significant number of previous studies suggest that arc magmas have relatively higher fO_2 than that of mid ocean ridge basalt (MORB) or oceanic island basalt. It has been a matter of debate whether the oxidized nature of subduction zone magmas is derived from the mantle source or acquired through their differentiation in the crust. Behavior of sulfide and sulfate is sensitive to and thus can be a tracer of the redox state (or oxygen fugacity, fO_2) of magmas, because the valence state of sulfur in the magma changes from -2 to +6 through oxidation. The arc's lower crust in the subduction zones has been recently attracting many attentions as a region where magmas may change their chemical compositions significantly. The Ichinomegata maar, located in the back arc of NE Japan, is known for the rare occurrence of deep-crustal xenoliths in subduction zones. A recent petrographic study revealed that mafic xenoliths are fractionated cumulates of the calc-alkaline host magmas (Yanagida et al., 2018). Those cumulates are, therefore, the best samples to investigate the differentiation conditions of arc magmas.

In this study, we found both pyrrhotite and anhydrite from the deep crustal mafic xenoliths from the Ichinomegata maar. Almost all the pyrrhotite grains occur as small rounded inclusions whereas some as relatively large irregular shaped interstitial phases. Pyrrhotite inclusions are mainly in hornblende and some inclusions are in clinopyroxene and plagioclase. Magmatic pyrrhotite shows approximately constant non-stoichiometoric compositions (Fe+Ni+Cu/S) and a trend from Ni-rich to Cu-rich metal composition. Anhydrite occurs as inclusions in plagioclase. The occurrence of anhydrite and the fO_2 calculated from the pyrrhotite non-stoichiometry show fO_2 of +1 log unit above Ni-NiO buffer, which is almost the same as the average value of arc magmas and clearly higher than that of MORB. This study shows that the oxidized nature of the magmas of the Ichinomegata-maar was already achieved in the deep crust and the shallow oxidation model should be discarded.

キーワード：硫化鉱物、硫酸塩鉱物、一の目潟マール、苦鉄質捕獲岩
Keywords: Sulfide , Sulfate , Ichinomegata maar, Mafic xenoliths

©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26日(日) 13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC36] 火山・火成活動と長期予測

コンビーナ:及川 輝樹(国立研究開発法人産業技術総合研究所)、長谷川 健(茨城大学理学部地球環境科学コース)、三浦 大助(大阪府立大学 大学院理学系研究科 物理科学専攻)、下司 信夫(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:古川 竜太、及川 輝樹

マグマ発生から移動・蓄積、マントルや地殻との相互作用、脱ガス、噴火様式、火山活動の長期予測、噴出物の運搬・定置過程など、マグマの挙動の各過程に関する話題を議論する．また、噴火の確率論的な研究、短・長期的な火山・火成活動史、マグマの物性や各種技術の開発に関する話題も対象とする．

13:45 ~ 14:00

[SVC36-13] キュリー温度以下における流紋岩溶岩の変形：神津島砂糠山溶岩

*神尾 匠真[1]、古川 邦之[2]、金丸 龍夫[3]、宇野 康司[1] (1.岡山大学、2.愛知大学、3.日本大学)

14:00 ~ 14:15

[SVC36-14] Evolution of magmatic chemistry for the Asama-Maekake volcano since 10ka revealed by whole-rock chemical analysis of pumice obtained by the trenching of air-fall tephra deposits

*高橋 正樹[1]、安井 真也[1]、金丸 龍夫[1] (1.日本大学文理学部地球科学科)

14:15 ~ 14:30

[SVC36-15] 恵山火山南麓の後期更新世―完新世テフラ堆積物：トレンチ調査結果報告

*三浦 大助[1]、古川 竜太[2]、荒井 健一[3] (1.大阪府立大学 大学院理学系研究科、2.産総研　活断層・火山研究部門、3.アジア航測)

14:30 ~ 14:45

[SVC36-16] 北海道東部，雌阿寒岳，1.4万年前の中マチネシリ噴火の噴火推移とマグマ供給系の変遷

*石毛 康介[1,2]、中川 光弘[1] (1.北海道大学大学院理学院、2.三菱マテリアル（株）)

14:45 ~ 15:00

[SVC36-17] 諏訪之瀬島火山におけるマグマ供給系と噴火・休止様式の変遷

*嶋野 岳人[1]、安田 敦[2] (1.常葉大学大学院環境防災研究科、2.東京大学地震研究所)

15:00 ~ 15:15

[SVC36-18] 三宅島火山における過去約2700年間のマグマ組成の変化

*下司 信夫[1]、及川 輝樹[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

キュリー温度以下における流紋岩溶岩の変形：神津島砂糠山溶岩
Deformation of a rhyolite lava below the Curie temperature: the Sanukayam lava in Kouzusima Island, Japan

*神尾 匠真[1]、古川 邦之[2]、金丸 龍夫[3]、宇野 康司[1]
*Takuma Kamio[1], Kuniyuki Furukawa[2], Tatsuo Kanamaru[3], Koji Uno[1]

1. 岡山大学、2. 愛知大学、3. 日本大学
1. Okayama University, 2. Aichi University, 3. Nihon University

流紋岩溶岩は粘性が極めて高く、層厚が100mを超えることもある。その厚さと表面のブレッチャにより内部は保温されるので、流動停止後に内部の流動的な溶岩が先端を突き破り (ブレイクアウト)流出することが報告されている (Magnall et al, 2018)。このような時間差のブレイクアウトは災害に発展することも考えられる。そのため、流紋岩溶岩の流動特性を理解する必要があるが、噴出頻度が小さいため直接観察される機会はほとんどない。そこで本研究では、数万年前に噴出したと考えられる神津島砂糠山溶岩の磁気的研究を行い、冷却中における流動様式を明らかにすることを目的とした。

古地磁気試料は溶岩内部の結晶質層の1地点 (7サンプル)、その上部の黒曜石層から1地点 (10サンプル)と黒曜石内部の自破砕脈(Isshiki, 1982; Furukawa et al., 2019)の直上から1地点 (4サンプル)および表面の軽石層の4地点 (各29サンプル)から採取し熱残留磁化(TRM)を測定した。黒曜石部と軽石部を合わせてガラス部と称する。TRM測定の結果、直交面投影図上において、結晶質層および破砕脈直上では各熱消磁段階におけるTRM成分の方位に変化は見られず、単一成分を示した。一方、軽石層の3地点と黒曜石層の1地点では、直交面投影図上において、480℃以下のTRM成分が2回変化していることが明瞭に見られた。軽石の残り1地点では特徴的残留磁化は見られなかった。このことから、流紋岩溶岩内部の流動の過程でガラス質部は、580℃以下において少なくとも２回の変形を被ったことが推察される。またそれらの変形は、溶岩上部の地点ほど低い温度で見られた。これは溶岩内部の温度差であると解釈できるため、各地点における2度の変形はそれぞれ同時に生じたと考えて矛盾はない。軽石層の3地点は変の傾向が互いに似ているのに対して、黒曜石層はそれと傾向が異なることから、流紋岩溶岩の厚いガラス質部は完全に一様な運動ではなかったと考えられる。破砕脈直上の地点では、スフェルライト形成による再加熱のため (Furukawa et al., 2019)TRMがリセットされ、単一成分になったと説明できる。

キーワード：流紋岩溶岩、黒曜石、溶岩変形、神津島、古地磁気学
Keywords: Rhyolite lava, Obsidian, Lava deformation, Kozushima, Paleomagnetism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolution of magmatic chemistry for the Asama-Maekake volcano since 10ka revealed by whole-rock chemical analysis of pumice obtained by the trenching of air-fall tephra deposits

*高橋 正樹[1]、安井 真也[1]、金丸 龍夫[1]
*Masaki Takahashi[1], Maya Yasui[1], Tatsuo Kanamaru[1]

1. 日本大学文理学部地球科学科
1. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University

The high-resolution stratigraphy of pumice deposits, which were formed by the pumice eruptions of Asama-Maekake volcano, is revealed by the trenching. It is clarified that the pumice beds consist of twenty-three units from As1 to As23 and the eruptive history comprises three active stages (I (9.5 to 8.3ka), II (6.5 to 4.7ka) and III (1.8ka>)) and two dormant stages (1 (8.3 to 6.5ka) and 2 (4.7 to 1.8ka)). The major element chemistry for pumice clasts of each pumice bed are analyzed by XRF. The pumice of the active stage I and II are enriched in Al_2O_3 and depleted in CaO, suggesting that both suffered chemical weathering. The pumice clast of the active stage III with high MgO, which is free from chemical weathering, are also high in FeO* and MnO, and depleted in TiO_2, P_2O_5 and Na_2O. The pumice in the active stage I and II shows also the similar tendency. The SiO_2 contents for most pumices of As15 to As22 are less than 60wt% and mafic andesite, while those of As1 to As13 are more than 60wt% and felsic andesite to dacite. The MgO content at 58wt%SiO_2 (Mg_{58}) of pumice of each pumice bed repeats the increase and decrease with time, but it appeares to increase temporally as a whole. It means that the MgO content of mafic end -member magma fed to the magma chamber filled with felsic end-member magma changes with time, because the pumice of Asama-Maekake volcano is produced by the magma mixing between mafic end-member magma with various MgO contents and felsic end-member magma with similar SiO_2 and MgO contents.

キーワード：浅間前掛火山、テフラ層序、全岩化学組成
Keywords: Asama-Maekake volcano, tephra stratigraphy, whole-rock chemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

恵山火山南麓の後期更新世ー完新世テフラ堆積物：トレンチ調査結果報告
Late Pleistocene–Holocene tephra ejecta in the trench log at the southern apron of Esan volcanic complex, Japan

*三浦 大助[1]、古川 竜太[2]、荒井 健一[3]
*Daisuke MIURA[1], Ryuta FURUKAWA[2], Kenichi Arai[3]

1. 大阪府立大学 大学院理学系研究科、2. 産総研　活断層・火山研究部門、3. アジア航測
1. Graduate School of Science, Osaka Prefecture University, 2. Institute of Earthquake and Volcano Geology, GSJ/AIST, 3. Asia Air Survey

1．はじめに

恵山火山の完新世水蒸気爆発堆積物を精査し，同火山の噴出物層序とハザードエリアの推定を目的として，恵山火山南麓にある火山麓扇状地上の2地点において，トレンチ調査を実施した．恵山火山は，山麓の居住地と火口の距離が近く，水蒸気爆発は居住者への脅威となりうる現象である．我々は，2地点でトレンチ調査のための重機掘削を行い，深さ5mほどのトレンチ壁面を成型し，多数の火山砕屑物と古土壌からなる堆積物の詳細な観察を行った．あわせて，堆積物の噴出年代を推定するために，11個の黒色古土壌と炭化木片試料を採取し，^{14}C年代測定を実施した．これら水蒸気爆発堆積物の給源と考えられる爆裂火口は，トレンチ地点A（函館市柏野町）と地点B（同恵山町）からそれぞれ2.2kmと2.6kmの距離にある．このような火口と堆積物の近接は，トレンチ壁面に露出するこれら堆積物が近傍相であることを示している．

2．トレンチ調査結果の概要

トレンチ地点Aでは，EsMP層準の直下に，完新世最初の水蒸気爆発堆積物が見出され，直下の黒色古土壌の年代測定値から，およそ11 kaの堆積物と考えられた．本研究ではEs–0（仮称）と呼ぶ．すなわち，これまで知られていなかった水蒸気爆発エピソード(Es–0) が，完新世マグマ噴火エピソード(EsMP) の前に起こったことを示している．また，トレンチ地点Bでは，水蒸気爆発エピソードであるEs-1とEs-3が，薄い黒色古土壌を挟む3層および5層のサブユニットに細分された．これらには火砕サージ堆積物が挟在されることも確認された．従って，既に知られている山体中央部のEs-3，東麓のEs-4, 5, 6に加え，南麓でも火砕サージ堆積物が見出されたことから，完新世の水蒸気爆発エピソードでは，恒常的に火砕サージを伴ったものと考えられる．これまでの研究成果と総合して，恵山火山の完新世噴火シークエンスを整理すると，1万年間に少なくとも8回の噴火エピソードがあり，13枚の水蒸気爆発堆積物が堆積したことになる．すなわち，約1000年に1回程度の割合以上で，堆積物が残る規模の水蒸気爆発が生じたものと考えられる．

トレンチ壁面で観察された，水蒸気爆発堆積物の特徴を整理すると，少なくとも以下の2点を指摘することが可能である．(1) 水蒸気爆発堆積物の多くが近傍相であることから，運搬距離が短く，淘汰の悪い堆積物になりやすい。従って，水蒸気爆発堆積物の粒度組成は，堆積物毎に大きく異なり離散的な値を示すと予想される．(2) トレンチ地点AとBでは，完新世水蒸気爆発堆積物の数が大きく異なった．地点AとBの間には，地形的な障壁として，古い溶岩ドーム岩体(Ss) があり，このような地形効果も水蒸気爆発堆積物の分布に大きな制約を与えるものと推察される．いずれも既に予想されていたことであるが，今回のトレンチ調査によって改めて確認されたものと考えられる．

本研究には，文部科学省次世代火山研究人材育成プロジェクト研究の一部を使用した．

キーワード：恵山火山、水蒸気爆発、トレンチ調査
Keywords: Esan volcanic complex, phreatic explosion, trench excavation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道東部，雌阿寒岳，1.4万年前の中マチネシリ噴火の噴火推移とマグマ供給系の変遷

Transition of eruption sequence and magma plumbing system at the 1.4 ka Nakamachineshiri eruption of Me-Akandake volcano, eastern Hokkaido, Japan.

*石毛 康介[1,2]、中川 光弘[1]
*Kosuke Ishige[1,2], Mitsuhiro Nakagawa[1]

1. 北海道大学大学院理学院、2. 三菱マテリアル（株）
1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Mitsubishi Materials Corporation

雌阿寒岳火山は阿寒カルデラの南西壁上に形成した複成火山であり，８つの火山体から構成される（勝井，1951）．中マチネシリは雌阿寒岳火山の中で最も爆発的な噴火をした火山体で，現在も活発な噴気活動が続いている活火山である．その活動のうち，特に約14,000年前の噴火は中マチネシリ火口活動期１（NC-1）と呼ばれ，火砕流や降下火砕物を山麓から遠方へ広く分布させた（例えば，和田，1989；安齋・和田，2012）．しかし，詳細な地質学的研究は報告されておらず，噴火推移の詳細については明らかでない．また，岩石学的検討についても，噴火推移の変遷と関連付けたマグマ供給系の検討はなされていない．

今回，我々はNC-1の噴火履歴と個々の噴火様式を明らかにするために，火山地質学的調査を実施した．さらに噴火時の火道の発達過程および深部のマグマ供給系の構造を検討する目的で，堆積物中の構成物分析や全岩化学組成分析を行った． その結果，NC-1の詳細な噴火推移と，それに対応する苦鉄質マグマの変遷が明らかとなったのでここに報告する．

NC-1噴火堆積物は地質学的調査によって，４つのユニット（ユニット1～4）に区分された．

ユニット１は山麓及び遠方では成層したシルト質火山灰層の上位に，火砕流堆積物と火山豆石を含む火砕サージ堆積物との互層からなり，火口近傍では火砕サージ堆積物からなる．全体的に変質し構成物に岩片が多いのが特徴である．ユニット２は火砕サージ堆積物および火砕流堆積物からなり，火口近傍から山麓及び遠方まで分布するが，山麓では火砕流堆積物が卓越する．火砕流堆積物中には新鮮な安山岩質溶岩を特徴的に含む．これらの溶岩は鏡下観察の結果，溶結火砕岩であることが分かった．ユニット３は主に軽石とスコリアからなる本質物質に富む降下火砕物であり，火口近傍では南西部に厚く堆積し，降下火砕物の間に火砕サージ堆積物を挟む．このユニットが和田ほか（1988）により記載されたNaPS降下火砕物である．ユニット４は火口近傍のみ分布し，火砕サージからなり構成物はスコリアと岩片が多いのが特徴である．ユニット１とユニット２の間には，侵食間隙が認められ，時間間隙が存在したと考えられる．

NC-1噴出物の岩石はスコリア，軽石及び縞状軽石からなる玄武岩質安山岩～デイサイトである．SiO_2量はスコリアで55.0～58.1 wt.%，軽石で62.5～64.7 wt.%である．斑晶量は6～29 vol.%程度，斑晶鉱物として斜長石，斜方輝石，単斜輝石及び不透明鉱物からなり，かんらん石斑晶が認められることもある．多くの元素はハーカー図上において，軽石とスコリアはそれぞれ異なるトレンドを示す傾向がある．ユニット間で比較すると，軽石では区別できないが，スコリアではP_2O_5やSrの元素でトレンドが異なるため，区別が可能である．

これらの結果から，本研究ではNC-1を，時間間隙に基づいてユニット１に対応する活動をステージ１と，ユニット２～３に対応する活動をステージ２に大別した．その推移は以下のとおりである．

最初の活動であるステージ１では，マグマが上昇する過程で帯水層と接触し，マグマ水蒸気噴火が発生し，爆発的な噴火を繰り返すことによって火口を拡大した．

その後，時間間隙を挟んで再び苦鉄質マグマが上昇し，ステージ２の活動が始まった．その活動はまずマグマ水蒸気爆発による火砕サージが卓越し，爆発的な噴火によって，ステージ１において火口内部もしくは近傍に形成された溶結火砕岩を破壊した．そして火砕サージのうち，斜面を下ったのが山麓で火砕流となった．噴

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火最盛期にはマグマ-水の相互作用が低下して噴煙柱が形成しサブプリニー式噴火となり，その後に噴出率が低下してマグマ水蒸気噴火に推移した．

このようにNC-1噴火は火山体に帯水層が発達していたために，噴火様式がマグマ-水の相互作用に支配されたと考えられる．その為，中マチネシリ山体は繰り返されるマグマ水蒸気爆発によって形成されたタフコーンあるいはマールであると考えられる．

キーワード：雌阿寒岳火山、中マチネシリ、マグマ水蒸気爆発、噴火推移
Keywords: Me-Akandake volcano, Nakamachineshiri, phreatomagmatic explosion, eruption sequence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

諏訪之瀬島火山におけるマグマ供給系と噴火・休止様式の変遷
Kilo-year-evolution of magma plumbing system with dominant modes of eruption at Suwanosejima volcano, Southwest Japan

*嶋野 岳人[1]、安田 敦[2]
*Taketo Shimano[1], ATSUSHI YASUDA[2]

1. 常葉大学大学院環境防災研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Environment and Disaster Research, Tokoha University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

諏訪之瀬島火山は日本で最も活動的な火山の一つであり，少なくとも60年間以上連続的に噴火活動を行っている．一方で，本火山の噴火史に関する知見はまだ少なく，そのマグマ供給系に関する研究も数少ない状況である．嶋野ほか（2013）では本火山の形成史概要を明らかにし，およそ6-7万年前以降の活動は島の中心部にあたる御岳に集中すること，その活動の前半は溶岩流出主体，後半約3万年間は爆発的噴火主体であること，爆発的噴火期前半（約1万年前以前）は長い休止期を挟む軽石噴火（千数百年間隔？）が，現在に至る後半は連続的灰放出を挟むスコリア噴火（数百年間隔）が卓越することなどを明らかにした．一方で，マグマ供給系の変遷についてはほとんど議論されてこなかった．特に，現在も継続しているであろう爆発的噴火期において，約1万年前を境に認められた，上述の卓越する噴火様式・休止様式（あるいは灰連続放出）の変化との関係について理解することは，噴火活動を中長期的に予測・理解する上で極めて重要である．本研究では，岩石学的手法を用いて約1万年間の噴出物について解析を行い，マグマ供給系の変遷について考察した結果を示す．

キーワード：諏訪之瀬島火山、マグマ供給系、メルト包有物
Keywords: Suwanosejima, magma plumbing system, melt inclusion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三宅島火山における過去約2700年間のマグマ組成の変化
Temporal variation of the magma compositions of the Miyakejima volcano during the last 2700 years

*下司 信夫[1]、及川 輝樹[1]
*Nobuo Geshi[1], Teruki Oikawa[1]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Geological Survey of Japan, The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

三宅島火山における約2600~2700年前の八丁平カルデラ形成噴火以降のマグマの全岩化学組成変化を，新たに測定した噴出物の炭素14年代に基づく新しい層序に沿って再解析した．マグマの全岩化学組成の変化から三宅島の同時期の活動は以下の3つのステージに区分できる．１）紀元前6世紀（2500年前）の八丁平噴火から紀元2世紀ごろまで．全岩SiO2量が次第に低下しかつ同時代の全岩SiO2量のばらつきが小さくなり比較的未分化なマグマの噴出が卓越するようになるステージ、２）紀元7世紀から14世紀ごろにかけて．7世紀のすおう穴ー風早噴火末期や9世紀雄山噴火に代表される比較的未分化な玄武岩質安山岩の噴出から、全岩SiO2量が次第に増加しかつ同時代の全岩SiO2量のばらつきが大きくなり、比較的分化した安山岩マグマの噴出が卓越するようになるステージ、３）紀元16世紀～17世紀から20世紀末まで．全岩SiO2量が52～53%の比較的未分化なマグマの噴出が卓越する時期から、20世紀末の噴火に向かって全岩SiO2量が次第に増加しかつ同時代の全岩SiO2量のばらつきが大きくなり、1983年噴火や2000年噴火初期のような比較的分化した安山岩マグマの噴出が卓越するようになるステージ．ステージ２）と３）の開始（7～9世紀および16～17世紀）はいずれも比較的大規模な割れ目噴火が発生していることから、比較的未分化なマグマが浅部のマグマ供給系に注入されることにより、このような活動ステージが駆動されると考えられる．また、ステージ１）と２）、および２）と３）の間には100年程度の噴火の不活発な時期が認められる．

一方、7世紀に北山腹で発生したすおう穴風早割れ目噴火の前半は全岩SiO2量59-63%の極めて分化した安山岩マグマの噴出で特徴づけられる．噴火初期は無斑晶質の安山岩マグマのみが噴出したが、噴火の進行とともに灰長石およびカンラン石の捕獲結晶を多量に取り込んだマグマが噴出した．捕獲結晶の混入により、全岩SiO2量は49～60%までの幅広い組成範囲を示す．すおう穴風早噴火初期の安山岩マグマ噴出は、長期的なマグマ組成の変化トレンドからは外れているため、三宅島火山の長期的な噴火活動を駆動するマグマ溜まり一中心火道のマグマシステムからは孤立した、別のマグマ溜まりから発生した噴火であると考えられる．このような極めて分化したマグマの割れ目火口からの噴出は、伊豆大島1986年噴火のBC火口からの安山岩マグマの噴出と類似している．

キーワード：火山、噴火、マグマ、三宅島
Keywords: volcano, eruption, magma, Miyakejima

©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-TT 計測技術・研究手法

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-TT44] 空中からの地球計測とモニタリング

コンビーナ:楠本 成寿(富山大学大学院理工学研究部(都市デザイン学))、小山 崇夫(東京大学地震研究所)、光畑 裕司(独立行政法人　産業技術総合研究所)、大熊 茂雄(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:楠本 成寿、小山 崇夫(東京大学 地震研究所 火山センター)、大熊 茂雄(産業技術総合研究所)、光畑 裕司(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

空中から地球の構造やその変動を計測することにより，対象地域の全体像の理解とともに局地的詳細像も得ることができる．空中からの地形や各種物理量の計測は，火山，山岳地，極地，陸海境界域等の踏査が困難な地域もカバーし，地上観測と衛星観測との隙間を埋める立場にある．また，繰り返し測定により構造の変化をモニタリングすることも可能である．本セッションでは，理論，計測技術，データ解析法および地球科学への応用研究の発表を歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[STT44-01] マルチコプター型ドローンに搭載した磁力計による磁気探査の金属鉱床探査への適用例

★招待講演

*志賀 信彦[1]、原田 陽夫[1]、和田 一成[1] (1.三井金属資源開発株式会社)

15:45 ~ 16:00

[STT44-02] 航空写真画像の深層学習を用いた地震による建物被害判別手法の汎化にむけた開発

★招待講演

*内藤 昌平[1]、友澤 弘充[2]、森 悠史[2]、門馬 直一[3]、中村 洋光[1]、藤原 広行[1] (1.防災科学技術研究所、2.みずほ情報総研株式会社、3.株式会社パスコ)

16:00 ~ 16:15

[STT44-03] 紀伊山系の岩盤クリープ斜面での空中電磁探査により得られた地盤の比抵抗分布について

*木下 篤彦[1,2]、田中 健貴[2]、桜井 亘[1]、内田 太郎[1]、林 幸一郎[3]、河戸 克志[4]、奥村 稔[4] (1.国土交通省国土技術政策総合研究所、2.国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター、3.応用地質株式会社、4.大日本コンサルタント株式会社)

16:15 ~ 16:30

[STT44-04] Study of UAV photogrammetry toward efficiently grasping volcanic landform

*岩佐 優一[1]、松島 健[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附属地震火山観測研究センター)

16:30 ~ 16:45

[STT44-05] 火山ガス観測における無人機の利用

*橋本 武志[1]、寺田 暁彦[2]、森 俊哉[3]、田中 良[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.東京工業大学火山流体研究センター、3.東京大学理学系研究科附属地殻化学実験施設)

16:45 ~ 17:00

[STT44-06] Repeated Drone Magnetic Survey over Usu Volcano, Hokkaido Japan

*大熊 茂雄[1]、牧野 雅彦[2]、中塚 正[1]、宮川 歩夢[1]、柳田 誠[3]、奥村 稔[4] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.（株）阪神コンサルタンツ、4.大日本コンサルタント（株）)

マルチコプター型ドローンに搭載した磁力計による磁気探査の金属鉱床探査への適用例

A Case Study on the Application of a Magnetic Survey Using Magnetometers Carried by Multicopter-type Drones

*志賀 信彦[1]、原田 陽夫[1]、和田 一成[1]
*Shiga Nobuhiko[1], Harada Haruo[1], Wada Kazushige[1]

1. 三井金属資源開発株式会社
1. Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd.

1．はじめに

本邦においてドローンによる全磁力の測定が、火山のモニタリングに使用されているが、マルチコプター型のドローンではペイロード及び航続距離に限界があり、大型のラジコンヘリが使用され、実績を上げている。一方、金属鉱床探査では、探査対象へのアクセスの制限が火山ほどは厳しくないため、マルチコプター型のドローンでも、短いフライトを繰り返すことで十分に成果を上げることができる。ドローンに磁力計を搭載し、飛行高度50m程度、測線間隔100m程度で、地形に沿って全磁力測定を実施することにより、陸上からの調査より広範囲の磁気探査を概査として迅速に実施することができ、かつ、有人飛行機では得られない分解能で調査が実施可能である。調査前の地元への説明においても、ドローンは既に農業利用等でかなり認知されており、音も比較的静かで住民の理解が得られやすい。

2．調査地と機材の概要

当社では、2017年からドローンによる全磁力測定を国内の金鉱床探査の概査として行っており、飛行測定距離約680kmで調査を実施した。2018年からは10mメッシュ標高データを使用して３次元的な飛行計画を作成し、対地高度40~60mで地形に沿って自律飛行により調査を行っている。調査地は、ほとんどが牧草地及び山林で人口密度はかなり低く、高電圧送電線や携帯電話の送信アンテナ等の鉄塔は殆どない。ドローンはペイロード5.5kgの市販のマルチコプター型のもので、光ポンピング磁力計、４Ｋカメラ、データ収録・処理・通信用ボード等を搭載している。磁力計センサーは、ドローンから約2.5m下に１本のケブラーケーブルで吊るして測定を行っている。

3．測定方法

ドローンは現在巡航速度4~6m/sで測定を行っており、不測の事態に備えて着陸までに30%のバッテリー残量を確保するために１回の飛行距離の目安は3km程度、飛行時間は離着陸を合わせて14~15分程度として飛行計画を作成し、この測定を繰り返している。ドローンは強風に弱く、雨や霧でも飛ばせないため、実際の測定効率は６割程度である。飛行計画の誤り、植生や微地形による不測の障害、風や霧等の状況把握のため、本測定実施前に同じ航路でカメラのみを搭載した小型ドローンでテスト飛行を実施している。また、ドローン測定の時間帯には、固定点で日変化補正用の磁気測定を実施した。

4．測定データの品質とデータ処理

測定した全磁力データの品質は概ね良好で、通常はデータの再現性は非常に良い。タイライン測定を行っても交点における測定誤差は非常に小さい。機体の影響は認められず、特別な機体補正は実施していない。但し、使用している磁力計には、測定ができない磁場の入射方向帯域（以後「不感帯」と呼ぶ）があって、磁力計のセンサーをドローンに固定せず吊るして測定を行うため、磁力計センサーの風による傾斜が大きいと、測定磁場がセンサーの不感帯に入り測定が途切れることがある。飛行速度を増やしすぎたり、飛行速度にばらつきが生じたりすると、センサーが大きく揺動し傾き過ぎてデータの品質が低下する。不感帯に入ったことは測定現場でもモニターでき、１日の測定終了後にはデータの品質チェックを実施し、品質が悪い場合には再測を

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

行った。同一測線上でドローンと陸上測定の結果を比較しても、ドローンでは短波長成分は落ちているが整合的な結果が得られている。

５．測定成果

2017年より開始した調査では、既存の金鉱床及びその周辺域で、地質踏査、地化学探査及び重力探査とともにドローンによる磁気探査を実施した。その結果、同地域で発見された強珪化岩を伴うシリカシンター露頭及びその周辺域で低磁化帯の分布を捉え、これらが重力水平勾配強度のピークと一致することが明らかになり、重力水平勾配強度のピークは断層による密度の不連続、低磁化帯は断層を伝って鉱化作用やシリカシンターをもたらした地熱流体による熱水消磁によるものと解釈された。同シリカシンター及び強珪化岩は金1g/t~銀16g/tの鉱化を受けており、このシンター地帯の下部に浅熱水金銀鉱床が期待されている。

６．今後の展望

ドローンによる磁気探査は有人飛行機による探査に比べて、実際の測定の準備作業が非常に少なく、少ない人数で実施可能なため、小回りが利き、天候等の早い状況の変化にも対応が可能である。今後、ドローンの様々な分野への応用とともに、より安全で、比較的小型でかつペイロードが大きく、航続距離の長いドローンが市販されてくれば、より効率的な低空の空中磁気探査が可能になると期待できる。

【謝辞】

ドローンによる磁気探査の実施の機会と本調査結果の発表を許可していただいたカナダIrving Resources社の関係各位に、深く感謝いたします。

キーワード：磁気探査、ドローン、金属鉱床
Keywords: magnetic survey, drone, mineral exploration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空写真画像の深層学習を用いた地震による建物被害判別手法の汎化にむけた開発

Development for upgrading the generalization capability of the seismic damage detection of building based on the deep-learning utilizing aerial photographs

*内藤 昌平[1]、友澤 弘充[2]、森 悠史[2]、門馬 直一[3]、中村 洋光[1]、藤原 広行[1]
*Shohei Naito[1], Hiromitsu Tomozawa[2], Yuji Mori[2], Naokazu Monma[3], Hiromitsu Nakamura[1], Hiroyuki Fujiwara[1]

1. 防災科学技術研究所、2. みずほ情報総研株式会社、3. 株式会社パスコ
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Mizuho Information and Research Institute, Inc., 3. Pasco Corporation

防災科研では災害発生直後の意思決定支援を目的としてリアルタイム被害推定・状況把握システムの開発を進めている．本研究では，地震動に基づくリアルタイム被害推定の不確実性を補完する手段として，リモートセンシング画像を用いて広域の建物被害状況を迅速に把握し，さらに被害推定結果を逐次的に更新する手法を開発した．

これまで我々は，広域性，機動性，解像度の面で優位性をもつ航空写真を対象とし，熊本地震本震後に取得された航空写真の目視判読に基づいた被害区分を教師データとし，畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた深層学習により建物被害を自動判別する手法を開発してきた．しかし，このモデルは学習に使用した画像に最適化されており，新たに取得された画像に適用した場合に被害判別性能が低下する可能性が高い．

本研究においては，熊本地震本震だけでなく，兵庫県南部地震，東北地方太平洋沖地震においてそれぞれ取得された，オルソ化された垂直航空写真を用いて教師データを作成した．また，これらを同時に学習させることにより汎化性能の高い被害判別モデルを構築した．

まず，各地震直後に取得された航空写真を用いて，目視判読によりLEVEL1（無被害），LEVEL2（屋根の一部が破損），LEVEL3（屋根の大半が破損），LEVEL4（倒壊，層破壊）の4段階に区分した．また，屋根形状が陸屋根等，平らな建物を非木造，それ以外を木造に区分し，国土地理院の基盤地図情報（建築物）ポリゴンを用いてGIS形式で整理し，これらを教師データとして活用した．

次に，各時期の画像において解像度が異なるため，高解像度のデータのサイズを縮小することにより，解像度を1画素あたり約20cmに正規化した．また，画像全体の明るさが異なるため，輝度ヒストグラムの累積和を用いて輝度の正規化を行った．

続いて，各航空写真から一般的な住家1棟の大部分が含まれる大きさの80pixel四方のパッチ画像をそれぞれ自動取得し，各被害レベルが概ね均等に含まれるよう，合計311,281個のパッチ画像を切り出した．

さらに，VGG（K.Simonyan and Z.Zisserman, 2014）を参考に構築したCNNを用いて，これら全てのパッチ画像を用いた学習を行い，被害判別モデルを構築した．このモデルを用いて，3地震から抽出した，学習に使用していない検証用画像を用いた被害判別を実施した結果，全ての被害レベルにおいて70%以上の判別精度をもつモデルを構築することができた．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

また本研究では，航空写真画像全域を80pixelパッチ毎に，ストライド幅20pixelずつスキャンし，深層学習による被害判別結果を画像として出力する．次に，この画像と建物ポリゴンをオーバーラップさせ，各ポリゴン内の被害区分の面積比率に応じて設定した閾値に基づいて建物毎の被害区分を行う．さらに，250mメッシュ毎に全壊，全半壊に相当する建物の棟数を集計する手法を開発した．なお，本手法においては熊本地震本震後の益城町周辺における被害認定調査結果と航空写真目視判読結果との棟数比率の比較により，LEVEL3以上を全壊，LEVEL2以上を全半壊とみなしている．

これにより，航空写真を用いて広域の建物被害状況を即時的に把握することが可能になる．さらに，ベイズ更新を用いた被害棟数の推定手法（日下ほか，2017）を適用することにより，地震動に基づき推定された250mメッシュ毎の推定全壊，全半壊棟数をより高精度なものに更新することが可能になる．検証のため，熊本地震本震後の益城町周辺の航空写真を使用した深層学習による被害判別結果を用いて，同地域におけるリアルタイム被害推定結果のベイズ更新を行った結果，熊本市等で過大になっていた被害推定結果が実被害に近づくことを確認している．

以上のことから，航空写真を用いた即時的な状況把握により，被害推定の精度を向上させることが可能であり，災害対応において有効活用できる可能性が示された．一方で，上空からの航空写真のみに基づく被害判別では，瓦屋根以外の建築物の被害については過小に評価する，あるいは，航空機の光学センサでは雲の多い時間帯や夜間においては観測が不可能であるといった課題がある．

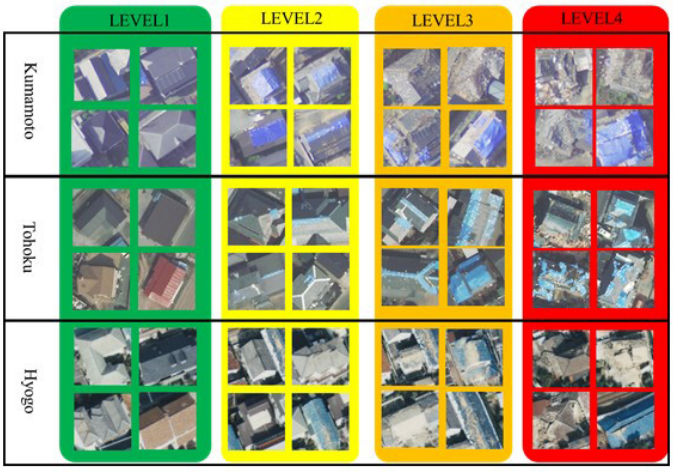
今後は異種のプラットフォーム，センサにより取得された情報を有効活用し，より迅速かつ高精度な被害状況把握技術を開発することにより，災害対応初動期，および復旧，復興の各段階へ活用可能なシステム構築を目指していきたい．

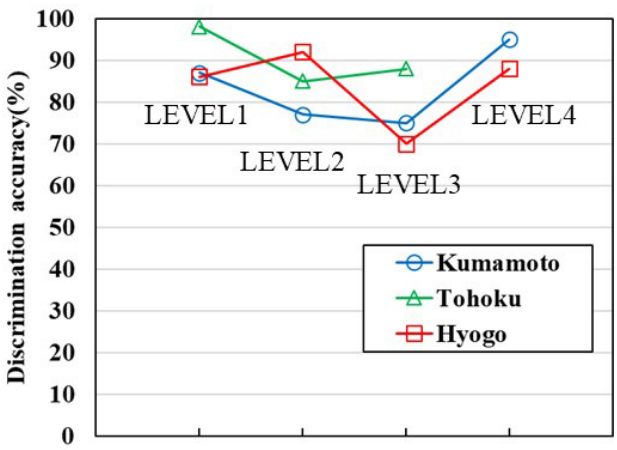
謝辞：

本研究は戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」によって実施された。教師データ作成にあたりArcGISを，画像解析にあたりOpenCVおよびPythonを使用した．深層学習フレームワークとしてはKerasを使用した．

キーワード：深層学習、畳み込みニューラルネットワーク、リモートセンシング、状況把握、航空写真、ベイズ更新

Keywords: Deep-learning, Convolutional Neural Network, Remote Sensing, Damage Detection, Aerial photograph, Bayesian Updating





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

紀伊山系の岩盤クリープ斜面での空中電磁探査により得られた地盤の比抵抗分布について

The resistivity distribution under the ground on bedrock creep slopes in Kii mountain area by the airborne electromagnetic survey

*木下 篤彦[1,2]、田中 健貴[2]、桜井 亘[1]、内田 太郎[1]、林 幸一郎[3]、河戸 克志[4]、奥村 稔[4]
*Atsuhiko Kinoshita[1,2], Yasutaka Tanaka[2], Wataru Sakurai[1], Taro Uchida[1], Koichiro Hayashi[3], Katsushi Kawato[4], Minoru Okumura[4]

1. 国土交通省国土技術政策総合研究所、2. 国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター、3. 応用地質株式会社、4. 大日本コンサルタント株式会社
1. National Institute for Land and Infrastructure Management, 2. Sediment Disaster Prevention Technology Center, Kinki Developing Regional Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism , 3. OYO Corporation, 4. NIPPON ENGINEERING CONSULTANTS CO.,LTD.

2011年9月の台風Talasでは，紀伊半島で多数の深層崩壊が発生している．これらの被害を軽減するには，事前に深層崩壊危険斜面を把握しておく必要がある．深層崩壊危険斜面の抽出技術としては，レーザプロファイラなどの地形データを用いる手法，地質・地形から判定する手法，斜面末端での湧水の量や水質から判定する手法などがある．これらの技術は，一長一短あり，危険斜面の判定度や規模を推定するには不十分な側面がある．そこで，これらの手法を補完する目的で，空中電磁探査により得られる地盤の比抵抗分布による危険度や崩壊規模の推定手法を提案する．本研究では，赤谷西地区の2箇所の岩盤クリープ斜面を研究フィールドとし，推定手法の妥当性を検証する．

本研究では，赤谷西地区において過去に得られた空中電磁探査から，斜面の鉛直比抵抗分布を作成する．まず，測定周波数と得られた地盤の比抵抗から，平均透入深度を推定する．次に，データが得られていない空白部分を補完する．最後に，ノイズを消す目的で，平滑化処理を行う．なお，得られた地盤の鉛直比抵抗分布はカラー表示することでより危険度の判定や崩壊深の推定が容易になる．このため，本研究では，赤谷西地区で得られた全ての比抵抗から，頻度に応じて色を塗り分ける方法を採用した．

赤谷西地区の斜面においては，崩壊面で比抵抗が鉛直方向に急激に変化することが分かった．これにより，およその崩壊危険度や崩壊深を推定することができる．また，比抵抗を鉛直方向に一次微分をすることで，さらに詳細に崩壊面を推定できることが分かった．

キーワード：空中電磁探査、比抵抗分布、岩盤クリープ
Keywords: Airborne electromagnetic survey, Resistivity distribution, Bedrock creep

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of UAV photogrammetry toward efficiently grasping volcanic landform

*岩佐 優一[1]、松島 健[2]
*Yuichi Iwasa[1], Takeshi Matsushima[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附属地震火山観測研究センター
1. department of earth and planetary sciences, graduate school of sciences, Kyushu University, 2. SEVO, Kyushu Univ.

In this study, we conducted three-dimensional modeling of volcanic landform using photogrammetry by UAV aerial photography with the aim of efficiently grasp landform. This method, which has been spread in recent years, can grasp landform as not points but planes, and it is thought that this observation can be conducted inexpensively, quickly, and without high-risks. In this study, aiming to make UAV observation efficient, we investigated relation between some factors of UAV observation and the accuracy of 3D model created.

We conducted mission flight on March and August 2018 at Kirishima Iwo-yama located Ebino city, Miyazaki prefecture. Iwo-yama erupted on April 2018, and landform change has occurred. We were able to get photogrammetric data before and after eruption. The UAV used on this study is DJI Mavic pro. The flying altitude from take-off point was 50 m, and the resolution of the images was 1.5 cm/pix. The photographed area was about 0.26 km2, and we set frontlap: the overlap of image along flight route, to 90 %, and sidelap: the overlap of image between flight routes, to 60 %. The UAV flew 60 minutes, and we got 1379 images during each flight. In addition, we measured 16 points as Check points and Ground Control Points (GCP): the points used as standard of coordinates, by GNSS and Total station.

Using Agisoft’s software Photoscan, we created a three-dimensional model before and after eruption from images taken. By increasing a number of measured points, we got more accurate model than that of similar observation in 2017, On the other hand, there were partial vacancy on the model after eruption. This is probably because image processing was not successful due to a lot of volcanic gasses in the photographed image. For solving this problem, at next observation, we photograph from oblique angle in addition to vertical angle only around fumarole.

According to the above data, comparing models, we grasp volcanic landform change due to eruption on April 2018. Furthermore, we investigate relation between particularly GCP and the accuracy of 3D model in order to make UAV observation efficient.

This work was partly supported by MEXT under Integrated Program for Next Generation Volcano Research and Human Resource Development, and under Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program. Also it was supported by ERI, The University of Tokyo under Joint Usage Program.

キーワード：ドローン、写真測量、火山
Keywords: UAV, photogrammetry, volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火山ガス観測における無人機の利用
Volcanic gas measurements using UAVs

*橋本 武志[1]、寺田 暁彦[2]、森 俊哉[3]、田中 良[1]
*Takeshi Hashimoto[1], Akihiko Terada[2], Toshiya Mori[3], Ryo Tanaka[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2. 東京工業大学火山流体研究センター、3. 東京大学理学系研究科附属地殻化学実験施設
1. Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, 3. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo

火山ガスは，マグマに含まれていた揮発性成分が気体として分離したものであり，その組成は，脱ガス時の温度・圧力条件，輸送経路上の相変化や岩石との相互作用など様々な条件を反映している．また，気体である火山ガスは，マグマそのものに比べて上昇速度が圧倒的に大きいため，マグマ供給量やマグマ頭位の変化など地下の過程がいち早くその組成に反映される．このため，火山ガス組成は，火山活動の状態を理解し，その推移を予測する上で重要な観測量となっている．火山ガスの観測では，噴気を直接採取して実験室で分析する方法が古くから用いられてきた．しかし，火山活動が活発化した際には，火口に接近して噴気を直接採取することは多くの場合危険を伴う．このため，無人機によるガス観測の有用性は高い（橋本・他, 2018）．本発表では，我々が取り組んできた研究事例を中心に，火山ガス観測における無人機の利用についてレビューする．

化学組成の測定については，複数の化学種の濃度センサとロガーを一体の装置に構成し，ガス組成を現場で直接測定するMulti-GASと呼ばれる手法がある．これを小型軽量化することで，無人機での運用が可能になった．2014年御嶽山噴火の2ヶ月後に行われた緊急調査では，電気モーター式のマルチコプター型ドローンが用いられた（Mori et al., 2016）．当時，この種の機体が火山観測に使用された実績がなかったことに加えて，高高度で噴煙の中に入ることができるかどうかは未知だったが，研究者と操縦業者の努力でこれが実現し，観測結果は噴火の現況把握と推移予測にも役立てられた．ドローンよりもペイロードに大幅に余裕があるエンジン式の小型無人ヘリコプターが利用可能なフィールドであれば，この種の観測はもっと手軽にできる．我々が北海道登別で行った実験では，比較的安価に入手可能なガス濃度計3台と温湿度計を用意し，通気性の良いネットに入れて無人ヘリに吊して，噴煙の上空からウインチでロープを上下させるという方法によって，CO_2，H_2S，SO_2，H_2Oの濃度比を測定した．その後，草津白根山では，研究者自身がドローンを操縦して同様のオペレーションが可能になっている．

ガスの放出量・放出率については，紫外分光計による二酸化硫黄のリモートセンシングが火山観測の現場ではよく行われている．通常は，火山噴煙の下を車で移動しながら上空の紫外線を測定する方法が一般的であるが，測定器が小型軽量化されたことによって，近年ではホビー用のドローンでも運用が可能になっている（田中・森, 2017）．

以上のように，無人機を利用した火山ガス観測は，すでに実用的なレベルに達しつつある．研究者自身が目視外飛行や夜間飛行などの操縦技術を獲得することで，今後さらに研究の発展が見込まれる．我々は，文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト等を通じて，こうした技術向上のための研修・教育活動にも取り組んでいるところである．

謝辞：登別の無人ヘリコプター調査は，北海道開発局室蘭開発建設部の協力を得て実施したものである．関係各位に感謝申し上げる．ここで紹介した研究事例の一部文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」および「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」の支援を受けた．

引用文献

橋本武志・寺田暁彦・森 俊哉 (2018) ドローンによる火山観測, 地理, 63, 29-35.
Mori, T., T. Hashimoto, A. Terada, M. Yoshimoto, R. Kazahaya, H. Shinohara and R. Tanaka (2016)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Volcanic plume measurements using a UAV for the 2014 Mt. Ontake eruption, EPS, 68:49.
田中 良・森 俊哉 (2018) ドローンを用いた十勝岳における二酸化硫黄放出率測定, 日本火山学会秋季大会予稿.

キーワード：火山ガス、化学組成、ドローン、無人ヘリ
Keywords: volcanic gas, chemical composition, drone, unmanned helicopter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Repeated Drone Magnetic Survey over Usu Volcano, Hokkaido Japan

*大熊 茂雄[1]、牧野 雅彦[2]、中塚 正[1]、宮川 歩夢[1]、柳田 誠[3]、奥村 稔[4]
*Shigeo Okuma[1], Masahiko Makino[2], Tadashi Nakatsuka[1], Ayumu Miyakawa[1], Makoto Yanagida[3], Minoru Okumura[4]

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. （株）阪神コンサルタンツ、4. 大日本コンサルタント（株）
1. Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 3. Hanshin Consultants Co., Ltd., 4. Nippon Engineering Consultants Co., Ltd.

We have been developing a drone magnetic survey system using a portable magnetometer with a differential GNSS system (Okuma et al., 2018a). This time we employed a hexacopter with a diagonal axis distance of 995 mm and with a maximum payload of 5.7 kg (Okuma et al., 2018b). A main console of Geometrics G-858 Cs magnetometer, a NovAtel OEM615 GNSS receiver with its antenna and the GNSS data logger were attached to the drone. A Cs sensor was suspended from the drone by a string. We have tested flying attitudes and magnetic noise of the drone by changing a suspending length of the sensor cable. We concluded that an optimum cable length of our system was 0.85 m for surveys over rugged terrains because of the power of our drone. In this case, magnetic noise caused by the drone was estimated to be around 15 nT at the maximum by our experiments (Okuma et al., 2018b).

Using this drone magnetic survey system, we have conducted magnetic surveys over the Usu 2000 eruption area (Nishiyama craters area, Area A) and the southwestern flank of the main edifice of Usu volcano (Area B), Hokkaido Japan (Okuma et al., 2018b). In Area B, a curious magnetic anomaly had been observed by a previous helicopter-borne EM and magnetic survey in late 2000, which was flown at an altitude of 70–100 m above terrain along north–south survey lines and east–west tie lines, spaced 100 m and 1,000 m apart.

In May 2018, the drone surveys were flown at an altitude of 30 m above terrain along east–west survey lines (Area A) and north–south survey lines (area B), spaced 25 m apart. Total magnetic intensities were observed in every 0.1 seconds by the Cs magnetometer with GNSS positioning. According to data processing, the surveys were successful for mapping magnetic anomalies whose general pattern were well retrieved in the both areas, compared to known magnetic anomalies compiled from the 2000 survey.

Then, we applied the generalized mis-tie control method (Nakatsuka et al., 2009) to the magnetic anomalies of both 2000 and 2018 surveys in Area A and calculated temporal magnetic variations at crossover points. Although the survey specification of each survey was different, the result was successful to derive positive magnetic changes larger than 100 nT in and around intensive fumarolic areas of the 2000 eruption. The areas were characterized as apparent negative magnetic anomalies by the 2000 survey and are estimated to be underlain by Pleistocene volcanic rocks with reverse magnetization. Since the beginning of the eruption, the fumarolic activity gradually extended from the eruption center to the NNW along a ridge and lasted for several years. This implies that Pleistocene volcanic rocks constituting the area have been demagnetized by the strong fumarolic activity related to dyke intrusions at the 2000 eruption.

Based on the results above, it is concluded that drone magnetic survey is a promising method to derive long-term temporal magnetic changes and can play an important role to monitor volcanic activity.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[References]

Nakatsuka, T., Utsugi, M., Okuma, S., Tanaka, Y. and Hashimoto, T. (2009) Detection of aeromagnetic anomaly change associated with volcanic activity: An application of the generalized mis-tie control method. *Tectonophysics*, 478, 3-18. DOI:10.1016/j.tecto.2009.02.018

Okuma, S., Makino, M., Miyakawa, A., Nakatsuka, T., Kudo, S., Yanagida, M., Sasaki, T. and Sugimori, T. (2018a) Preliminary Experiments of a Drone Magnetic Survey System for Geophysical Mapping, STT49-02, JpGU 2018 Meeting.

Okuma, S., Makino, M., Nakatsuka, T., Miyakawa, A., Yanagida, M. and Okumura, M. (2018b) Drone Magnetic Surveys over Eruption Areas of Usu Volcano, Hokkaido Japan, NS41A-0807, AGU 2018 Fall Meeting.

キーワード：ドローン、UAS、UAV、磁気探査、繰返磁気探査、有珠火山
Keywords: Drone, UAS, UAV, Magnetic Survey, Repeated Magnetic Survey, Usu Volcano

©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-TT 計測技術・研究手法

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[S-TT47] ハイパフォーマンスコンピューティングが拓く固体地球科学の未来

コンビーナ:堀 高峰(独立行政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)、八木 勇治(国立大学法人　筑波大学大学院 生命環境系)、汐見 勝彦(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:堀 高峰

近年の計算機科学・計算科学の発達によって、様々な分野で従来は困難と考えられてきたフォワード計算やそれを利用した逆解析が可能になりつつある。固体地球科学においても、高密度化する観測データをフルに活用した高詳細なモデルでの地震波伝播や地殻変動・津波伝播の計算、多数回計算を行うことによる物性や構造の誤差の影響の検討、誤差にガウス分布以外の一般的な分布を許した断層すべりの逆解析などが行われつつある。そこで、フォワード計算や逆解析を行っている方々に、実際の活用例を紹介頂くと共に、さらに進展させるための課題を提起して頂く。また、計算機科学・計算科学についての最新の動向も共有することで、固体地球科学分野の様々なフォワード計算や逆解析にフルに活用して解決していく方向性について議論したい。こうした方向性に関心のある方々（特に学生や若い研究者）の積極的な講演申し込みを期待する。

10:45 ~ 11:00

[STT47-01] Expectations to more realistic Green's function with modeling errorfor the real-time estimation of the coseismic fault model

*太田 雄策[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)

11:00 ~ 11:15

[STT47-02] Development of high-performance low order unstructured implicit finite-element solvers for solid earth science problems

★Invited Papers

*藤田 航平[1]、市村 強[1]、山口 拓真[1] (1.東京大学 地震研究所)

11:15 ~ 11:30

[STT47-03] 弾性波計算のための最適スペクトル要素法

*長谷川 慶[1]、冨士 延章[2]、小西 健介[3] (1.東京大学地震研究所、2.パリ地球物理研究所、3.台湾中央研究院地球科学研究所)

11:30 ~ 11:45

[STT47-04] Multi scale tsunami simulation from earthquake initiation to tsunami run-up into the coastal area and high performance particle simulator

*浅井 光輝[1]、古市 幹人[2]、西浦 泰介[2] (1.九州大学、2.海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[STT47-05] Digital-Ensemble Concept for Making Resilient Society against Natural Hazard

*大石 哲[1] (1.理化学研究所計算科学研究センター)

12:00 ~ 12:15

[STT47-06] Expected Role of High Performance Computing to Promote Earthquake Research

★Invited Papers

*平田 直[1] (1.東京大学地震研究所)

Expectations to more realistic Green's function with modeling errorfor the real-time estimation of the coseismic fault model

*太田 雄策[1]
*Yusaku Ohta[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

Rapid understanding of the magnitude of large earthquakes and their associated fault dimensions are extremely important. Recently, Geospatial Information Authority of Japan (GSI) and Tohoku University are jointly developing the GEONET real-time analysis system (REGARD). REGARD system rapidly estimates two types of coseismic fault models, which are slip distribution along the plate interface and single rectangular fault model, using permanent displacement field based on the real-time GNSS time series. Currently, REGARD adopted the maximum likelihood approach to estimate the optimum model. The system, however, has problem to be improved. The current system is difficult to estimate the quantitative uncertainty estimation of the obtained result because of the estimated result should contain both of the observation error of the real time GNSS and modeling error caused by the model settings including uncertainty of the Green’s function. Among them, the uncertainty of the Green’s function is the most serious problem. Currently, REGARD adopted the simple elastic half-space model. It should cause the large estimation uncertainty in the coseismic slip fault model especially in offshore region whose structure is complex due to plate subduction. Thus, the more realistic Green’s function with quantitative uncertainty will be needed. I will briefly introduce current development status of REGARD and show the expectations to more realistic Greens’ function with modeling error realized by Monte Carlo simulation using the HPC technology.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of high-performance low order unstructured implicit finite-element solvers for solid earth science problems

*藤田 航平[1]、市村 強[1]、山口 拓真[1]
*Kohei Fujita[1], Tsuyoshi Ichimura[1], Takuma Yamaguchi[1]

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

Problems in solid earth science, such as crust deformation problems and earthquake wave propagation problems, involve large problem sizes with complex 3D geometry and heterogeneous material properties. Use of implicit low-order finite-element methods on high-performance computers are expected to enable such analyses; however, these methods are not straightforward to attain performance on modern computer architectures due to heterogeneity of the problem. Thus, we have been developing algorithms and implementations to improve performance of low-order finite-element methods targeting recent CPU and heterogeneous supercomputer systems. In this talk, we will introduce our development for the CPU based systems (e.g., K computer, Intel Xeon-Phi Knights Landing based Oakforest-PACS) as well as heterogeneous systems (e.g. NVIDIA GPU accelerated Piz Daint and Summit), and show some application examples using these high-performance computing enhanced methods.

キーワード：有限要素法、高性能計算
Keywords: finite-element method, high-performance computing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

弾性波計算のための最適スペクトル要素法
Optimal spectral element method for elastic wave computation

*長谷川 慶[1]、冨士 延章[2]、小西 健介[3]
*Kei Hasegawa[1], Nobuaki Fuji[2], Kensuke Konishi[3]

1. 東京大学地震研究所、2. パリ地球物理研究所、3. 台湾中央研究院地球科学研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Institut de Physique du Globe de Paris, 3. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica

We introduce new numerical integration operators which compose the mass and stiffness matrices of a modified spectral element method for simulation of elastic wave propagation. While these operators use the same quadrature nodes as does the original spectral element method, they are designed in order that their lower-order contributions to the numerical dispersion error cancel each other. As a result, the modified spectral element method yields two extra-orders of accuracy, and is comparable to the original method of one order higher. The theoretical results are confirmed by numerical dispersion analysis and examples of computation of waveforms using our operators. Replacing the ordinary operators by those proposed in this study could be a non-expensive solution to improve the accuracy.

*この発表の内容はComputer Methods in Applied Mechanics and Engineeringに掲載されています(doi: 10.1016/j.cma.2018.07.025)

キーワード：弾性波、数値解析、有限要素法、スペクトル要素法、誤差最適化、計算地震学
Keywords: Elastic wave, Numerical analysis, Finite-Element Method, Spectral Element Method, Error optimization, Computational seismology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi scale tsunami simulation from earthquake initiation to tsunami run-up into the coastal area and high performance particle simulator

*浅井 光輝[1]、古市 幹人[2]、西浦 泰介[2]
*Mitsuteru Asai[1], Mikito Furuichi[2], Daisuke Nishiura[2]

1. 九州大学、2. 海洋研究開発機構
1. Kyushu University, 2. JAMSTEC

Due to future tsunami disaster prevention planning, it is strongly desired a simulation tool that accurately predicts possible damage level for structures and human resources in the inundation area. For the tsunami run-up simulation, we must calculate the crustal deformation as an input of the initiation of tsunami wave around the seismic fault. A stagger elasticity theory, in which homogeneous and spatial infinity is assumed to formulate the theory, is applied in practical and conventional crustal deformation estimation. The elastic theory cannot consider the heterogeneous crustal structure in space and the fracture propagation in time. Therefore, there is no guarantee that the conventional tsunami simulation estimates the largest possible inundation. In this paper, we conducted a series of disasters simulation from earthquake scenario, crustal deformation and tsunami propagation sequentially in order to discuss the necessity of consideration of seismic fault rupture propagation in tsunami simulation.

When modeling the entire city with a high fidelity particle model, one must deal with an enormous number of degrees of freedom, and implementation of highly parallel calculation is indispensable. In this paper, we developed a computational algorithm with high parallelization efficiency for the liquid spreading phenomenon over a flat plane problem, for later apply on tsunami run-up simulation. In particular, we propose an expanding slice grid method with a dynamic load balancer to utilize maximum efficiency on memory utilization and computational speed.

At the end of this paper, high fidelity tsunami run-up simulation in Kochi City by the Expanding slice grid method were conducted, and the utility of the proposed method was discussed.

キーワード：津波、地殻変動、大規模計算
Keywords: Tsunami, Crustal deformation, Large Scale Computation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Digital-Ensemble Concept for Making Resilient Society against Natural Hazard

*大石 哲[1]
*Satoru Oishi[1]

1. 理化学研究所計算科学研究センター
1. RIKEN Center for Computational Science

In order to designing resilient society including developing or renovating cities, infrastructure management like making redundant route for not only transportation but also suppling water, energy as well as waste, we need digital-twin for simulating situations under catastrophic disasters. Digital-twin is a concept meaning “a virtual model of process, product or service and the paring of virtual and physical worlds allows analysis of data and monitoring of systems to head off problems before they even occur, prevent downtime, develop new opportunities and even plan for the future by using simulations”, according to Marr (2017). Previously, digital-twin concept was used for product manufacturing through computer aided engineering (CAE) to examining the performance and duration of target manufacture like rocket engine. Now, we are using the word for designing resilient society against natural hazard because designing resilient society requires paradigm shift of disaster mitigation strategy from “government saves public and it costs” to “private invests cities through market”. Private sectors require precise statistics of impacts of natural hazard for considering investment, however, we could not expect the quantitative impact without numerical simulation of large-scale disaster.

Large-scale disaster simulations consists of solvers and urban construction objects. Integrated Engineering System (IES) has both functions (Hori et al. 2018). There are several solvers for each kind of disasters like earthquake and tsunami. However, urban construction objects have been made one by one. Therefore, it is required to develop a tool that automatically generates the detailed construction objects of urban buildings for target cities. O-tani et al. (2014) have been developing such an automation tool, named Data Processing Platform (DPP), so that it can deal with multiple numerical simulations including tsunami inundation and evacuation, and seismic response analysis of ground and buildings. We have implemented a MPI-based parallelization of DPP, then it has generated objects of urban cities in the whole Japan which includes about sixty million buildings. Now, once given a certain appropriate ground property and motion, a simulation-based assessment of disasters can be achieved for the whole Japan.

Digital-twin of urban structures gives quantitative impacts of earthquake by putting expected seismic wave which has been calculated or monitored through the seismic simulation. Simulation of the earthquake impact by using the pair of the seismic wave and its probability revealed the risk of the society numerically. It changes the concept of fragility curve coming from extrapolation of experience to physics-based numerical simulation with multi-scenario. In other word, we assume digital-ensemble concept for numerically calculated risk of natural disaster which is required for our paradigm that private invests cities through market.

Marr, B. (2017): What is Digital Twin Technology -Why is it so important?, Forbes web site https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/#50400e052e2a

Hori, M., Ichimura T., Wijerathne L., Ohtani H., Chen J., Fujita K., Motoyama H. (2018): Application of High

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Performance Computing to Earthquake Hazard and Disaster Estimation in Urban Area, Frontiers in Built Environment, DOI=10.3389/fbuil.2018.00001

O-tani, H., Chen, J. and Hori, M. (2014): AUTOMATIC COMBINATION OF THE 3D SHAPES AND THE ATTRIBUTES OF BUILDINGS IN DIFFERENT GIS DATA, JJournal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A2 (Applied Mechanics), Vol.70 No.2, pp. I_631-I_639, DOI=10.2208/jscejam.70.I_631

キーワード：デジタル　アンサンブル、レジリエント社会、定量的リスク評価
Keywords: Digital-Ensemble, Resilient Society, Quantitative Risk Assessment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Expected Role of High Performance Computing to Promote Earthquake Research

*平田 直[1]
*Naoshi Hirata[1]

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

Headquarters for Earthquake Research Promotion (HERP) has been led earthquake observation, measurement, surveys and research in Japan for 20 years since the first 10-year basic comprehensive policy for the promotion set in April 23, 1999. During this 20 years, nation-wide basic observation networks have been established such as MOWLAS and GEONET. The observation data from the networks provide us rich information beneath Japan and are used by world-wide researchers discovering new phenomena such as slow earthquakes. On the other hand, data analysis methods and models, which are assumed in the analyses, are rather simple and not enough to extract rich information from the data. The necessity of the 3D realistic structure model for the data analyses has become clearer recently because of the ocean bottom observation data, such as the postseismic deformation of the 2011 Tohoku earthquake. To construct realistic model for the complex subduction zone in Japan, where two plates are subducting, large scale high-fidelity models are required and high performance computing is necessary to calculate crustal deformation and/or seismic wave propagation with the realistic models. For the next 10 years, we expect that high-performance computing will play an intrinsic role to promote earthquake research through higher level data analyses with realistic 3D structure in and around Japan. This will lead us a new stage in earthquake science.

キーワード：地震調査研究推進本部、総合基本施策、高度なデータ解析
Keywords: Headquarters for Earthquake Research Promotion, The basic comprehensive policy, Higher level data analyses

©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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:戸塚 修平、三澤 文慶

海洋底は現在の地球上において最も活動的な場所です。海洋底で起こるさまざまな地学現象はプレートテクトニクスのみならず地球深部の構造やダイナミクス、さらに地球表層環境と密接な関わりがあります。また、海洋底には過去の環境変動の歴史や物質循環の記録が残されています。本セッションでは、”海洋底”というキーワードを含む研究成果の発表を海嶺系・沈み込み帯・ホットスポットなど地域によらず、地球物理学的・地球化学的・地質学的など研究分野によらず、観測的・実験的・理論的・技術開発的など研究手法によらず、幅広く歓迎します。多様な研究者が集い議論できる場として、新しい海洋底像を描き出すことを目標とします。
共同コンビーナ：田所敬一（名古屋大）、石塚治（産総研）、土岐知弘（琉球大）、高橋成実（JAMSTEC)

9:00 ~ 9:15

[SCG56-01] The restoration of precipitation record of iron hydroxide about seven years in Nagahama Bay, Satsuma Iwo-jima, Kagoshima.

*酒本 直弥[1]、清川 昌一[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)

9:15 ~ 9:30

[SCG56-02] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下から得られた熱水性堆積物の鉱物学的・地球化学的特徴

*戸塚 修平[1]、石橋 純一郎[2]、島田 和彦[2]、池端 慶[3]、町山 栄章[4]、飯島 耕一[4]、山本 浩文[4]、熊谷 英憲[4]、池原 研[5]、山崎 徹[5]、高谷 雄太郎[6]、長瀬 敏郎[7]、Tindell Thomas[8]、米津 幸太郎[8]、多田 祐輝[8] (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、3.筑波大学生命環境系、4.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5.産業技術総合研究所、6.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、7.東北大学総合学術博物館、8.九州大学工学府地球資源システム工学専攻)

9:30 ~ 9:45

[SCG56-03] 中部沖縄トラフ熱水域の海底下に産する硫酸塩鉱物のストロンチウム同位体組成

堤 映日[1]、塚本 成[1]、島田 和彦[1]、*石橋 純一郎[1]、新城 竜一[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.琉球大学理学部)

9:45 ~ 10:00

[SCG56-04] 沖縄トラフ伊是名海穴における海底熱水系の数値モデリング

*冨田 昇平[1]、小池 克明[1]、後藤 忠徳[1]、鈴木 勝彦[2]、笠谷 貴史[2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構)

10:00 ~ 10:15

[SCG56-05] Electrical conductivity and spectral IP characteristics in the rock samples obtained in seafloor hydrothermal area and interpretation of them

*大田 優介[1]、後藤 忠徳[1]、小池 克明[1]、林 為人[1]、柏谷 公希[1]、多田井 修[3]、笠谷 貴史[2]、金松 敏也[2]、熊谷 英憲[2]、町山 栄章[2] (1.京都大学、2.海洋研究開発機構、3.マリン・ワーク・ジャパン)

10:15 ~ 10:30

[SCG56-06] 反射法地震探査による石垣島北方海域の地質構造

*三澤 文慶[1]、古山 精史朗[2,1]、佐藤 雅彦[3,1]、張 日新[1]、井上 卓彦[1]、荒井 晃作[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.東京海洋大学、3.東京大学大学院理学系研究科)

The restoration of precipitation record of iron hydroxide about seven years in Nagahama Bay, Satsuma Iwo-jima, Kagoshima.

*酒本 直弥[1]、清川 昌一[2]
*Naoya Sakamoto[1], Shoichi Kiyokawa[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

Satsuma Iwo-jima, located 38km south of Kyusyu island, Japan, is volcanic island in the northwestern rim of Kikai caldera. In Nagahama Bay the acidic mineral-rich hot springs cause various tonal changes of seawater. And oxidation of Fe^{2+} ions discolors the seawater into a reddish brown (Shigaura and Tazaki,.2001). This Bay is a semi-closed environment, iron hydroxide precipitation and deposition are likely to occur and precipitation rate of 33 cm/year. (Kiyokawa and Ueshiba, 2015). We restored the depositional record from10 m diameter and 1 m long acrylic plastic cores (total 50 core) that collected in Nagahama Bay from 2009 to 2018 (about 9 years). In this study, we revealed that the relationships precipitation of iron hydroxide and weather and seafloor environment in Nagahama Bay. the following studies were conducted: (a) Observation of sediment trap (CT image and observation of sediments using polarizing microscope and electronic microscope). (b) Meteorological observation and a survey of typhoon records in the past in Nagahama Bay. (c) Seafloor observation (Temperature in sediments and water pressure). By combining the sediment records in traps (34 Traps) from seven years from 2011, the stratigraphy of the total layer thickness of 5 m 70 cm was restored. From the CT image, it is divided into a high-density layer (iron hydroxide layer containing sand particles: 35 layers), a low-density layer (iron hydroxide layer: 28 layers), a high-density low-density alternate layer (7 layers) Seven thick high density - low density layer - high density low density alternate cycle was seen. Also, from the observation of smear slides and SEM, in the high-density layer, there are a structure in which iron hydroxide particles of about 100 μm aggregate to several μm, a volcanic glass of several tens to 200 μm, diatoms, the low-density layer mainly contains 50 nm of the iron hydroxide particles agglomerated to several μm in size. 37 typhoons approached or passed near Satsuma Iwo-Jima from June 2011 to September 2018. 17 of them were huge typhoons (Under 960hPa, over 30m/s). From meteorological data in Nagahama Bay, there were six Typhoon approached or passed between April 2018 and September 2018. When the typhoon passes south or west side of Satsuma Iwo-jima, it becomes south wind. The thick white layer was precipitated by the influence of the typhoon. So, the April to October the thick fine-grained sand layers and iron hydroxide layer precipitated due to typhoon. It is considered that fine-grained sand iron hydroxide alternating layers precipitaed in November to March without the influence of typhoon. When the typhoon passes south or west side of Satsuma Iwo-jima, it becomes south wind, Thick fine sand layer containing about 20 to 70% quartz and volcanic ash. Observed trap sediments, Trap sediments are composed iron hydroxide particles, and we consider that it is a chemical precipitation. The low-density layer excluding the high-density layer and the thickness of the alternating layer are recorded as iron hydroxide as the formation layer, and its layer thickness is 220 cm. The iron hydroxide accumulated on the Nagahama Bay (about 6000 m^2) in 7 years and it reached 13,200 m^3. As the interstitial water of this sediment is about 80%, the dry weight of iron hydroxide has reached 8,976 tons in seven years. And about 1282 tons of iron hydroxide were recorded in the formation every year in this Bay.

キーワード：薩摩硫黄島、水酸化鉄沈殿

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Satsuma Iwo-jima, precipitation of iron hydroxide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄トラフごんどうサイトの海底下から得られた熱水性堆積物の鉱物学的・地球化学的特徴

Mineralogical and geochemical study of hydrothermal deposits beneath the seafloor at the Gondou field in the Okinawa Trough

*戸塚 修平[1]、石橋 純一郎[2]、島田 和彦[2]、池端 慶[3]、町山 栄章[4]、飯島 耕一[4]、山本 浩文[4]、熊谷 英憲[4]、池原 研[5]、山崎 徹[5]、高谷 雄太郎[6]、長瀬 敏郎[7]、Tindell Thomas[8]、米津 幸太郎[8]、多田 祐輝[8]
*Shuhei Totsuka[1], Jun-ichiro Ishibashi[2], Kazuhiko Shimada[2], Kei Ikehata[3], Hideaki Machiyama[4], Koichi Iijima[4], Hirofumi Yamamoto[4], Hidenori Kumagai[4], Ken Ikehara[5], Toru Yamasaki[5], Yutaro Takaya[6], Toshiro Nagase[7], Thomas Tindell[8], Kotaro Yonezu[8], Yuki Tada[8]

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、3. 筑波大学生命環境系、4. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5. 産業技術総合研究所、6. 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、7. 東北大学総合学術博物館、8. 九州大学工学府地球資源システム工学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 4. Research and Development Center for Submarine Resources, JAMSTEC, 5. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 6. Department of Resources and Environmental Engineering School of Creative Science and Enginerring, Waseda University, 7. Tohoku University Museum, 8. Department of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University

ごんどうサイトは中部沖縄トラフ第三久米海丘の西麓に位置する熱水活動域である．Minami and Ohara (2017)によれば，熱水性チムニー・マウンドが集積したと考えられる地形が水深1330-1470 mの1400 m×400 mにわたる範囲に広がっていることが認められている．またIshikawa et al. (2016)によって，この海域から採取された熱水性鉱石が黄銅鉱に富んでいることが報告されている．これらの調査結果を受けて，2017年10～11月にSIP統合海洋資源調査システムJM17-04調査航海がJ-MARES（次世代海洋資源調査技術研究組合）によって実施され，ごんどうサイトのSouthern areaに当たる海域で海底設置型掘削装置を用いた掘削調査が行われた．本講演では，この掘削調査で得られた堆積物コア中に含まれていた硫化鉱物について，反射顕微鏡を用いた観察，X線回折による鉱物同定，EPMAを用いた鉱物化学組成分析などを行った解析結果を中心に報告する．

硫化鉱物が最も多く含まれていたSite GDUC06から得られた堆積物は，海底面より順に泥質堆積物，塊状～鉱染状硫化物，珪化岩からなっていた．上部の塊状硫化鉱は黒色を呈しており，主に閃亜鉛鉱，黄鉄鉱，方鉛鉱，重晶石から構成されている．これに対して下部の塊状硫化鉱は黄色を呈しており，主に黄鉄鉱，黄銅鉱，石英から構成されており，粘土鉱物も多く含んでいる．また珪化岩中の硫化鉱物としては黄鉄鉱が認められた．沖縄トラフで実施された熱水域海底下の掘削調査で，黒鉱鉱床の黒鉱と黄鉱に対比できる特徴をもった硫化物を含む層がそれぞれ数 m程度の厚みをもって見られたのは初めての例になる．

硫化鉱物の化学組成についても，黒鉱鉱床から報告されている値と比較できる値が得られた．閃亜鉛鉱のFe含有量は0.22-5.72 atm%であり，花岡鉱山の0.07-0.35 atm% (Shimazaki and Horikoshi, 1990)と近い．塊状硫化物層の上部で見られた四面銅鉱はいずれもTennantite端成分に近い大きなAs/(As+Sb)比を示し，またZn/Fe比も高かった．これらの硫化鉱物の化学組成は，鉱物生成時の化学環境を反映すると考えられており，今後の詳細な比較検討を進めたい．

謝辞
本研究は，内閣府総合科学技術・イノベーション会議によるSIP課題「次世代海洋資源調査技術」の一環として実施されたものです．本研究に用いた堆積物コア試料を提供いただいたJ-MARES(次世代海洋資源調査技術研究組合)に感謝します．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：海底熱水鉱床、背弧海盆
Keywords: Submarine hydrothermal deposits, Back-arc basin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中部沖縄トラフ熱水域の海底下に産する硫酸塩鉱物のストロンチウム同位体組成

Strontium isotope study of sulfate minerals obtained by scientific drilling from seafloor hydrothermal fields in the Okinawa Trough

堤 映日[1]、塚本 成[1]、島田 和彦[1]、*石橋 純一郎[1]、新城 竜一[2]
Akihi Tsutsumi[1], Naru Tsukamoto[1], Kazuhiko Shimada[1], *Jun-ichiro Ishibashi[1], Ryuichi Shinjo[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 琉球大学理学部
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, 2. Faculty of Science, University of Ryukyus

Since hydrothermal fields in the Okinawa Trough develop within sediment-rich geologic setting of a backarc rifting in the continental margin, significant fluid mineral interactions and fluid migrations are expected to occur within the sediment layer. We have demonstrated that pore fluid chemistry in the vicinity of active vents in these hydrothermal fields were represented by two distinctive components; one is entrained-seawater component and the other is hydrothermal component which has the same origin as the vent fluid. Sulfate minerals such as barite and anhydrite are known to occur abundantly in and around the hydrothermal fields, because they form by precipitation caused by encounter of these two components. Isotope ratios of Sr incorporated in these sulfate minerals would provide key information to understand these processes.
We studied barite and anhydrite occurred in sediment cores obtained from three hydrothermal fields, Aki Site at the Iheya North Knoll, Hakurei field at the Izena Hole and Gondou field at the western flank of Dai-san Kume Knol, in the mid-Okinawa Trough. The sediment cores were obtained by scientific drilling campaigns conducted in 2014, 2016 and 2017 under the framework of the Next-Generation Technology for Ocean Resources Exploration Project. Determination of Sr isotope ratios was conducted employing LA-ICP-MC-MS (laser ablation inductively couple plasma multi-collector mass spectrometry) technique, which enabled multi-point measurement of a single mineral crystal or mineral aggregate using a polished section. Using the same polished section, Sr/Ba ratio of barite or Sr/Ca ratio of anhydrite was determined by EPMA (electron probe micro analyzer) analysis.
Strontium isotope ratios of anhydrite in all three fields were close to that of the present-day seawater with a few exceptions. Strontium isotope ratios of barite showed wider ranges biased from that of the seawater. Higher $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios are recognized in Hakurei field while lower $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios in Aki site and Gondou field. Difference in Sr isotope ratio between barite and anhydrite is attributed to that barite precipitates from mixture of the hydrothermal fluid and seawater while anhydrite precipitates from heated-seawater. As supportive evidence for this idea, we confirmed Sr isotope ratio in the sediment core from Hakurei field agreed with the reported value of barite in an inactive chimney-shape sulfide/sulfate breccia had been collected. Occurrence of barite in limited layers whereas common occurrence of anhydrite in the sediment core would be attributed to a result of subseafloor migration of the hydrothermal fluid.

Acknowledgements
This study was conducted under the framework of the Next-Generation Technology for Ocean Resources Exploration Project, Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) funded by the Japanese cabinet office. A part of the sediment cores used in this study were provided from J-MARES (Research and Development Partnership for Next Generation Technology of Marine Resources Survey).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：海底熱水活動、海底熱水鉱床、レーザーアブレーション同位体質量分析、海底下地殻内流体
Keywords: Seafloor hydrothermal activity, seafloor massive sulfide, LA-ICP-MC-MS, subseaflor fluid migration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄トラフ伊是名海穴における海底熱水系の数値モデリング
Numerical modeling of seafloor hydrothermal system in the Izena Caldron, Okinawa Trough

*冨田 昇平[1]、小池 克明[1]、後藤 忠徳[1]、鈴木 勝彦[2]、笠谷 貴史[2]
*Shohei Albert Tomita[1], Katsuaki Koike[1], Tada-nori Goto[1], Katsuhiko Suzuki[2], Takafumi Kasaya[2]

1. 京都大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Regional heat flow measurements in the Izena Caldron and detailed heat flow measurements in the Jade hydrothermal field situated on the NE slope of the Izena Caldron were conducted by Kinoshita et al. (1997). They clarified that an enormous heat flow variation (10^{-1} to 10^{2}W/m^2) in the Jade site. In addition, near the Jade black smoker, the heat flow varies from >30W/m^2 at a hydrothermally altered area to 1.7W/m² within 100m distance from it. From large-scale heat flow measurements, 500m-wide rectangular zone (hereinafter called “Corridor”) with high heat flow (>1W/m^2) along the NE suggests the existence of linear heat source under the Corridor. In the research cruise of CK16-05, drilling and temperature measurements using Thermo Label were conducted in the Hakurei site, hydrothermal area of southern part in the Izena Caldron, and high temperature over 290℃ was measured at C9026. Although many heat flow data were obtained in the Izena Caldron, no heat flow data was obtained in the Hakurei site. Therefore, in this study, we conducted dense heat flow survey at 11 points with 550m measurement length and 50m measurement interval along EW direction in the Hakurei site in the research cruise of KM18-08C in September 2018. Moreover, we conducted a numerical simulation of multi-phase fluid flow using TOUGH2 to reveal distribution of physical properties and hydrothermal fluid flow pattern in the seafloor hydrothermal systems in a back-arc basin.
Heat flow value is calculated as the product of temperature gradient and thermal conductivity. In this study, we obtained temperature gradient values on the seafloor using a stand-alone heat flow (SAHF) meter operated by ROV. In the simulation, the size of study area was defined as 4.8×5.6×1.7 km and the seafloor was set as the top boundary where the temperature and pressure were fixed at 4 ℃ and hydrostatic condition, respectively. As the initial condition, we assigned the hydrostatic pressure, the average thermal gradient 0.16 ℃/m around the Izena Cauldron except for the hydrothermal area, and physical rock properties by referring to the borehole data. The values of discharge rate, mass in rate, and permeability (k) were adjusted appropriately through trial and error. As the geologic settings, we set conduits with $k = 1.0\times10^{-13}$m^2 under the discharge area of Jade and Hakurei sites and fault with k=3.0×10^{-14}m^2 under the Corridor along the vertical direction from bottom to surface, to realize the vertical flow of hydrothermal fluids from the deep part. In addition, caprock with k= 1.0×10^{-16}m^2 was located near the surface to generate the lateral hydrothermal fluid flow. Other places were set as volcanic rock with k= 1.0×10^{-14}m^2. Under these conditions, we simulated a natural state condition.
From heat flow measurements, we clarified very high heat flow (76W/m^2) at a 150m west site covered by mud from C9027, which suggests an existence of hydrothermal fluid flow beneath the seafloor at shallow part. In other places, the heat flow was varied from 3 to 12W/m^2. Through the simulation, a plausible large-scale temperature distribution and flow pattern were obtained. In terms of heat flow, by comparing the calculated and measured values along the Corridor and Hakurei site, the calculated values were conformed to correspond well with the measured values. According to the sensitivity analysis, the importance of caprock and conduit in the seafloor hydrothermal system was revealed. By a model without the conduit, the hydrothermal fluids did not ascend to the seafloor along the vertical direction and the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

tendency of measured heat flux could not be reproduced. Furthermore, by a model without caprock, heat cannot be preserved because it flows in all directions and the calculated heat flux did not accord with the observed flux. Consequently, the location and physical properties of the conduit and caprock were identified as the critical control factors on the accuracy of hydrothermal fluid flow simulation.

キーワード：伊是名海穴、数値シミュレーション、海底熱水系、TOUGH2、熱流量
Keywords: Izena Caldron, Numerical simulation, Seafloor hydrothermal system, TOUGH2, Heat flux

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electrical conductivity and spectral IP characteristics in the rock samples obtained in seafloor hydrothermal area and interpretation of them

*大田 優介[1]、後藤 忠徳[1]、小池 克明[1]、林 為人[1]、柏谷 公希[1]、多田井 修[3]、笠谷 貴史[2]、金松 敏也[2]、熊谷 英憲[2]、町山 栄章[2]
*Yusuke Ohta[1], Tada-nori Goto[1], Katsuaki Koike[1], Weiren Lin[1], Koki Kashiwaya[1], Tadai Osamu[3], Takafumi Kasaya[2], Toshiya Kanamatsu[2], Hidenori Kumagai[2], Hideaki Machiyama[2]

1. 京都大学、2. 海洋研究開発機構、3. マリン・ワーク・ジャパン
1. Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Marine Works Japan

Various geophysical explorations have recently been conducted in the seafloor hydrothermal field to estimate the scale of the seafloor massive sulfide. However, information obtained from geophysical exploration is limited. Therefore, in order to interpret the geological information under the seafloor based on the results of the geophysical exploration, it is necessary that the detailed analysis is carried out on hard-rock and sediment samples obtained on the surface and the lower of the seafloor, for comparing their features with results of geophysical exploration. In this study, we obtained rock samples in several hydrothermal fields; then we measured various physical properties and analyzed the chemical compositions, and we also investigated their relationship. As for physical properties, in particular, electric conductivity and spectral IP characteristics were investigated in detail. In samples with high electrical conductivity, some sulfide minerals, known to have high conductivity, were found to be contained. In spectral IP, some samples having a plurality of frequencies causing a peak in the phase difference of the voltage across the sample was observed. It is thought that this is due to the mixture of a plurality of sulfide minerals having different average particle sizes. In fact, in this study, we succeeded in reproducing the frequency characteristics of the sample by the rock physics model we constructed, assuming such characteristics. In the future work, we will study the consistency of the phenomena observed in this research and our new rock physics model through experiments on artificial samples using plural sulfide minerals of different particle sizes and types.

キーワード：電気伝導度、IP効果
Keywords: Electrical conductivity, Spectral IP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

反射法地震探査による石垣島北方海域の地質構造
Geological structure north offshore Ishigaki-Jima estimated from seismic reflection survey

*三澤 文慶[1]、古山 精史朗[2,1]、佐藤 雅彦[3,1]、張 日新[1]、井上 卓彦[1]、荒井 晃作[1]
*Ayanori Misawa[1], Seishiro Furuyama[2,1], Masahiko Sato[3,1], Jih-Shin Chang[1], Takahiko Inoue[1], Kohsaku Arai[1]

1. 産業技術総合研究所地質情報研究部門、2. 東京海洋大学、3. 東京大学大学院理学系研究科
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. The University of Tokyo

産業技術総合研究所では2018年8月に石垣島北方海域にて，海洋資源探査船「白嶺」（石油天然ガス・金属鉱物資源機構所有）を用いて海洋地質調査を実施した．本航海では海底下地質構造の把握を行うために，反射法地震探査，マルチビーム音響測深装置を用いた海底地形調査，船上重力計を用いた重力異常観測，およびセシウム磁力計を用いた磁気異常観測を行った．本発表では，本航海で得られた反射法音波探査・海底地形・重磁力データをもとに石垣島北方海域の背弧側斜面域および沖縄トラフ域の海底下地質構造を報告する．

背弧側斜面域では2面の不整合面を認定し，堆積層を3層に区分した．背弧側斜面域では多数の正断層が発達し，海底地形にて東北東一西南西走向のリニアメントとして明瞭に認められる．これらの正断層は沖縄トラフの背弧リフティングに伴う伸張力の関与が示唆される．また，背弧海盆にあたる沖縄トラフの堆積層は1面の不整合面を認定し，2層に区分される．石垣海丘群から西方に向かって無数の東北東一西南西走向の正断層が認められる．正断層の発達に伴い凹地状の地形をなし，東北東一西南西方向のリニアメントを形成されている．この凹地状地形を形成する正断層は海底地形にも明瞭に現れているため，新しい構造と考えられる．

本発表では石垣島周辺海域での最新の調査結果を報告し，石垣島北方海域で観測された凹地状構造の成因について議論する．

キーワード：琉球弧、石垣島、沖縄トラフ、正断層、海底火山
Keywords: Ryukyu Arc, Ishigaki-Jima, Okinawa Trough, Normal fault, submarine volcano

©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26日(日) 10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:浅見 慶志朗、田中 えりか

海洋底は現在の地球上において最も活動的な場所です。海洋底で起こるさまざまな地学現象はプレートテクトニクスのみならず地球深部の構造やダイナミクス、さらに地球表層環境と密接な関わりがあります。また、海洋底には過去の環境変動の歴史や物質循環の記録が残されています。本セッションでは、”海洋底”というキーワードを含む研究成果の発表を海嶺系・沈み込み帯・ホットスポットなど地域によらず、地球物理学的・地球化学的・地質学的など研究分野によらず、観測的・実験的・理論的・技術開発的など研究手法によらず、幅広く歓迎します。多様な研究者が集い議論できる場として、新しい海洋底像を描き出すことを目標とします。共同コンビーナ：田所敬一（名古屋大）、石塚治（産総研）、土岐知弘（琉球大）、高橋成実（JAMSTEC)

10:45 ~ 11:00

[SCG56-07] The first report of the evidence for hydrothermal activity in old oceanic plate

*浅見 慶志朗[1]、町田 嗣樹[2]、平野 直人[3]、小木曽 哲[4]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科 システム創成学専攻、2.千葉工業大学 次世代海洋資源研究センター、3.東北大学 東北アジア研究センター、4.京都大学大学院 人間・環境学研究科)

11:00 ~ 11:15

[SCG56-08] X線CTによる遠洋性粘土中の堆積構造および生物源アパタイト分布の観察

*臼井 洋一[1]、飯島 耕一[1]、町山 栄章[1]、市山 祐司[2,1]、田中 えりか[3]、藤永 公一郎[4,3]、安川 和孝[3,4] (1.海洋研究開発機構、2.千葉大学、3.東京大学、4.千葉工業大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG56-09] 南鳥島EEZの拓洋第5海山東方海域におけるレアアース泥の地球化学的特徴と分布状況

*藤永 公一郎[1,2]、安川 和孝[3,1]、野崎 達生[4,2,1,5]、町田 嗣樹[1,2]、高谷 雄太郎[6,2,1]、大田 隼一郎[1,2]、矢野 萌生[3]、下村 遼[3]、田中 えりか[3]、見邨 和英[3]、堀之内 航一[3]、松本 賢治[3]、臼井 洋一[4]、山本 浩文[4]、中村 謙太郎[3]、加藤 泰浩[2,3,1]、KM17-14C航海 乗船者一同 (1.千葉工業大学 次世代海洋資源研究センター、2.東京大学 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、3.東京大学 大学院工学系研究科 システム創成学専攻、4.海洋研究開発機構、5.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、6.早稲田大学 創造理工学部 環境資源工学科)

11:30 ~ 11:45

[SCG56-10] Extended lateral correlation of deep-sea sediments around the Minamitorishima EEZ based on downhole variation of bulk chemical composition

*田中 えりか[1]、中村 謙太郎[1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2]、飯島 耕一[3]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学・工学系研究科、2.千葉工業大学・次世代海洋資源研究センター、3.海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[SCG56-11] オントンジャワ海台周辺海盆のテクトニクス

*中西 正男[1]、清水 祥伽[2]、末次 大輔[3]、佐野 貴司[4] (1.千葉大学大学院理学研究院 地球科学研究部門、2.千葉大大学院融合理工学府　地球生命圏科学専攻、3.国立研究開発法人　海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、4.国立科学博物館　地学研究部)

12:00 ~ 12:15

[SCG56-12] The Cretaceous Normal Superchron: records from the Pacific, Indian and Atlantic oceanic crust

*島 伸和[1,2]、Jerome Dyment[3]、佐藤 太一[4,5]、Yves Gallet[6]、沖野 郷子[7]、Roi Granot[8]、野木 義史[9]、望月 伸竜[10]、山崎 俊嗣[7] (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.Institut de Physique du Globe de Paris、4.産業技術総合研究所地質情報研究部門、5.The Institute for Geoscience Research (TIGeR), Curtin University 、6.French Centre National de la Recherche Scientifique、7.東京大学

大気海洋研究所、8.Department of Geological and Environmental Sciences, Ben-Gurion University、9.国立極地研究所、10.熊本大学大学院先導機構)

The first report of the evidence for hydrothermal activity in old oceanic plate

*浅見 慶志朗[1]、町田 嗣樹[2]、平野 直人[3]、小木曽 哲[4]、加藤 泰浩[1,2]
*Keishiro Azami[1], Shiki Machida[2], Naoto Hirano[3], Tetsu Kogiso[4], Yasuhiro Kato[1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科 システム創成学専攻、2. 千葉工業大学 次世代海洋資源研究センター、3. 東北大学 東北アジア研究センター、4. 京都大学大学院 人間・環境学研究科
1. Department of System Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 4. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

A petit-spot monogenic volcano erupted on flexural part of lithosphere are reported from the world ocean [1]. Many of studies about petrology, geochemistry and geochronology of petit-spot volcanos had been done to understand their origin and nature of the asthenosphere. However, there has not been any studies about hydrothermal activity because nobody has ever observed in-situ eruption of petit-spot volcanos. As petit-spot volcanic activity ubiquitously occurs in the world ocean despite its small volume, the hydrothermal activity in petit-spot volcanos must be an important process for metal flux from seafloor to ocean.

During the cruise KS-18-9 of *R/V Shinsei-maru* in August 2018, we collected some ferromanganese oxides by dredge in offshore of Fukushima prefecture where simultaneously corrected basalts show youngest eruption in previously reported petit-spot volcanoes of NW Pacific (i.e. very few alteration of glass). The metal luster and massive texture of the ferromanganese oxides are typical features of hydrothermal origin. Hence, we defined geochemical and mineralogical features of the ferromanganese oxides using (μ)XRF, ICP-MS and XRD.

Based on the ternary plot of (Ce + Y + Zr) vs. (Ni + Cu) vs. (Mn + Fe), all samples are plotted into the area of hydrothermal origin[2]. REE patterns show negative Ce anomaly and low REE content which are character of hydrothermal origin[3] besides low La/Lu ratio as low temperature hydrothermal deposits rather than high temperature (~ 350 ℃) hydrothermal deposits. The samples contain 7 Åmanganate (birnessite), quartz, plagioclase and smectite. 7 Åmanganate indicates low temperature hydrothermal activity[4] as well. As the petit-spot volcanic activity is unique heat source for hydrothermal activity at the old oceanic plate (approximately 130 Ma). Otherwise, the hydrogenetic rim of some samples which are characterized by vernadite and enrichment of Cu and Ni implies cessation of the hydrothermal activity.

This is the first report of the presence of hydrothermal activity on an old oceanic plate in NW Pacific. The hydrothermal activity possibly occurred on the foot of petit-spot knolls because hydrothermal vents and mounds, and ferromanganese samples showing sign of hydrothermal have never been found during dives of submersible *SHINKAI 6500*[5], which explore along the slope of the knoll. Petit-spot volcanoes must be more simple hydrothermal system than others because of simple heat supply from a monogenetic eruption. Hence, it is the most suitable example to understand a complete process of single hydrothermal circulation. Detailed investigations by submersible *SHINKAI 6500* are highly required to define the hydrothermal system and the metal flux from petit-spot to ocean in the future.

References

1. Hirano, 2017. *Chigaku Zasshi*
2. Josso et al., 2017. *Ore Geol Rev.*
3. Bau et al., 2014. *Chem. Geol.*
4. Usui et al., 1989. *Mar. Geol.*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

5. Azami et al., 2018. *Chem. Geol.*

キーワード：プチスポット火山、鉄マンガン酸化物、熱水活動
Keywords: Petit-spot volcano, Ferromanganese oxide, Hydrothermal activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X線CTによる遠洋性粘土中の堆積構造および生物源アパタイト分布の観察

X-ray computed tomography characterization of the distribution of biogenic apatite and sedimentary structures in pelagic clay around Minamitorishima Island, western North Pacific

*臼井 洋一[1]、飯島 耕一[1]、町山 栄章[1]、市山 祐司[2,1]、田中 えりか[3]、藤永 公一郎[4,3]、安川 和孝[3,4]
*Yoichi Usui[1], Koichi Iijima[1], Hideaki Machiyama[1], Yuji Ichiyama[2,1], Erika Tanaka[3], Koichiro Fujinaga[4,3], Kazutaka Yasukawa[3,4]

1. 海洋研究開発機構、2. 千葉大学、3. 東京大学、4. 千葉工業大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Chiba University, 3. The University of Tokyo, 4. Chiba Institute of Technology

遠洋性粘土は肉眼で確認できる堆積構造をほとんど持っていないため、岩相分類はしばしば困難である。近年、いくつかの遠洋性粘土中で、生物源アパタイト含有量に大きな変動が見つかっている。アパタイトは粘土基質より密度が高いため、その分布を物性測定により検出し、堆積構造を推定することができる可能性がある。さらに、遠洋性粘土中の生物源アパタイトにはレアアース元素が濃集しているため、アパタイトの分布の把握は資源探査にも重要である。本研究では、南鳥島周辺で採取されたピストンコアを対象に、非破壊X線CTによる密度推定と化学分析結果とを比較する。X線CTより推定された堆積物密度の深度プロファイルは、密度の直接測定結果およびガンマ線減衰とよく一致した。また、密度とレアアース元素およびリン含有量には正の相関があった。さらに、X線CT画像から、堆積構造とアパタイトの分布が明らかになった。例えば、生物擾乱が盛んな層準ではアパタイトは30cm以上鉛直方向に輸送されている一方、擾乱が穏やかな層準ではアパタイト濃集層が10cm以下の厚さである様子が見られた。こうした特徴は、肉眼でのコア観察や化学分析では見過ごされる可能性がある。したがって、遠洋性粘土に対するX線CTは、堆積構造やアパタイトおよびレアアース元素の分布を把握するために有用である。

キーワード：遠洋性粘土、X線CT、堆積構造
Keywords: pelagic clay, X-ray CT, sedimentary structures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南鳥島EEZの拓洋第5海山東方海域におけるレアアース泥の地球化学的特徴と分布状況

Geochemistry and distribution of REY-rich mud in the eastern off the Takuyo-Daigo Seamount within the Minamitorishima EEZ

*藤永 公一郎[1,2]、安川 和孝[3,1]、野崎 達生[4,2,1,5]、町田 嗣樹[1,2]、高谷 雄太郎[6,2,1]、大田 隼一郎[1,2]、矢野 萌生[3]、下村 遼[3]、田中 えりか[3]、見邨 和英[3]、堀之内 航一[3]、松本 賢治[3]、臼井 洋一[4]、山本 浩文[4]、中村 謙太郎[3]、加藤 泰浩[2,3,1]、KM17-14C航海 乗船者一同

*Koichiro Fujinaga[1,2], Kazutaka Yasukawa[3,1], Tatsuo Nozaki[4,2,1,5], Shiki Machida[1,2], Yutaro Takaya[6,2,1], Junichiro Ohta[1,2], Moei Yano[3], Ryo Shimomura[3], Erika Tanaka[3], Kazuhide Mimura[3], Koichi Horinouchi[3], Kenji Matsumoto[3], Yoichi Usui[4], Hirofumi Yamamoto[4], Kentaro Nakamura[3], Yasuhiro Kato[2,3,1], KM17-14C cruise members

1. 千葉工業大学 次世代海洋資源研究センター、2. 東京大学 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、3. 東京大学 大学院工学系研究科 システム創成学専攻、4. 海洋研究開発機構、5. 神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、6. 早稲田大学 創造理工学部 環境資源工学科

1. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 2. Frontier Research Centerfor Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo, 3. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 4. Japan Agencyfor Marine-Earth Science and Technology, 5. Department of Planetology, Graduate Schoolof Science, Kobe University, 6. Department of Resources and Environmental Engineering School of Creative Science and Engineering, Waseda University

In 2013, we discovered deep-sea sediment containing 400 –8,000 ppm of total rare-earth elements and yttrium (REY), which was termed “REY-rich mud”, within the Japanese exclusive economic zone (EEZ) around the Minamitorishima Island (Kato et al., 2013; Iijima et al., 2016; Fujinaga et al., 2016; Ohta et al., 2016; Nakamura et al., 2016; Takaya et al., 2018; Yasukawa et al., 2018). To clarify the mineralogical/chemical characteristics and distribution of the REY-rich mud in the Minamitorishima EEZ, we conducted nine research cruises over five years. During the KM17-14C cruise by *R/V KAIMEI* from December 16th, 2017 to January 7th, 2018, we investigated the distribution of the REY-rich mud in the eastern off the Takuyo-Daigo Seamount within the Minamitorishima EEZ, one of the most promising areas for REY-rich mud development. We collected five sediment cores by piston/gravity coring, and implemented bulk chemical analyses by using inductively coupled plasma quadrupole mass spectrometry (ICP-QMS) for trace and rare-earth elements, and X-ray fluorescence (XRF) for major elements. In this presentation, we report the sedimentological and geochemical features of the deep-sea sediments including REY-rich mud, and discuss the distribution of the REY-rich mud in the eastern off the Takuyo-Daigo Seamount.

キーワード：レアアース、レアアース泥、深海堆積物、南鳥島、海底鉱物資源

Keywords: rare earth elements and yttrium (REY), REY-rich mud, deep-sea sediment, Minamitorishima Island, deep-sea mineral resources

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Extended lateral correlation of deep-sea sediments around the Minamitorishima EEZ based on downhole variation of bulk chemical composition

*田中 えりか[1]、中村 謙太郎[1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2]、飯島 耕一[3]、町田 嗣樹[2]、加藤 泰浩[1,2]
*Erika Tanaka[1], Kentaro Nakamura[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Koichiro Fujinaga[2], Koichi Iijima[3], Shiki Machida[2], Yasuhiro Kato[1,2]

1. 東京大学・工学系研究科、2. 千葉工業大学・次世代海洋資源研究センター、3. 海洋研究開発機構
1. School of Engineering, The University of Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology, 3. JAMSTEC

Deep-sea sediments extremely enriched in rare-earth elements and yttrium (REY), showing up to 8,000 ppm of total REY concentration (ΣREY), exist within the Japanese exclusive economic zone (EEZ) near Minamitorishima Island in the western North Pacific Ocean [1, 2]. These deposits have stimulated interest as a new and highly promising mineral resource for REY. However, the number, occurrence depth and maximum ΣREY content of these REY-enriched layers appear to be quite variable, which makes it difficult to directly compare REY content peaks in different cores, and to investigate the geological factors controlling their formation and distribution.

Based on a careful consideration of a large geochemical dataset, we have recently recognized that deep-sea sediments within the Minamitorishima EEZ can be divided into nine types of stratigraphic layers, including three distinct REY peaks, with characteristic chemical compositions [3]. These layers deposited in a specific sequence and have lateral continuity in the Minamitorishima EEZ [3], which enables us to correlate the REY peaks in different cores.

In this study, we newly applied the chemostratigraphy to the piston core samples around the Minamitorishima EEZ collected by the MR16-07 cruise. The multi-elemental analysis suggests that the chemostratigraphy spreads out of the Minamitorishima EEZ and reaches at least ~500 km southeast of Minamitorishima Island.

References

[1] Iijima et al. (2016) Geochemical Journal, 50, 557–573.

[2] Takaya et al. (2018) Scientific Reports, 8, 1–8.

[3] Tanaka et al., submitted to Ore Geology Reviews.

キーワード：レアアース泥、化学層序、南鳥島、遠洋性堆積物
Keywords: REY-rich mud, chemostratigraphy, Minamitorishima Island, pelagic clay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オントンジャワ海台周辺海盆のテクトニクス
Tectonics of the abyssal basins surrounding the Ontong Java Plateau

*中西 正男[1]、清水 祥伽[2]、末次 大輔[3]、佐野 貴司[4]
*Masao Nakanishi[1], Shoka Shimizu[2], Daisuke Suetsugu[3], Takashi Sano[4]

1. 千葉大学大学院理学研究院 地球科学研究部門、2. 千葉大大学院融合理工学府　地球生命圏科学専攻、3. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野、4. 国立科学博物館　地学研究部
1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, 2. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science and Technology, Chiba University, 3. Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

We present the tectonics of the abyssal basins that abut the Ontong Java Plateau using the resent geophysical investigations.

Ontong Java Plateau (OJP) is the largest of the major oceanic plateaus in the Pacific Ocean basin. OJP rises about 2 km above the surrounding deep ocean floor and has an area within the 4.5 km contour of about 1.8 x 10^6 km^2. A depth to the Moho discontinuity is more than 30 km (Gladczenko, 1994; Miura et al., 2004). The evidences from drilling samples indicate that most of the OJP formed rapidly about 122 Ma at mid-southern latitude in the Pacific Basin (Mahoney et al., 1993; Tejada et al., 1996, 2002). The widely accepted hypothesis of the formation of OJP is an emergence of a plume head (e.g., Coffin and Eldholm, 1993; Neal et al., 1997). The competing hypotheses are the mantle upwelling as the result of bolide impact (Ingle and Coffin, 2004) and the entrainment of dense fertile mantle by rapid seafloor spreading (Korenaga, 2005). Taylor (2006) proposed that the Ontong Java Plateau formed as a single large volcanic province together with the Manihiki and Hikurangi plateaus ca. 120 Ma, called Ontong Java Nui (Chandler et al., 2012). The OJP formation has been a major enduring problem of marine geology over the past more than 40 years. For settlement of the argument about the OJP formation, the tectonic setting of the abyssal basins around the OJP must be revealed.

Abyssal basins are contiguous withthe OJP: the Lyra Basin to the west, the East Mariana and Pigafetta basins to the north, the Nauru Basin to the northeast, and the Stewart and Ellice basins to the southeast. Tectonic histories of the Nauru, East Mariana, and Pigafetta basins, were revealed using the Mesozoic magnetic anomaly lineations (Nakanishi et al., 1992). Those of Lyra and Stewart basins are, however, still unknown because of lack of magnetic anomaly lineations.In at least three of these basins, the Nauru, East Mariana, and Pigafetta, Lower Cretaceous flood basalts overlie older oceanic crust (Abrams et al., 1993; Shipley et al., 1993; Nakanishi and Winterer, 1998).

To expose the tectonics of the abyssal basins around OJP, we conducted geophysical investigation in Nauru, Ellice, Stewart, and Lyra basins by R/Vs *Mirai*, *Kairei*, and *Hakuho-maru*. Our geomagnetic measurement western margin of Nauru Basin exposes the extension of magnetic anomaly lineations identified in Nauru Basin by Nakanishi et al. (1992). Our geophysical investigation in the Stewart Basin show the northeast-southwest rifting in the formation of the basin.

キーワード：オントンジャワ海台、海台、太平洋プレート
Keywords: Ontong Java Plateau, oceanic plateau, Pacific Plate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Cretaceous Normal Superchron: records from the Pacific, Indian and Atlantic oceanic crust

*島 伸和[1,2]、Jerome Dyment[3]、佐藤 太一[4,5]、Yves Gallet[6]、沖野 郷子[7]、Roi Granot[8]、野木 義史[9]、望月 伸竜[10]、山崎 俊嗣[7]
*Nobukazu Seama[1,2], Jerome Dyment[3], Taichi Sato[4,5], Yves Gallet[6], Kyoko Okino[7], Roi Granot[8], Yoshifumi Nogi[9], Nobutatsu Mochizuki[10], Toshitsugu Yamazaki[7]

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. Institut de Physique du Globe de Paris、4. 産業技術総合研究所地質情報研究部門、5. The Institute for Geoscience Research (TIGeR), Curtin University 、6. French Centre National de la Recherche Scientifique、7. 東京大学大気海洋研究所、8. Department of Geological and Environmental Sciences, Ben-Gurion University、9. 国立極地研究所、10. 熊本大学大学院先導機構
1. Department of Planetology, Kobe University, 2. KOBEC (Kobe Ocean-Bottom Exploration Center), Kobe University, 3. Institut de Physique du Globe de Paris, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 5. The Institute for Geoscience Research (TIGeR), Curtin University , 6. French Centre National de la Recherche Scientifique, 7. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 8. Department of Geological and Environmental Sciences, Ben-Gurion University, 9. National Institute of Polar Research, 10. Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University

The Cretaceous Normal Superchron (CNS) is a ~40 Myr-long period extending between Chrons M0 and 34 (~120-83 Ma) during which the geomagnetic field polarity remained normal, although the possibility of some short reversed-polarity events cannot be ruled out. Systematic variations of the geomagnetic paleointensity have been suggested based on a deep-tow magnetic profile acquired in the Central Atlantic Ocean and selected sea-surface magnetic profiles worldwide crossing the whole CNS (Granot et al., *Nat. Geo.*, 2012). According to these authors, three sub-periods separated by two ubiquitous markers, Q1 and Q2, show successively moderate (M0-Q2), very dynamic (Q2-Q1) and very smooth (Q1-C34) geomagnetic paleointensity fluctuations. Here, we extend this study by using two additional data sets: a deep-tow magnetic profile acquired across the central, most dynamic part of the CNS in the South-Western Indian Ocean, and a set of sea-surface magnetic anomalies collected across two parts of the CNS in the Northern Pacific Ocean. These data sets are complementary. The high resolution of the deep-tow profiles is hampered by their uniqueness, with the risk to interpret spurious local effects as paleointensity variations. To alleviate this risk, we try to assess the two-dimensional character of the magnetized sources by analyzing vector magnetic data acquired during the South-Western Indian Ocean deep-tow survey. The advantage of the sea-surface Northern Pacific Ocean survey is the multiple profiles that can be compared and eventually stacked for a better signal/noise ratio. Unfortunately, the oceanic crust created during the CNS in the Northern Pacific Ocean displays a lot of anomalous volcanic seamounts. Again, we assess the two-dimensional character of the magnetized sources by analyzing vector magnetic data to avoid the effect of these seamounts. Only sea-surface magnetic profiles in the Northern Pacific Ocean have been collected ~5 km above the magnetic basement that results in much lower spatial resolution to compare to the ~1 km of the deep-tow profiles in the other area. But, the half-spreading rate there is 60-70 km/Myr, whereas it is ~30 km/Myr in the South-Western Indian Ocean and ~20 km/Myr in the Central Atlantic Ocean. This means that the time resolution of the deep-tow profiles becomes only about twice better than that of these sea-surface profiles in the Northern Pacific Ocean. We combine these data to evaluate the previous hypothesis of three sub-periods with distinct paleointensity signature within the CNS, assess the existence of the Q1 and Q2 markers, and tentatively build a more reliable geomagnetic paleointensity variation of the CNS.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：白亜紀スーパークロン、古地球磁場変動、地磁気異常、海洋地殻
Keywords: Cretaceous Normal Superchron, Geomagnetic paleointensity variation, Marine geomagnetic anomalies, Oceanic crust

©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26日(日) 13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:本荘 千枝、石川 直史

海洋底は現在の地球上において最も活動的な場所です。海洋底で起こるさまざまな地学現象はプレートテクトニクスのみならず地球深部の構造やダイナミクス、さらに地球表層環境と密接な関わりがあります。また、海洋底には過去の環境変動の歴史や物質循環の記録が残されています。本セッションでは、”海洋底”というキーワードを含む研究成果の発表を海嶺系・沈み込み帯・ホットスポットなど地域によらず、地球物理学的・地球化学的・地質学的など研究分野によらず、観測的・実験的・理論的・技術開発的など研究手法によらず、幅広く歓迎します。多様な研究者が集い議論できる場として、新しい海洋底像を描き出すことを目標とします。共同コンビーナ：田所敬一（名古屋大）、石塚治（産総研）、土岐知弘（琉球大）、高橋成実（JAMSTEC)

13:45 ~ 14:00

[SCG56-13] Offshore Postseismic Deformation of the 2011 Tohoku Earthquake Revisited: Application of an Improved GPS-Acoustic Positioning Method Considering Sloping Sound Speed Structure

*本荘 千枝[1]、木戸 元之[2]、富田 史章[3]、内田 直希[1] (1.東北大学理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.東北大学災害科学国際研究所、3.北海道大学大学院理学院)

14:00 ~ 14:15

[SCG56-14] S-netを用いた海域総合解析

*内田 直希[1]、東 龍介[1]、石上 朗[1]、岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、豊国 源知[1]、海野 徳仁[1]、太田 雄策[1]、佐藤 真樹子[1]、鈴木 秀市[1]、高橋 秀暢[1]、立岩 和也[1]、趙 大鵬[1]、中山 貴史[1]、長谷川 昭[1]、日野 亮太[1]、平原 聡[1]、松澤 暢[1]、吉田 圭佑[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)

14:15 ~ 14:30

[SCG56-15] GNSS-A観測から検出した浅部スロースリップ

*石川 直史[1]、横田 裕輔[2] (1.海上保安庁海洋情報部、2.東京大学生産技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG56-16] Assessing strike-slip motion at the Shionomisaki Canyon along the Nankai oblique subduction zone using acoustic ranging system

*木戸 元之[1]、荒木 英一郎[2]、辻 健[3]、山本 龍典[4]、川田 佳史[1] (1.東北大学 災害科学国際研究所、2.海洋研究開発機構、3.九州大学工学研究院、4.東北大学大学院理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[SCG56-17] Development of seafloor realtime observation network for crustal deformation in the Nankai Trough: tiltmeter installation

*荒木 英一郎[1]、横引 貴史[1]、木村 俊則[1]、西田 周平[1]、町田 祐弥[1]、小平 秀一[1] (1.海洋研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

[SCG56-18] Calibration of the DONET pressure sensor network in the Nankai trough seismogenic zone using a mobile pressure gauge

*町田 祐弥[1]、西田 周平[1]、木村 俊則[1]、荒木 英一郎[1] (1.海洋研究開発機構)

Offshore Postseismic Deformation of the 2011 Tohoku Earthquake Revisited: Application of an Improved GPS-Acoustic Positioning Method Considering Sloping Sound Speed Structure

*本荘 千枝[1]、木戸 元之[2]、富田 史章[3]、内田 直希[1]
*Chie Honsho[1], Motoyuki Kido[2], Fumiaki Tomita[3], Naoki Uchida[1]

1. 東北大学理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 北海道大学大学院理学院
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Graduate School of Science, Hokkaido University

One of the important issues on the GPS-acoustic (GPS-A) observation for sea bottom positioning is how to address the horizontal heterogeneity of the sound speed in oceans. We present an analysis method of GPS-A data in the presence of a sloping sound speed structure. By applying this method and revising the analysis scheme to make full use of existing data, we re-evaluated the horizontal postseismic deformations occurring ~1.5–5 years after the 2011 Tohoku earthquake. The revised horizontal movements have more uniform directions and rates between neighboring sites, suggesting enhancement of the array positioning accuracy. The revised displacement rate of the site on the incoming Pacific plate, located ~100 km northeast of the main rupture zone, was decreased significantly; it was only slightly, by 1.4 cm/year larger than the global motion of the Pacific plate, suggesting a relatively small effect of viscoelastic relaxation. The horizontal movements of the near-trench sites above the main rupture zone were generally landward and were significantly faster than the Pacific plate motion, indicating a viscoelastic relaxation of 5–10 cm/year. The distribution of the fast landward movements peaked near 38°N at an updip of the mainshock hypocenter and extended significantly farther to the north than to the south. This implies the existence of a secondary coseismic slip patch in the northern area in addition to a primary slip patch at ~38°N. The occurrence of episodic slow slip in early 2015 to the north of the main rupture zone was also verified from the GPS-A analyses.

キーワード：GPS-Acoustic observation、Postseismic deformation of the 2011 Tohoku earthquake
Keywords: GPS-Acoustic observation, Postseismic deformation of the 2011 Tohoku earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた海域総合解析
Comprehensive analysis for the forearc structure and dynamics by using the S-net data

*内田 直希[1]、東 龍介[1]、石上 朗[1]、岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、豊国 源知[1]、海野 徳仁[1]、太田 雄策[1]、佐藤 真樹子[1]、鈴木 秀市[1]、高橋 秀暢[1]、立岩 和也[1]、趙 大鵬[1]、中山 貴史[1]、長谷川 昭[1]、日野 亮太[1]、平原 聡[1]、松澤 暢[1]、吉田 圭佑[1]
*Naoki Uchida[1], Ryosuke Azuma[1], Akira Ishigami[1], Tomomi Okada[1], Ryota Takagi[1], Genti Toyokuni[1], Norihito Umino[1], Yusaku Ohta[1], Makiko Sato[1], Syuichi Suzuki[1], Hidenobu Takahashi[1], Kazuya Tateiwa[1], Dapeng Zhao[1], Takashi NAKAYAMA[1], Akira Hasegawa[1], Ryota Hino[1], Satoshi Hirahara[1], Toru Matsuzawa[1], Keisuke Yoshida[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University

沈み込み帯研究のフロンティアである前弧の海域下において，防災科学技術研究所は新たに日本海溝海底地震津波観測網（S-net）を構築した．S-netは東北日本の太平洋側の海岸から約200kmの範囲を海溝直交方向に約30km，海溝平行方向に50-60km間隔でカバーする150点の海底観測点からなり，その速度と加速度の連続データが，2018年10月より2016年8月に遡って公開された．観測空白域に設置されたこの観測網は，沈み込み帯の構造およびダイナミクスの解明に風穴をあける可能性がある．本発表ではこの新しいデータを用いた最初の研究を紹介する．

まず，海底の速度計・加速度計の3軸の方向を，加速度計による重力加速度および遠地地震波形の振動軌跡を用いて推定した．その結果，2つの地震に伴って1°以上のケーブル軸周りの回転が推定されたが，それ以外には大きな時間変化は見られないことがわかった．また，センサーの方位は，5-10°の精度で推定できた．さらに得られた軸方向を用い，東西・南北・上下方向の波形を作成した（高木・他，本大会）．

海底観測に基づく震源決定で重要となる浅部の堆積層についての研究では，PS変換波を用いた推定により，ほとんどの観測点で，350-400mの厚さに相当する1.3 –1.4 秒のPS-P 時間が観測された．ただし，千島-日本海溝の会合部海側と根室沖の海溝陸側では，さらに堆積層が厚い可能性がある（東・他，本大会）．また，雑微動を用いた相関解析でも10秒以下の周期で1.5 km/s と0.3 km/sの2つの群速度で伝播するレイリー波が見られ，それぞれ堆積層と海水層にエネルギーを持つモードと推定された（高木・他，本大会）．さらに，近地地震波形の読み取りによっても，堆積層およびプレート構造の影響を明らかにすることができた．1次元および3次元速度構造から期待される走時との比較により，それぞれ陸域の地震の海溝海側での観測で3秒程度（岡田・他，本大会），海域の地震で場所により2秒程度（豊国・他，本大会）の走時残差が見られた．これらは，震源決定や地震波トモグラフィーの際の観測点補正などとして用いることができる（岡田・他，本大会; 豊国・他，本大会）．

もう少し深い上盤の速度構造もS-netのデータにより明らかとなった．遠地地震の表面波の到達時間の差を用いた位相速度推定では，20-50sの周期について3.6-3.9km/sの位相速度を得ることができた．これはRayleigh波の位相速度として妥当な値である．また，得られた位相速度の空間分布は，宮城県・福島県沖の領域で周りに比べて高速度を示した（石上・高木，本大会）．この高速度は，S-netを用いた近地地震の地震波トモグラフィーからも推定されている．また，このトモグラフィーでは，S-netの利用により海溝に近い場所までの速度構造がよく求まることが示された（豊国・他，本大会）．雑微動解析によっても，周期30秒程度の長周期まで観測点間を伝播するレイリー波およびラブ波を抽出することができた．これらも地殻構造の推定に用い

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ることができる（高木・他，本大会）．また，海域の前弧上盤の構造についてはS-net 観測点を用いたS波スプリッティング解析によって速度異方性の特徴が明らかになった．プレート境界地震を用いた解析から，速いS波の振動方向は，海溝と平行な方向を向く傾向があり，マントルウエッジの鉱物の選択配向や上盤地殻のクラックの向きを表している可能性がある（内田・他，本大会）．

プレート境界においては，繰り返し地震がS-net速度波形によっても抽出できることが示された．プレート境界でのスロースリップの検出やプレート境界の位置推定に役立つ可能性がある（内田・他，本大会）．さらに，S-net加速度計のデータの中には，潮汐と思われる変動が観測されるものもあり，プレート境界におけるスロースリップによる傾斜変動を捉えられる可能性があるかもしれない（高木・他，本大会）．

以上のように，東北日本の前弧海洋底における連続観測について，そのデータの特性が明らかになるとともに，浅部から深部にわたる沈み込み帯の構造や変動についての新たな知見が得られつつある．これらの研究は技術的にも内容的にもお互いに密接に関わっており，総合的な解析の推進がさらなるデータ活用につながると考えられる．

謝辞：S-netの構築・データ蓄積および公開に携わられた皆様に感謝いたします．

キーワード：S-net、沈み込み帯、海底観測
Keywords: S-net, Subduction zone, Ocean bottom observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSS-A観測から検出した浅部スロースリップ
Shallow slow slip event inferred from GNSS-A seafloor geodesy

*石川 直史[1]、横田 裕輔[2]
*Tadashi Ishikawa[1], Yusuke Yokota[2]

1. 海上保安庁海洋情報部、2. 東京大学生産技術研究所
1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 2. Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

南海トラフ地震震源域をはじめとする海溝型巨大地震の震源域では、陸域の稠密な地震・地殻変動観測網により、プレート境界深部における多様なスロー地震が検出され、その研究が進展している。一方、海域にあたるプレート境界浅部においては、海域観測の難しさから、その調査は限定的である。近年の海底地震計、海底圧力計、孔内観測などの海域観測の進展により、プレート境界浅部においても低周波微動や短期的スロースリップイベント（SSE）が捉えられるようになってきた（例えば、Yamashita et al., 2015, Wallace et al., 2016, Araki et al., 2017）。

スロー地震の中でも、数ヶ月を超えるような時間スケールを持つ長期的SSEは、プレート境界深部においては、長期の変動に感度をもつGNSSによって検出されている。そのアナロジーから、プレート境界浅部においてその役割を担うのはGNSS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測（GNSS-A）となる。しかしながら、GNSS-A観測は、観測の都度船で現場に赴くという観測スタイルであることから、年間の観測回数が数回程度である。また、測位精度も標準偏差で2~3cm程度である。長期的SSEは、数ヶ月～1年程度の間に数cmという短期で微小な変化であるため、GNSS-A観測での検出は困難である。

我々の観測グループでは、SSEの様な短期で微小な減少を検出するための技術開発を進め、年間の観測頻度6～8回、観測精度を2cm程度まで改善することに成功した(横田ほか2017、Yokota et al., 2018)。その結果、2017年末頃から紀伊水道沖において、浅部のSSEに起因すると考えられる非定常な地殻変動の検出に成功した。

この時の地殻変動は、最大で10cm程度におよぶ比較的規模の大きなものであったため、GNSS-Aの観測でも比較的容易に捉えることが可能であった。さらに小さな規模のSSEを検出することを目指して、ばらつきの大きい時系列データからの微小な変化を客観的に検出する方法についての検討を行った。Nishimura et al. (2013)はAICを用いた検定によってGNSSデータから深部の短期的SSEの検出を試みた。同様の手法をGNSS-Aデータ用に修正して、浅部のSSEの検出を試みた結果、紀伊水道沖だけではなく、熊野灘や日向灘の浅部においてもSSEとみられる通常とは異なる変動が検出された。統計的に非定常な変動を検出する方法は多様であり、AICはその一例である。さらに他の統計的手法の適用についても検討を進める必要がある。

AICで検出された変動について、グリッドサーチによって最適な断層モデルを求めた。しかしながら、現在の観測点は80～100km間隔であるため、変動が現れている観測点は1～2点程度である。そのため断層の推定にも大きな不確定性がともなっていると考えられる。

キーワード：GNSS-A海底地殻変動観測、スロースリップ
Keywords: GNSS-A seafloor geodesy, Slow slip event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessing strike-slip motion at the Shionomisaki Canyon along the Nankai oblique subduction zone using acoustic ranging system

*木戸 元之[1]、荒木 英一郎[2]、辻 健[3]、山本 龍典[4]、川田 佳史[1]
*Motoyuki Kido[1], Eiichiro Araki[2], Takeshi Tsuji[3], Ryusuke Yamamoto[4], Yoshifumi Kawada[1]

1. 東北大学 災害科学国際研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 九州大学工学研究院、4. 東北大学大学院理学研究科
1. International Research Institute for Disaster Science, Tohoku University, 2. JAMSTEC, 3. Dept. Earth Resources Engineering, Kyushu University, 4. School of Science, Tohoku University

Nankai trough is known as an oblique subduction zone, and may have trench-parallel strike slip motion along the extent of the outer ridge at least in geological time scale. Tsuji et al. (2014) pointed out that the right-lateral strike slip motion at least in geological timescale is evident from the offset at the Shionomisaki Canyon truncating the trench-parallel linearment. We installed short baseline acoustic ranging system at this site to measure a possible offset to reveal whether such displacement is steady state phenomenon or episodic one. We deployed three acoustic units forming a triangle array with a dimension roughly equal to the depth (~3000m) in 2016 and just have recovered in 2019. The total observation period reached to ~2 years before the batteries were exhausted. The southern baseline of the array is on the same segment, while the northern baseline crossing the trench parallel linearment obliquely. If there were any strike skip motion during our observation period, shortening should be observed only for the northern baseline. All of the three units were recovered in Shinsei-maru cruise (KS19-02), and we confirmed that all data, acoustic traveltimes for ranging, temperature and pressure for sound speed correction, were available properly. Preliminary analysis shows no significant shortening for both the baseline. However scatter is still large to identify the real signal due to large temperature fluctuation beyond the usual correction. More complicated temperature correction considering the time-difference among the three temperature data have to be applied to remove the noise before we conclude the result.

キーワード：南海トラフ、斜め沈み込み、海底間音響測距
Keywords: Nankai Trough, Oblique subduction, seafloor acoustic ranging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of seafloor realtime observation network for crustal deformation in the Nankai Trough: tiltmeter installation

*荒木 英一郎[1]、横引 貴史[1]、木村 俊則[1]、西田 周平[1]、町田 祐弥[1]、小平 秀一[1]
*Eiichiro Araki[1], Takashi Yokobiki[1], Toshinori Kimura[1], Shuhei Nishida[1], Yuya Machida[1], Shuichi Kodaira[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Dense ocean-floor network for earthquake and tsunami in the Nankai Trough has been operational since 2010 monitoring earthquake and Tsunami activity in real-time in the seismogenic zone of Tonankai and Nankai earthquakes off Kii peninsula and off Shikoku Island of Japan.

The DONET observation system was designed so that new sensors may be added after deployment of the system, which is first utilized to connect deep borehole observatories deployed by IODP D/V Chikyu. The connection to the DONET enabled us to obtain continuous observation data and this led to discovery of repeating slow slip in the shallow part of the subducting plate (Araki et al., 2017). Currently, three such deep borehole observatories (C0002, C0010, C0006) are operational and providing borehole geodetic data in real-time. The sensitivity of the borehole to such slow slip events is significantly high and only these borehole can detect such repeating small slow slip events in the Nankai Trough. The distribution of the borehole observatories are not very suitable, though, to model area of observed slow slip, due to linear array of these three observatories. Wide spread of observatories sensitive enough to these slow slip events is crucial for such more detailed analysis of slow slip events.

Therefore, in addition to the deep borehole observatories, we plan to establish seafloor observatories that are sensitive to observe slow slip events, which can also be deployed and connected to DONET with lower cost. In our plan, the seafloor observatory (called seafloor observatory for crustal deformation) consists of tiltmeter deployed in shallow hole, fiber optic strainmeter, and seafloor pressure gauge.

We started construction of such seafloor observatories for crustal deformation in 2018. The first observatory is located east of the deep borehole observatory array (C0002, C0010, and C0006) near B-Node of DONET-1. We drilled 8.6 m borehole in October 2018 by R/V Kaimei and seafloor drill called BMS. We installed a Lily tiltmeter in February 2019 and connected the shallow hole tiltmeter to DONET via an interface box which will also be used to connect other sensors (seafloor fiber optic strainmeter and pressure gauge) in the future. The tiltmeter in the shallow hole was packed with sand to the top of the borehole to enhance stability of the tiltmeter in the hole. The initial data from the tiltmeter showed significant drift over 50 microradians a day, but appears to get stable gradually over a week period after the deployment. We analyze initial stabilization history of the shallow hole borehole tiltmeter to improve our installation technique in the future installation of tiltmeters in the seafloor.

We plan to complete installation of the observatory by adding fiber optic strainmeter and pressure gauge this year. Also, another observatory installation is planned in 2019 in DONET-2 area where JHD reported crustal deformation over a year in 2017-2018.

キーワード：南海トラフ、ゆっくり滑り、海底ケーブル観測

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the Nankai Trough, slow slip event, seafloor cable observatory

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Calibration of the DONET pressure sensor network in the Nankai trough seismogenic zone using a mobile pressure gauge

*町田 祐弥[1]、西田 周平[1]、木村 俊則[1]、荒木 英一郎[1]
*Yuya Machida[1], Shuhei Nishida[1], Toshinori Kimura[1], Eiichiro Araki[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Monitoring of long-time seafloor displacements in a dense and wide area in a seismogenic zone are key to understand strength of plate coupling related to occurrence of large interplate earthquakes. Precise pressure measurements on the seafloor have been thought to be useful tools for detecting long-time vertical seafloor displacements. However a pressure sensor has inherent instrumental drift at a maximum rate of 10 hPa/year. Therefore we need to calibrate each pressure sensor absolutely on the seafloor using high accuracy pressure gauge. Machida et al. (2017) has laboratory evaluated dependencies of temperature and pressure condition of quartz pressure gauge assuming a transport condition between laboratory and seafloor. Based on their results, we have developed a mobile pressure gauge for calibration of the seafloor pressure sensor (Machida et al., 2018, Nishida et al., 2019). The gauge is designed to decrease uncertainties of the quartz pressure sensor proposed by the Machida et al. (2018), and enables us to calibrate seafloor pressure sensor at accuracy of less than 1 hPa. We performed an in situ calibration of the DONET pressure sensor which are installed in the stations of 2C-10 and 1B-8 in October 2018 and February 2019, respectively. And we plan to recalibrate the DONET pressure sensor in May 2019, and estimate each drift component of the DONET pressure sensor. In the presentation, we show a first light of the calibration of the DONET pressure sensors, and a future plan for calibration of the DONET pressure sensors in the Nankai trough seismogenic zone.

キーワード：校正用水圧計、DONET水圧計ネットワーク、校正、地殻変動、南海トラフ
Keywords: Mobile pressure gauge, DONET pressure sensor network, Calibration, Crustal deformation, Nankai trough

©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26日(日) 15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG56] 海洋底地球科学

コンビーナ:沖野 郷子(東京大学大気海洋研究所)、座長:今野 美冴、野 徹雄

海洋底は現在の地球上において最も活動的な場所です。海洋底で起こるさまざまな地学現象はプレートテクトニクスのみならず地球深部の構造やダイナミクス、さらに地球表層環境と密接な関わりがあります。また、海洋底には過去の環境変動の歴史や物質循環の記録が残されています。本セッションでは、”海洋底”というキーワードを含む研究成果の発表を海嶺系・沈み込み帯・ホットスポットなど地域によらず、地球物理学的・地球化学的・地質学的など研究分野によらず、観測的・実験的・理論的・技術開発的など研究手法によらず、幅広く歓迎します。多様な研究者が集い議論できる場として、新しい海洋底像を描き出すことを目標とします。共同コンビーナ：田所敬一（名古屋大）、石塚治（産総研）、土岐知弘（琉球大）、高橋成実（JAMSTEC)

15:30 ~ 15:45

[SCG56-19] Analysis of GNSS/Acoustic geodetic data including the period of the transponder replacement

*Ikuta Ryoya[1]、Koto Mizuno[1]、Horng-Yue Chen[3]、Masataka Ando[2]、Takeru Komi[1] (1.Faculty of Science, Shizuoka University、2.Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University、3.Institute of Earth Science, Academia Sinica)

15:45 ~ 16:00

[SCG56-20] IPR（Indirect Path Ranging）：中継機を利用した長基線音響測距を可能にする手法

*山本 龍典[1]、日野 亮太[1]、木戸 元之[2] (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)

16:00 ~ 16:15

[SCG56-21] 精密な鉛直変位の測位に向けた拡張カルマンフィルタによるキネマティックGNSS音響測位手法の開発

*富田 史章[1]、木戸 元之[2]、本荘 千枝[3]、松井 凌[3] (1.北海道大学大学院理学研究院、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東北大学大学院理学研究科)

16:15 ~ 16:30

[SCG56-22] DOPを指標とした係留ブイGNSS-A測位精度評価の実データに基づく定量化

*今野 美冴[1]、木戸 元之[2,3]、本荘 千枝[3]、太田 雄策[3]、日野 亮太[3] (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.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知観測研究センター)

16:30 ~ 16:45

[SCG56-23] 海中音速構造の不均質性を考慮したGNSS/音響方式による海底地殻変動解析

*衣笠 菜月[1]、田所 敬一[1]、寺田 幸博[2]、加藤 照之[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.高知工業高等専門学校、3.神奈川県温泉地学研究所)

16:45 ~ 17:00

[SCG56-24] 石狩海盆でのOBNを用いた海底下構造イメージング

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、清水 賢[2]、横田 哲也[2]、Karl Hosgood[3]、Masako Robb[3]、鶴 哲郎[4] (1.海洋研究開発機構 、2.日本海洋事業、3.Emerson E&P Software、4.東京海洋大)

Analysis of GNSS/Acoustic geodetic data including the period of the transponder replacement

*Ikuta Ryoya[1], Koto Mizuno[1], Horng-Yue Chen[3], Masataka Ando[2], Takeru Komi[1]

1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, 3. Institute of Earth Science, Academia Sinica

In this study, we analyzed GNSS/Acoustic geodetic data including the period of the transponder replacement. The data were obtained 60km off Yilan, north eastern coast of Taiwan from May 2009 to May 2016. The site is located just south to the rifting valley in the western end of the Okinawa Trough back-arc basin. The GNSS/Acoustic measurements were conducted for four times from May 2009 to August 2012 and eight times from July 2012 to May 2016. Although the seafloor crustal deformation of the latter eight epochs has been already reported by Chen et al. [2018, GRL], the geodetic data of the former four epochs haven not been analyzed. This is because of a replacement of the seafloor transponders due to the battery depletion between former four epochs and latter eight epochs. Although the last observation of the former four epochs (August 2011) used three transponders, two of them did not reply to the acoustic ranging in July 2012 and then three transponders were newly installed instead. Therefore, the common transponder is only one between the former and the latter epochs. Generally in GNSS/Acoustic measurement, the centroid of the transponder arrays is regarded as a benchmark position which represents the seafloor motion. Because the centroids of the transponder arrays differ greatly between the former and the latter epochs due to the replacement, we cannot recognize these epochs as a continuous series of the observation. Thus We developed a new solution method to deal with the epochs with only a few common transponders as a continuous observation series. The new method solves not the centroid but the motion of the common transponders between different epochs directly. Solving only one configuration of the transponder array from the whole measurement data, the relative motion can be solved more robustly than solving the centroid independently for each epoch. We applied this method to the data and verified the continuity of the estimated benchmark motion comparing with a simulation. The simulation was conducted given an artificial transponder replacement based on the real data. As a result, when enough data are provided in each epochs, we can consider the former and the latter epochs as a continuous series of the observation with an error within 10cm in horizontal component. However, the result of the real data analysis generated about 40cm discrepancy between the former and the latter epochs. From the additional simulation, it was suggested that significantly small number of the acoustic ranging in the observation just before the battery depletion would affect the continuity of the benchmark position as well as the small number of transponders in the former epochs which was three instead of the four in the latter epochs. However, simulation also suggested that the motion of the benchmark within each epoch group before and after the replacement can be solved well. The solved benchmark velocity which is assumed to be same between the former and the latter is identical to the velocity reported in Chen et al. [2018, GRL]. This result suggests that there was no back-arc opening evet during the former epochs.

Keywords: Seafloor crustal deformation, GNSS/Acoustic measurement, Okinawa Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IPR（Indirect Path Ranging）：中継機を利用した長基線音響測距を可能にする手法

IPR (Indirect Path Ranging): a new approach for long-distance acoustic ranging with a moored relay node

*山本 龍典[1]、日野 亮太[1]、木戸 元之[2]
*Ryusuke Yamamoto[1], Ryota Hino[1], Motoyuki Kido[2]

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
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

GNSS-音響結合方式（GNSS-A）や海底圧力計（OBP），海底間音響測距（DPR）などの海底測地技術は，海域の地殻変動をその場で計測するものである．特にDPRは海底の局所的な変位を，精密かつ連続的に直接測ることができる．DPRは海底に設置された2対の音響トランスデューサーの間で定期的に音響測距を行う手法で，1 kmの基線の場合，海中の環境にも依るが，およそ1–2 mmの精度である．観測期間は，ポップアップ回収の有無にもよるが，現状では3年以上の計測が可能であることがわかっている．しかし，DPRの一番の難点は，基線が長くなるほどトランスデューサー間の音響パスを海底地形と干渉させずに通すのが難しいことである．例えば10 kmの基線の場合，通常の音速深度勾配下では音線は142 mも下に湾曲する．また，海底局の設置点周辺の地形図には現れない局所的な起伏により音響パスが阻まれるケースも多い．

そこで，本研究では，音響パスの中ほどに音響中継器を設置し，確実にパスを通す手法を開発した．中継機を介した間接測距となるためIndirect Path Ranging（IPR）と呼ぶ．Sweeney et al. (2005, *Mar. Geod.*) は，船から海底500 mの高さに中継機を吊り下げたキャンペーン観測で，5 kmの基線を数cmの精度で計測できたと報告している．一方，本研究で開発した手法は，連続観測が可能なよう中継機を中層係留する方式である．IPRでは，各パスの測距中に中継機が動くと計測精度が下がるため，船のヒーブの影響を受けやすい吊り下げ式よりも，安定した深海での係留式の方が有利であると考えられる．

観測は，2011年東北地方太平洋沖地震の余効すべりが沈み込み浅部で顕著であるという報告がある福島沖 (e.g., Iinuma et al., 2016, *Nature Comm.*) を選び，2017年10月から2018年8月までの10ヶ月間の観測を行った．5台の海底局を海溝斜面に設置し，その中心付近の海溝軸に中継機を係留した．1500 mの係留索を用いて，中継機と他の海底局の水深がほぼ同じになる配置とした．海溝の谷地形を利用したが，基線が長いこともあり，DPRではわずか1基線でしかパスが通らなかったものの，中継機を介したIPRでは5本すべての基線でパスが通った．海底局と中継機との基線長は最長で9180 mだが，その基線でも観測期間の8割以上の期間でパスが通っていることが確認できた．

まず，中継機から同時測距可能な4台の海底局の往復走時から，中継機の位置を推定する初期解析を行った．その結果，各局の走時残差が距離換算で10 cm程度のばらつき（RMS）で，中継機の動きを推定できた．中継機はほとんどの期間，半径50 mの円内での動きに収まっていたが、最大300 mのエクスカーションも見られた．音響パスが全て水平に近いので，上下の動きの推定精度は著しく悪いと予想されるが，圧力データを併用することで上下の動きを強く制約できる見込みである．もっとも，中継機の上下位置の不確定性は基線長推定への寄与は小さいので，あまりクリティカルではない．今後，往復走時に音速補正を施し，より正確に中継機の位置を推定した後，中継された基線長を推定する予定である．

謝辞：本研究は科研費（JP26000002）の支援で行われました．観測機器の設置・回収は新青丸航海（KS-16-14; KS-18-13）及び白鳳丸航海（KH-17-J02）で行われました．

キーワード：海底測地、海底間音響測距、係留系音響測距、東北地方太平洋沖地震、余効すべり
Keywords: Seafloor geodesy, Direct path ranging, Indirect path ranging, 2011 Tohoku Earthquake, Postseismic slip

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

精密な鉛直変位の測位に向けた拡張カルマンフィルタによるキネマティックGNSS音響測位手法の開発

Development of a kinematic GNSS-A positioning method using the extended Kalman-filter to detect precise vertical displacement

*富田 史章[1]、木戸 元之[2]、本荘 千枝[3]、松井 凌[3]
*Fumiaki Tomita[1], Motoyuki Kido[2], Chie Honsho[3], Ryo Matsui[3]

1. 北海道大学大学院理学研究院、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University

１．背景

GNSS音響結合方式による海底地殻変動観測(GNSS-A観測)は，観測船を用いたキャンペーン観測（e.g., Tomita et al., 2017）によって成果が挙げられている他，近年では係留ブイを用いた連続観測も試みられている (e.g., Kido et al., 2018)．従来のGNSS-A海底局アレイ位置解析では，全海底局に対して同時測距を行うことで１ショット毎に測位解を得られるため（e.g., Spiess et al., 1998; Kido et al., 2006），連続観測によるリアルタイム測位も可能である．ただし，従来の手法は水平成分の測位解を得ることに主眼を置いており，鉛直成分のキネマティックな測位解の精密な測位は検討されていなかった．

一方で，富田・他（2018, 測地学会）は，拡張カルマンフィルタを用いたキネマティックGNSS-A測位(EKF-based GNSS-A測位)を試み，平均音速の時間変化に拘束を与えることで鉛直成分の測位解の精度向上を図れることを示した．しかし，どの程度の精度向上を図れるかは十分に議論できていなかった．

２．数値実験

富田・他（2018, 測地学会）で示したEKF-based GNSS-A測位手法を，数値実験データに適用した．ここでは，複数の仮想的な海底局配置（①４海底局による四角形配置，②6海底局による二重三角形配置，③4海底局による三角形と中心１点配置）に基づく観測点に対してシミュレーションデータを作成し，海底局配置の違いによる鉛直成分の測位解の挙動を検証した．その結果，海上の１点からでも多様な射出角の音響測距データの得られる海底局配置（上記，②・③）では従来のGNSS-A測位手法でもキネマティックな鉛直成分の測位解が得られ，かつ拡張カルマンフィルタを用いることでその測位精度が向上することが示された．

３．実データへの適用

EKF-based GNSS-A測位手法を，東北沖での観測船によるキャンペーン観測実データ(Tomita et al., 2017)に適用した．実データは，全て海底局配置②で得られたものを用いた．各キャンペーン内では，本来鉛直成分の測位解は時間的に変化しないと考えられるが，従来のGNSS-A測位手法と拡張カルマンフィルタを用いた場合の両者とも同じような緩やかな時間変化を持って測位解が変化し，キャンペーン内での標準偏差は両者ともおよそ10cm程度であった．このような大局的な鉛直方向の時間変化は，藤田・矢吹 (2003)の手法に基づいて得られる海上局のキネマティックGNSS測位の誤差と同様であったことから，キネマティックGNSS測位精度の向上によってある程度改善が見込まれると考えられる．一方で，短時間で見ると，EKF-based GNSS-A測位手法による解は，従来手法による解に比べてばらつきが小さくなっていることが確かめられた．上記の大局的な時間変動の影響を除くため，測位解の差分時系列を求めたところ，そのばらつきは従来手法で約10cm程度，拡張カルマンフィルタを用いた場合は約5cm程度であった．これらのことから，鉛直成分の測位解の確度については，キネマティックGNSS測位を含めた改善の余地があるものの，１ショットごとの精度については拡張カルマンフィルタの導入によって大きく改善されたと言える．

４．リアルタイム測位に向けた検討

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

拡張カルマンフィルタを用いる場合，適切なプロセスノイズを与える必要がある．尤度に基づいてプロセスノイズの最適値を検討したところ，どの観測点・どのキャンペーンデータに対しても最適値は同じような値をとったため，プロセスノイズを固定して解析をすることが可能であると考えられる．プロセスノイズが固定できれば，拡張カルマンフィルタの計算コストは非常に小さいため，係留ブイを用いた連続観測に適用できると考えられる．また，係留ブイを用いた連続観測では消費電力を抑えるため音響測距の頻度を高くできない問題点があるため，実観測データをリサンプリングすることで測位精度への影響を検証した．結果として，サンプリング間隔が30分よりも長いと従来の手法と拡張カルマンフィルタを用いた場合の測位精度の差はほとんどなくなることが分かった．そのため，拡張カルマンフィルタの導入による精度向上の恩恵が得るためには，30分よりも短いサンプリング間隔にする必要がある．

キーワード：海底地殻変動観測、カルマンフィルタ、リアルタイム測位
Keywords: Seafloor geodetic observation, Kalman-filter, Real-time positioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DOPを指標とした係留ブイGNSS-A測位精度評価の実データに基づく定量化

DOP-based accuracy evaluation of GNSS-A positioning on a drifting moored buoy quantified using sea trial observation data

*今野 美冴[1]、木戸 元之[2,3]、本荘 千枝[3]、太田 雄策[3]、日野 亮太[3]
*Misae Imano[1], Motoyuki Kido[2,3], Chie Honsho[3], Yusaku Ohta[3], Ryota Hino[3]

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. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知観測研究センター
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. nternational Research Institute for Disaster Science, Tohoku University, 3. Reserch Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University

我々は，任意の頻度で定期的に，あるいはオンデマンドで海底地殻変動を自動計測することができる係留ブイを海上プラットフォームとしたGNSS-Acoustic (GNSS-A)観測システムを開発している（Takahashi et al., 2014）．本観測システムでは甚大な津波被害をもたらす M8 クラスの巨大地震発生直後に，任意の観測位置からの短時間測距で断層破壊による海底地殻変動（～1 m）を検出することを目標としている．係留ブイを用いた観測システムを日本周辺の強海流域で運用するためには，水深より十分長い係留索を用いて張力を下げる必要がある．そのためブイが大きく振れ回り，測位精度劣化が予想される海底局アレイの外側（Kido, 2007）から計測せざるを得ない場合も多く，定点保持が可能な従来の船舶観測より測位条件が厳しい．我々は南海トラフ近傍の想定震源域（水深 3000m）で約 1 年間にわたり係留ブイGNSS-A観測を実施し，音響測距1ショットごとにアレイ位置（測位解）を推定してその測位精度評価を行なってきた．水平方向の測位精度を測位解の標準偏差の2倍（2σ）として定義すると，測位精度はアレイ内側にブイがいるときで46 cm，アレイ外側では97 cmとなり，アレイ重心から観測位置までの水平距離が大きくなるにつれ測位精度が劣化することが示された（今野・他，2017; Kido et al., 2018）．また，測位解のばらつきが観測位置からアレイ重心への視線方向に大きくなるという特徴から，両者の位置関係によって水平2成分の測位精度が異なるという測位精度の指向性が示された（今野・他，2018）．本研究では，これまでに明らかになった係留ブイGNSS-A測位精度の観測位置依存性や指向性に基づき，任意の観測位置からの 1 回の測位で得られる海底水平変位の推定精度を求める方法を提案する．

係留ブイGNSS-A測位解の特徴を詳細に調べた結果，現状の測位誤差は主にデータ誤差に起因することがわかった（今野・他，2018）．したがって，任意の1点におけるGNSS-A測位精度は，海上局と海底局の位置関係から求められる精度劣化指標（データ誤差の最大拡大率）のスケーリングによって定量的に評価できると考えられる．そこで，GNSS測位で用いられる Dilution of Presicion (DOP: Langley, 1999) を導入し，GNSS-A測位の精度劣化指標を導出した．従来のGNSS-A測位の精度劣化指標として用いられてきた観測方程式のヤコビアン行列の条件数により定義される測位解像度（Kido, 2007）と比べ，DOPは測位精度の指向性についても見積もることが可能である．Langley (1999) の定義に従いGNSS-A測位の観測方程式からデータ誤差の拡大係数行列を求め，その対角成分を用いて DOP（EDOP: 東西成分，NDOP: 南北成分）を算出した．ただし，東西成分と南北成分の共分散値に相当する非対角成分が観測位置によっては有意に大きかったため，誤差拡大係数行列を対角化し任意の観測位置での2次元誤差楕円を得た．この誤差楕円は観測位置がアレイ重心から離れるに従い大きくなり，楕円の長軸の方向は観測位置からアレイ重心への視線方向とほぼ一致した．これは，係留ブイ観測および船舶観測データを用いて推定された測位解の特徴と一致した．

解析的に求めた誤差楕円の長半径・短半径は，走時残差の標準偏差を乗ずることで長軸・短軸方向の測位精度にスケーリングすることができる．そこで係留ブイGNSS-A観測で得られた全データ（527ショット）を用

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

いて一つの測位解を推定したときの走時残差の標準偏差σを求め，σ=0.098 msを得た．誤差楕円とこのσ値から得られる測位精度は，実際の係留ブイ観測による測位解の標準偏差とよく一致した．このことから，本研究で求めた測位精度は任意の観測位置における係留ブイ観測の測位精度を再現できると言える．

本研究により，任意の観測位置でGNSS-A測位を行ったときの水平測位精度を，解析的に導出した誤差楕円とその測位精度へのスケーリングにより算出する方法が示された．これにより，地震発生直後のごく短時間の測位で得られる海底地殻変動量の，指向性も含めた精度評価が可能となった．本発表では，上記の測位精度の導出過程とその結果に加え，巨大地震発生時のリアルタイムGNSS-A測位を想定した議論も行う．

謝辞： 本研究で使用したデータは，文部科学省の受託研究「海底地殻変動観測技術の高度化」，JST 戦略的イノベーション創造プログラム (レジリエントな防災・減災機能の強化)，南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの研究の一環で得られたものです．記して感謝いたします．

キーワード：GNSS-A 測位、係留ブイ、DOP
Keywords: GNSS-A measurement, Moored buoy, DOP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海中音速構造の不均質性を考慮したGNSS/音響方式による海底地殻変動解析

Analysis for GNSS/acoustic ocean bottom crustal deformation considering the heterogeneity of sound speed structure in ocean

*衣笠 菜月[1]、田所 敬一[1]、寺田 幸博[2]、加藤 照之[3]
*Natsuki Kinugasa[1], Keiichi Tadokoro[1], Yukihiro Terada[2], Teruyuki Kato[3]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 高知工業高等専門学校、3. 神奈川県温泉地学研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. National Institute of Technology, Kochi College, 3. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefectural Government

GNSS (global navigation satellite system) 音響方式による海底地殻変動観測では, 船舶やブイから海底に設置された海底局までの距離を音響信号で測距し, 解析から得られる海底局位置の長期的な変化を観察する. 1つの観測点に複数の海底局を設置してあるため, 船舶による観測の場合海底局アレイの周りと各局の真上から測距している. 解析では海底局間の相対位置, つまりアレイ形状は, 時間的に変化しないものと仮定し, 船舶による観測ごとに海底局アレイ位置を推定する手法をとっている. したがって, 地殻変動を精度よく推定するには, まず正しいアレイ形状を推定することが必要となる.

海底局位置の推定誤差の主要な原因は, 海中での音波の伝播速度が時間的にまた空間的に変化することにある. 音速は, 潮汐により半日から1日周期で変化し, また内部重力波により10分から1時間程度の周期で時間変化すると考えられている. 1回の観測の間は海底局位置が変化しないと仮定して解析することで, 長周期の時間変化は容易に推定できる. また短周期の変化は観測走時に含まれる雑音と見なせば, 海底局位置のバイアス誤差の原因とはならないと考えられる. 一方, 空間勾配は音速が海水の温度と圧力, 塩分によって変化することによって生じる. 垂直方向の速度勾配は, 音響測距と並行して行うCTD (conductivity, temperature, depth profiler) 測定でプロファイルが得られる. 水平方向の空間勾配は主に温度勾配によって生じる. 特に黒潮流域に設置された観測点では顕著な温度勾配が観測されている. 我々は音速の水平勾配が海底局位置のバイアス誤差の最大の原因となると考えた. そこで本研究は海底局アレイ形状を高精度に推定することを目的として, 海中音速の時空間変化を考慮した解析手法の開発を行った.

黒潮流域に設置された足摺沖と熊野灘沖の名古屋大学の観測点について, 水平方向に一定の勾配を仮定した音速構造を推定する解析手法を開発し, 適用した. その結果から水平勾配を考慮しない場合, 音速の速い場所に位置する海底局は浅く, 音速の遅い場所に位置する海底局は深く推定されることが分かった. 音速の速い場所に位置する海底局の理論走時を小さくするには, 定義上伝播距離を短くしなければならない. 海底局アレイを囲むように円周航路で測距しているため、海底局の水平位置をずらしても観測中の走時残差の平均値を小さくする効果は小さい. 以上から, 海底局が浅く推定された理由が説明できる. 以上の結果から, 黒潮流域に設置された海底局位置を高精度に推定するには, 音速構造の水平方向の不均質性を考慮することが不可欠であるといえる. また測距する際の船舶の航跡も解析精度に影響することが分かった.

キーワード：海底地殻変動、GNSS/音響、時空間変化、黒潮
Keywords: Ocean bottom crustal deformation, GNSS/acoustic, Temporal and spatial variation, the Kuroshio current

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石狩海盆でのOBNを用いた海底下構造イメージング
Seismic imaging using ocean bottom nodes in the Ishikari Basin, Japan Sea

*野 徹雄[1]、佐藤 壮[1]、小平 秀一[1]、清水 賢[2]、横田 哲也[2]、Karl Hosgood[3]、Masako Robb[3]、鶴 哲郎[4]
*Tetsuo No[1], Takeshi Sato[1], Shuichi Kodaira[1], Satoshi Shimizu[2], Tetsuya Yokota[2], Karl Hosgood[3], Masako Robb[3], Tetsuro Tsuru[4]

1. 海洋研究開発機構 、2. 日本海洋事業、3. Emerson E&P Software、4. 東京海洋大
1. JAMSTEC, 2. Nippon Marine Enterprises, 3. Emerson E&P Software, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology

日本海は、2007年新潟県中越沖地震や1964年新潟地震など海陸境界域や沿岸域に分布している断層による被害地震が過去に多く発生し（e.g. 宇佐美・他, 2012）、近年公表された震源断層モデルにおいても沿岸域に多くの震源断層が設定されている（e.g. 日本海における大規模地震に関する調査検討会, 2014）。そのため、日本海の震源断層モデルの構築の高精度化において，沿岸域や海陸境界域における深部構造の情報の取得は重要な課題の１つである。これまで実施されてきた日本海での海陸統合探査では、海底着底ケーブルの展開や２船式地震探査が海陸接合部を含む沿岸域において有効な深部構造イメージングを得ることができている（e.g. 阿部・他, 2010; 佐藤, 2013）。しかし、予算状況が厳しい昨今、これらの手法・システムを選択することが簡単ではない。そこで、今後の沿岸域での地震探査を検討するために、機材の取り扱いが容易なOcean Bottom Nodes（OBN）を用いた地震探査を試みた。

本研究に関するデータ取得は、2017年に北海道北西沖の海域で国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の海底広域研究船「かいめい」による地震探査航海（佐藤・他, 2018）の中で実施した。OBNは石狩海盆内の1観測点に約100 m間隔で10台のNodeを展開した。設置水深は800 mである。なお、OBNシステムは日本海洋事業株式会社が構築したものを使用しており、固有周波数15 Hz、鉛直動1成分、水平動2成分のオムニディレクショナル・ジオフォンとハイドロフォン1成分の計4成分のデータを各々のNodeが記録している（Shimizu et al, 2012）。OBNを用いた探査の主なデータ取得仕様は、測線長21 km、発震間隔25 m、エアガン総容量2650 cu.in.、エアガン曳航深度6 mである。この探査測線では、通常のマルチチャンネル反射法地震（MCS）探査と海底地震計（OBS）を用いた地震探査も別途実施している。

データ解析は、GeophoneとHydrophoneの極性の特性と海底海面間多重反射波を利用して、波動場分離し、Prestack migrationによってイメージングを行うMirror imaging（e.g. Dash et al., 2009）を利用した手法を試みた。通常の反射法イメージングでは対象となる反射面で1度反射したUpgoingの波動場を使ってイメージングするが、Mirror imagingではDowngoingの波動場を使ってイメージングを行い、その効果の１つとして展開したOBNの数倍の範囲でイメージングを広げることができた。解析結果から、海底下の堆積層や基盤までのイメージングが得られており、同測線で実施されたMCS探査の結果と整合的である。

キーワード：OBN、地震探査、日本海
Keywords: Ocean bottom nodes, Seismic imaging, Japan Sea

©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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[S-CG62] 固体地球科学における機械学習の可能性

コンビーナ:内出 崇彦(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)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:内出 崇彦(国立研究開発法人 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、小田 啓邦

近年の機械学習技術（深層学習を含む）は様々な分野で革新的な成果を挙げつつある．このような技術の固体地球科学への応用は，例えば，データ分類，パターン認識，データ回帰といった方法によって，研究分野の新たな地平を切り開くものとして期待されているところである．一方，深層学習の結果がどうして得られたのか解釈することが難しいという問題も抱えている．
このセッションは，固体地球科学の様々な分野における機械学習の応用例を一堂に会することで，今後の発展に向けて互いに刺激し合う場を提供する．深層学習の「ブラックボックス問題」に対する取り組みについての報告も期待する．

9:00 ~ 9:20

[SCG62-01] The Promise of Machine Learning in Solid Earth Geoscience: Examples from Seismology

★Invited Papers

*Gregory C Beroza[1]、Mostafa Mousavi[1]、Weiqiang Zhu[1]、Karianne J Bergen[2]、Paul A Johnson[3]、Maarten V De Hoop[4] (1.Stanford University、2.Harvard University、3.Los Alamos National Laboratory、4.Rice University)

9:20 ~ 9:35

[SCG62-02] **Automatic Approach to Low-Frequency Earthquakes Detection in Southwest Japan Based on Deep Learning Technique**

*余 君宇[1]、八木 勇治[1]、松澤 孝紀[2]、奥脇 亮[1] (1. 国立大学法人　筑波大学大学院 生命環境科学研究科、2.国立研究開発法人　防災科学技術研究所)

9:35 ~ 9:50

[SCG62-03] AIによるアップサンプリングを活用した広帯域地震動波形合成の試み（2）

*前田 宜浩[1]、岩城 麻子[1]、藤原 広行[1]、松崎 和敏[2]、友澤 弘充[2]、森 悠史[2]、土屋 美恵[2]、宮田 尚史[2] (1.防災科学技術研究所、2.みずほ情報総研株式会社)

9:50 ~ 10:05

[SCG62-04] 再帰型ニューラルネットワークによる2011年東北沖地震後の余効変動予測の試み

*山佳 典史[1]、三井 雄太[2] (1.静岡大学総合科学技術研究科、2.静岡大学理学部地球科学科)

10:05 ~ 10:25

[SCG62-05] 深層学習による桜島噴火予測

★招待講演

*村田 剛志[1] (1.東京工業大学)

10:25 ~ 10:30

Discussion

The Promise of Machine Learning in Solid Earth Geoscience: Examples from Seismology

*Gregory C Beroza[1], Mostafa Mousavi[1], Weiqiang Zhu[1], Karianne J Bergen[2], Paul A Johnson[3], Maarten V De Hoop[4]

1. Stanford University, 2. Harvard University, 3. Los Alamos National Laboratory, 4. Rice University

Physical, chemical, and biological processes all have substantial influence on the solid Earth. They range over tremendous spatial and temporal scales and can interact in complex ways. Increasingly, humans interact with the shallow reaches of the Earth in ways that are increasingly consequential. The solid Earth presents a variety of natural hazards that are poorly understood, yet increasingly impactful as exposure grows through increasing urbanization in hazard-prone areas. We need to improve our understanding of how the Earth works; however, attempts to understand the solid Earth are challenging because nearly all of the Earth’ s interior is inaccessible to direct observation. Knowledge of the Earth's interior must be based on inference, through interpretation of measurements taken at or near the surface, through controlled laboratory experiments, and through numerical simulations. For this reason solid Earth geoscience is both a data-driven and a model-driven field. Unanticipated discoveries increasingly will come from the analysis of large data sets, novel developments in inverse theory, and procedures enabled by computationally intensive simulations. Increasingly affordable and capable sensors are dramatically increasing the data available to drive this understanding. Moreover, the increasingly realistic character of computer simulations are better able to represent the behavior of the Earth. We are faced with the challenge of gaining new insights from these data and simulations, and techniques from the rapidly evolving field of machine learning (ML) are likely to play a key role in this effort. In this talk we illustrate the promise of machine learning using recent examples from seismology.

Keywords: Seismology, Machine Learning , Earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automatic Approach to Low-Frequency Earthquakes Detection in Southwest Japan Based on Deep Learning Technique

*余 君宇[1]、八木 勇治[1]、松澤 孝紀[2]、奥脇 亮[1]
*Yu Junyu[1], Yuji Yagi[1], Takanori Matsuzawa[2], Ryo Okuwaki[1]

1. 国立大学法人　筑波大学大学院 生命環境科学研究科、2. 国立研究開発法人　防災科学技術研究所
1. Graduate School of Life and Environmental Sciences,University of Tsukuba, Tsukuba, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Slow earthquakes have been observed on both shallower and deeper sides of seismogenic zone of megathrust earthquakes and therefore been thought to potentially interact with disastrous megathrust ruptures. A class of slow earthquakes at a dominant frequency of 2–8 Hz, marked as deep low-frequency events (LFEs), are observed continuously along the Nankai Tough from the Southwest Shikoku to the Kii peninsula in Japan. The frequent occurrence of LFEs in this region may suggest an increased probability of impending megathrust earthquakes. Therefore, precise monitoring of the seismic activity of these LFEs may provide a key clue to the quantitative prediction of huge earthquakes and deepen our understanding of diverse earthquake processes. However, traditional approaches to earthquakes detection such as STA/LTA method fails to detect LFEs signal masked by background noise because of the lack of impulsive phase arrivals, which makes it challengeable to detect LFEs from raw seismograms automatically. The matched-filter method leverages the similarity of representative template waveform and continuous seismic waveform and has been used in the Japan Meteorological Agency (JMA) to distinguish and catalog LFEs automatically since July 2014, but it also makes detectability restricted by the limited prior knowledge that refers to available matching templates.

The recent advance in the field of deep learning has shown a robust capability of predictions or discriminations by using general features learned from fitting data, which can potentially be used in tackling LFEs detection. Deep-learning models are basically trained by scanning through large datasets and meanwhile tweaking their parameters gradually toward the direction in which the difference between fed data and the model's predictions descends.

To create training dataset in our study, we prepared a total of 4 years continuous three-component velocity seismograms data recorded by 75 stations of High-sensitivity Seismograph Network Japan (Hi-net) operated by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED) across Southwest Japan from January 2010 to December 2013. We first preprocessed raw data streams without applying bandpass filter and cut them into millions of single-station, 3-channel, 10-seconds event-waveform windows vectorized as 2D arrays at a sampling rate of 100 Hz. We then labeled 3,179,167 windows as noise, 161,930 windows as regular earthquakes, 29,090 windows as LFEs, and 262,209 windows as deep low-frequency tremors, which were considered to be a continuous LFEs signal, according to the JMA's seismic catalog and the World Tremor Database (WTD). Due to the fluctuation of the positions of seismic phases in the waveform windows, we choose to use the Convolution Neural Network (CNN); a deep-learning model that first extracts local features and then integrates them hierarchically so less disturbed by the inhomogeneity of data than the traditional model does. For each data window, the model outputs four probabilities corresponding to the likelihood of each respective class. Event detection is declared when one of four probabilities exceed the threshold we set (50% for general).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We trained the model preliminarily and evaluate the accuracy of the model on a brand-new test dataset generated by the same rules as those of creating training dataset using receiver operating characteristic (ROC) analysis. We were given the area under the ROC curve (AUC) score of 0.923, 0.991, 0.981, and 0.914 (naive baseline = 0.5) for noise, regular earthquake, LFEs, and deep low-frequency tremor respectively, which suggests that our model is capable of classifying waveform windows correctly with high confidence. We also noticed that there are a lot of LFEs that are incorrectly identified as tremors in spite of the low ratio of tremors that are incorrectly identified as LFEs. To find a rational explanation for this asymmetric structure and the classifying borderlines of our model, we will do more error analysis and unbox each layer of our model to visualize how they are activated in further research. And we will further tune our model and integrate the single-station classifiers to build local networks that can identify earthquake events coherently.

キーワード：スロー地震、深部低周波地震、深部低周波微動、地震検知、深層学習
Keywords: slow earthquakes, LFEs, deep low-frequency tremors, earthquake detection, deep learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AIによるアップサンプリングを活用した広帯域地震動波形合成の試み（2）

Broadband ground motion waveform synthesis utilizing AI-based upsampling technique (2)

*前田 宜浩[1]、岩城 麻子[1]、藤原 広行[1]、松崎 和敏[2]、友澤 弘充[2]、森 悠史[2]、土屋 美恵[2]、宮田 尚史[2]
*Takahiro Maeda[1], Asako Iwaki[1], Hiroyuki Fujiwara[1], Kazutoshi Matsuzaki[2], Hiromitsu Tomozawa[2], Yuji Mori[2], Misato Tsuchiya[2], Naofumi Miyata[2]

1. 防災科学技術研究所、2. みずほ情報総研株式会社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Mizuho Information & Research Institute, Inc.

地震ハザード評価の高度化には、広帯域地震動の予測精度の向上が必要である。広帯域地震動波形の予測では、三次元差分法などの理論的手法で計算した長周期成分と、統計的グリーン関数法などの経験的、半経験的手法に基づいて計算した短周期成分を足し合わせることで広帯域地震動を求めるハイブリッド合成法がよく用いられる。長周期帯域と短周期帯域での計算手法はそれぞれ、地下構造の三次元性の影響やランダム不均質性の影響を考慮した手法となっているものの、互いに異なる速度構造モデルを用いた独立した計算となっているため、長周期と短周期で地震波の到達時間やスペクトルの振幅レベルがずれるといった不具合が生じることが知られている。

こうした課題に対して、観測記録から抽出した長周期地震動波形と短周期地震動波形の包絡形状の関係性を、理論的手法による長周期地震動波形に適用することで広帯域地震動波形を合成する手法が提案されている（岩城・藤原、2013）。我々は、この長周期成分から短周期成分を合成するという予測手法を人工知能におけるアップサンプリングの問題として捉え、機械学習手法のひとつであるカップリング学習（永田・他、2016）を用いた検討を行ってきた（前田・他、2018）。具体的には、防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）でこれまでに蓄積された膨大な強震観測記録を利用し、フィルタ処理により作成した長周期地震動と広帯域地震動の波形の関係性を人工知能に適用し、長周期地震動を入力として広帯域地震動を予測する人工知能について検討してきた。

予測性能は観測と予測による広帯域地震動の類似度によって評価する。これまでの検討では広帯域波形の時系列データに基づいて類似度を評価していたが、本検討では0.5-1.0Hz, 1-2Hz, 2-4Hz, 4-8Hz, 8-16Hzでの狭帯域波形の包絡形状、及びフーリエ振幅スペクトルに基づいた類似度評価式を作成した。人工知能の学習と検証に用いるデータセットを、①単独の観測点の記録、②地盤条件の類似した複数観測点の記録、③マグニチュードが同程度の地震による複数観測点の記録、④震源域が近接する地震による複数観測点の記録、⑤①～④の全記録として検討を行ったところ、①の場合に予測性能が若干高い傾向が見られた。また、①の場合には、スペクトルのピーク周波数の再現性が見られた。定性的には、観測点固有の地震動特性を考慮可能な①の場合の予測性能が有意に高くなることが予想され、本検討の結果は類似度評価式に改良の余地があることを示唆している。

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SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されました。また、本研究は、理化学研究所との共同研究の一環として実施しました。

キーワード：広帯域地震動波形合成、カップリング学習、人工知能

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: broadband ground motion waveform synthesis, coupled learning method, artificial intelligence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

再帰型ニューラルネットワークによる2011年東北沖地震後の余効変動予測の試み

Forecast trial of postseismic deformetion after the 2011 Tohoku-Oki earthquake by recurrent neural network

*山佳 典史[1]、三井 雄太[2]
*Norifumi Yamaga[1], Yuta Mitsui[2]

1. 静岡大学総合科学技術研究科、2. 静岡大学理学部地球科学科
1. Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, 2. Shizuoka University

2011年東北地方太平洋沖地震以来，余効変動が続いている．この余効変動の影響により，各種スローイベントの小さなシグナルが隠れている可能性がある．余効変動は，一般に，対数関数や指数関数，またその組み合わせによってフィッティングされている．この余効変動をより正確に表現するために，機械学習手法の1つであるニューラルネットワークを導入し，既存のデータから将来のデータを予測するシステムを構築する．余効変動の時系列データとして，国土地理院のGNSS(Global Navigation Satellite System)観測網に基づく東西成分，南北成分の変位を用いる．観測点数は191点である．観測点ごとに，時系列の前半90%を学習に使用する．観測点ごとに変位量が異なるため，学習で用いるデータを用いて，観測点ごとに値を正規化した．試行錯誤の結果，東西成分では，0.1～0.9に，南北成分では0.3～0.7に正規化した．時系列データを700日ごとに区切り，連続した700日を入力データとし，その次の日の値を出力データとした．ニューラルネットワークの層は，単純化のために1層に固定し，LSTMを東西成分では8個，南北成分では32個設定した．ここでLSTMは，複数のニューロンから構成されるユニットであり，長期時間依存性を学習できる．損失関数には絶対誤差平均を，最適化アルゴリズムにはAdamを用いた．ニューラルネットワークの予測精度を，従来の回帰分析と比較したところ，東西成分では，従来の回帰分析よりも良い精度で余効変動を予測することができた．一方で，南北成分では，ニューラルネットワークは必ずしも回帰分析を上回る結果とはならなかった．これらの結果から，ノイズに関して十分大きな変動に対してのみ有効な予測ができると考えられる．また，東西成分において，予測精度が低下する領域が見られた．その一部は新潟-神戸ひずみ集中帯に対応するが，東北北部の日本海沿岸にもそのような領域が存在することが分かった．

キーワード：ニューラルネットワーク、余効変動
Keywords: neural network, postseismic deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深層学習による桜島噴火予測
Deep Learning Approaches for Eruption Prediction of Sakurajima

*村田 剛志[1]
*Tsuyoshi Murata[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

日本は世界有数の火山国であり、世界の活火山の約7%が存在する。火山の噴火は時として甚大な人的・物的被害を及ぼすものであり、2014年の御嶽山や2018年の草津白根山での火山災害は記憶に新しい。火山活動を正確に把握して必要な対応を取ることは、専門家のみならず周辺地域の多くの人々にとっての重大な関心事である。

噴火予測などの火山の研究は、これまでは火山物理学からのアプローチが主であったが、火山周辺に設置された伸縮計や地震計などから観測される時系列データを用いた情報学的なアプローチによって、新たな展開や可能性が見えてくると期待される。

火山の観測装置から得られる時系列データは噴火と大きな関係があるが、一般にデータは複雑で、専門家にとっても分析は容易ではない。我々は火山噴火分類と火山噴火予測の二つの問題に注目した。前者の目標は、100分間の時系列データからその100分間に火山が噴火するか否かを分類することであり、また後者の目標は、100分間の時系列データから兆候を認識してその直後の60分間に火山が噴火するか否かを予測することである。

前者については、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を時系列データに対して適用するVolNetを提案した。実際のデータを用いて火山噴火分類を行ったところ、F-scoreで90%程度の精度を達成した。

また後者については、時系列データにおける時間変化を検出するためにStacked 2-Layer LSTMを用いて実験を行った結果、噴火・非噴火の2クラス平均のF値による精度で66.1%であった。また、与えられた時系列データを”Non-eruption”, “May-eruption”, “Warning”, “Critial”の4つに分類する警告システムを構築したところ、”Critial”に分類された時系列データで噴火が起こったものの割合は51.9%であった。

我々は京都大学防災研究所附属火山活動研究センター長の井口正人教授の協力のもと、火山に関する最大級の規模と質の時系列データを用いた実験によって、提案手法の有効性を示した。また国内および海外での火山噴火のニュースが多い昨今において、AIを用いて噴火を予測するというテーマは社会的にも関心を集め、日本経済新聞での記事、NHK鹿児島でのローカルニュース、南日本新聞での記事、月刊誌(みずほ総合研究所「Fole」)での記事など、多くのメディアで取り上げていただいた。

キーワード：噴火予測、桜島、深層学習
Keywords: Eruption Prediction, Sakurajima, Deep Learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 104 1F

[G-01] 災害を乗り越えるための「総合的防災教育」

コンビーナ:中井 仁(小淵沢総合研究施設)、小森 次郎(帝京平成大学)、林 信太郎(秋田大学大学院教育学研究科)、座長:小森 次郎(帝京平成大学)

大きな災害が起こるたびに防災教育の必要性が叫ばれ、実際に被災地とその周辺では活発に実践されることがあります。しかし、全国的にそれが広がることは、今日までは有りませんでした。また、被災地であっても、発災から10年、20年と経ち、災害を直接体験した人が少なくなってくると、災害を後世に伝えようという当初の熱意は陰ってくるのが常です。それに対し、災害の方は、数十年、数百年を経て繰り返されます。その間の世代交代を乗り越えて、被災体験を伝承し続けることは容易ではありません。このように、防災教育が、空間的には被災地域とその近辺に限られ、時間的には発災から１世代およそ20年間に限られがちであることが、日本の多くの地域で防災教育の空洞化をもたらしています。そこで、当セッションは、次の問いかけを行います。普遍性と継続性を兼ね備えた防災教育とはどのようなものか。また、それを教育現場に実装するにはどうすればよいか。これらの問題意識をもって、新たな防災教育を創造しようとする意欲のある方の発表を求めます。

10:45 ~ 11:00

[G01-01] 高等学校地理総合！：防災教育の強い追い風

*林 信太郎[1] (1.秋田大学大学院教育学研究科)

11:00 ~ 11:15

[G01-02] 原発に近い九州大学の全学教員による熊本地震以降の学生の身を守り方を教える総合防災の取組み

*杉本 めぐみ[1,2]、Peppoloni Silvia[2] (1.九州大学、2.国際地球科学倫理協会)

11:15 ~ 11:30

[G01-03] ダムの限界と洪水の関係が想定される事例と防災教育の意義

*小森 次郎[1]、増原 悠理[1] (1.帝京平成大学)

11:30 ~ 11:45

[G01-04] 四川大地震の被災地における災害伝承と防災教育

★招待講演

*富 思斉[1]、城下 英行[1] (1.関西大学)

11:45 ~ 12:00

[G01-05] 南海トラフ地震に備えるための地震リスクと不確実性：防災教育の在り方を問う

*橋本 学[1]、清水 美香[2] (1.京都大学防災研究所、2.京都大学学際融合教育研究推進センター)

12:00 ~ 12:15

[G01-06] 地域防災と戸別の避難カード作りの取り組み

★招待講演

*鈴木 茂之[1] (1.岡山大学)

高等学校地理総合！：防災教育の強い追い風
New high school compulsory subjects"Chiri-sougou(Comprehensive geography)"! : Possibility to promote disaster education

*林 信太郎[1]
*Shintaro Hayashi[1]

1. 秋田大学大学院教育学研究科
1. Akita University Graduate School of Education

2022年から高等学校の地理歴史科で**新科目「地理総合」**が実施される。「地理総合」は防災教育推進の強力な追い風となる可能性がある。なぜなら
1）「地理総合」はほとんどの高校生が履修する**必修科目**である。
2）**災害に関する学習が大きな柱**となっている。
からである。
国や県の関係機関や部署，防災教育に関わる研究者，NPO法人，ジオパーク関係者など，地域の防災関係者は，高校側と連絡を取り，協議をするなどの十分な準備をする必要がある。そうすれば，この追い風を生かして防災教育の普及に大きく貢献できる可能性がある。

「地理総合」は必修科目：高等学校「地理総合」は，2022年から実施される地理歴史科の中に設けられた標準単位数２単位の必修科目である。2018年に公表された学習指導要領で示され，現在教科書作成作業が進行中である。試行を経て2022年から高校生のほとんど全員が履修することになる。昭和末の時期から，地理科目は選択科目として履修されてきたが，今回の改定で地理科目の比重が大きく増したことになる。

災害に関する学習が大きな柱：地理総合の内容は大きく3つ-「地図や地理情報システムで捉える現代世界」「国際理解と国際協力」「持続可能な地域づくりと私たち」-に分けられる。3つめの「持続可能な地域づくりと私たち」は，さらに「自然環境と防災」「生活圏の調査と地域の展望」に区分される。「自然環境と防災」では，課題探究活動を行い，自然災害への備えや対応について知識を身につけ，ハザードマップや新旧地形図を読み取りまとめる技能を身につけることになっている。すなわち，大きく分けられた3分野のうち半分が自然災害に関する学習となる。
教材や授業者の不足と防災機関の役割：しかしながら，新科目「地理総合」の自然災害部分の授業を行うための十分な資源はあまり高校にあるようには見えない。高校から伝わってくる話は「地理総合」必修化へのとまどいであり，教材や授業者の不足である。「地理総合」実施のために必要な教育素材は，様々な災害の知識，地域の災害に関する知識，ハザードマップなどの学習素材，探究的学習の素材，災害体験者などの人的資源である。また，防災関係者は授業者としても「地理総合」に関わることができる。いずれも，防災関係機関が高校側に提供可能なものである。

「地理総合」実施のために必要な教材：現状ではまだ「地理総合」の教科書は作成されていない。2018年に示された学習指導要領に基づき，どんな教材が必要か考える。大きく二つの分野にわたる教材が必要である。
1）地域の災害に関する資料：過去にその地域で起こった自然災害と，災害に対する備えに関する資料が必要である。過去にの自然災害については，その規模や頻度について学ぶことになっているが，歴史災害に関する詳細な資料が歓迎されるだろう。また，ハザードマップや新旧地形図は必須の学習素材であり，防災関係機関からの提供が必要である。また，地震，津波，風水害，火山災害についていずれかをとりあげて学習することになる。近い過去の災害に関しては体験者の証言の教育効果が大きい。
2）災害に関する探究的な学習は「地域性を踏まえた防災について，自然及ひ゛社会的条件との関わり，地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

域の共通点や差異，持続可能な地域つ゛くりなと゛に着目して，主題を設定し，自然災害への備えや対応なと゛を多面的・多角的に考察し，表現すること。」となっている。防災関係機関は探求の基礎になる資料を提供可能であるし，防災関係機関そのものも探求的学習の素材である。

このように2022年から高等学校の地理歴史科で開設される新科目「地理総合」は防災教育推進の強力な追い風となる可能性が高く，防災関係者はこの授業の実施に大きく関わることができる。

防災関係者にとってのメリット：「地理総合」は防災教育の普及の他に，防災関係者にとって大きなメリットがある。高等学校の地理歴史科では，その全体を通じて「地理や歴史に関わる諸事象について，よりよい社会の実現を視野に課題を主体的に解決しようとする態度を養う」となっている。したがって，災害に関する探究的な学習を通じて主体的に防災に関わる人材を育てることも教科の目的ということができる。「地理総合」への支援は防災関係者の後継者の育成という意味でも重要である。

キーワード：地理総合、防災教育、新学習指導要領
Keywords: Comprehensive geography, Disaster education, Curriculum guidelines published by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in 2018

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原発に近い九州大学の全学教員による熊本地震以降の学生の身を守り方を教える総合防災の取組み

Kyushu University's multidisciplinary disaster prevention education for students near nuclear power plants after 2016 Kumamoto earthquake

*杉本 めぐみ[1,2]、Peppoloni Silvia[2]
*Megumi Sugimoto[1,2], Silvia Peppoloni[2]

1. 九州大学、2. 国際地球科学倫理協会
1. Kyushu University, 2. International Association for Promoting Geoethics

2016年熊本地震をきっかけに九州大学では2017年講義「九州の防災ー熊本地震からあなたの身の守り方を学ぶ」を開始した。学生からの要望に文理融合の全学教員と九州大学病院医師の計15名がオムニバス形式で総合防災の講義を一から作り始めものである。おもに全学の1年生向けの基幹教育である。九州大学は旧九州芸術工科大学と合併したことから芸術科の教員も少なからずおり、工芸デザイナーと彫刻家による芸術による復興支援や熊本県にある阿蘇山の草原を守るための基礎研究などの講義もある。防災の基礎となるハザード別の科学的基礎知識や医学情報に留まらない。共同通信が本講のことを「一見防災に関連のなさそうな学問の話が印象的だ。私たちの社会は実に多様な知的活動の蓄積に日々支えられているのだ」と評する知的豊かさと地球科学倫理に1年生が触れる講義構成となるように腐心している。

2004年インド洋津波以後に著者がインドネシア政府の要請で理科における防災教育の評価を行った折に、内陸部のバンドン工科大学近辺の学校の教員からは政府の依頼の津波防災よりもむしろ、火山噴火など地元で起こるハザードの防災教育の要望が高かった。高度な専門に特化した１つのハザードだけでなく、それぞれの地域と風土に合った幅広い防災教育プログラムを幅広くハザードを理解した専門家と共に創って行くことが求められていることを実感した。そこで著者が作った英語の災害ハンドブックは以下URLより誰もがダウンロードできる（http://www.unesco-school.mext.go.jp/muzfaw70p-230/）。学生には最低限のハザード別の防災知識を持つように工夫している。

他方で九州大学は再稼働している佐賀県の玄海原発から32kmにUPZから２Km風下に位置している。シビアアクシデントのリスク下の厳しい環境にあることも踏まえた防災教育にチャレンジしているところである。その取り組みを紹介する。

キーワード：大学の危機管理、緊急防護措置を準備する区域 (UPZ)、地球科学倫理、専門化、学生のための防災教育、原発避難
Keywords: Risk mangement, Urgent Protective action planning Zone, Geoethics, specialization, Disaster prevention education for students, evacuation from nuclear accidents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダムの限界と洪水の関係が想定される事例と防災教育の意義
The cases of the limit of dam impoundment during floods and necessity of information sharing at local disaster prevention

*小森 次郎[1]、増原 悠理[1]
*Jiro Komori[1], Yuuri Masuhara[1]

1. 帝京平成大学
1. Teikyo Heisei University

2018年の西日本豪雨で深刻な洪水被害が起きた岡山県の高梁川と愛媛県の肱川では，上流のダムで緊急放流（特別捜査，ただし書き操作）がいずれも行われた．これらの行為が今回の洪水に対してどのような影響を与えたか評価することは難しいが，被害があった地元からは「事前の情報提供が届かなかった」「人災ではないか」といった声も上がっている．

ダムの堆砂や老朽化の問題が顕在化する一方で，異常な強雨が経年的に増加しているなか，少なくとも類似の事例，すなわち「下流で洪水」「上流で緊急放流」という関係の事例が過去にどれだけあり，どういった対策がとられてきたのかについては明らかにする必要がある．

そこで筆者らは主要三紙のウェブデータベースを調べ，過去60年で65件の事例をリストアップした．その結果，肱川の鹿野川ダムなどでは類似の事例が繰り返されていることがわかった．一方，地元との情報共有を充実させることで，被害が減少したと考えられるダムも認められた．本発表ではリストの紹介とそこから見えてくる課題，および改善に向けた防災教育としてのとりくみについて報告する．

キーワード：平成30年7月豪雨、ダム管理、特例操作(ただし書き操作)、人為災害、情報共有、事例研究
Keywords: 2018 Japan floods, dam management, emergency discharge, artificial calamity, information sharing, case study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

洪水した河川の上流でダムの緊急放流があった事例

ver.20190118

	発生年	ダム名	河川名	所在地	建設着工/完成年	降雨の原因
1	1958年8月1日	殿山ダム	日置川	和歌山県田辺市	1955/1957	台風17号
2	1961年6月28日	美和ダム	三峰川	長野県伊那市	1952/1959	梅雨前線
3	1962年7月27日	風屋ダム	十津川	奈良県吉野郡十津川村	1954/1960	台風7号
4	1962年7月27日	二津野ダム	十津川	奈良県吉野郡十津川村	1959/1962	台風7号
5	1962年7月27日	殿山ダム	日置川	和歌山県田辺市	1955/1957	台風7号
6	1962年8月26日	相模ダム	相模川	神奈川県相模原市	1937/1947	台風14号
7	1965年7月1日	市房ダム	球磨川	熊本県球磨郡水上村	1953/1959	梅雨前線
8	1965年9月17日	佐久間ダム	天竜川	静岡県浜松市	1954/1958	台風24号
9	1965年9月17日	秋葉ダム	天竜川	静岡県浜松市	1953/1956	
10	1971年8月1日	長安口ダム	那賀川	徳島県那賀郡那賀町	1950/1955	台風23号
11	1972年7月6日	鶴田ダム	川内川	鹿児島県薩摩郡さつま町	1959/1965	梅雨前線
12	1972年7月11日	新成羽川ダム	成羽川	岡山県高梁市	? /1968	梅雨前線
13	1972年7月12日	立岩ダム	太田川	広島県広島市	? /1939	
14	1975年8月17日	早明浦ダム	吉野川	高知県長岡郡本山町	1965/1978	台風5号
15	1981年8月5日	大夕張ダム	夕張川	北海道夕張市	1954/1961	台風12号
16	1982年8月1日	大迫ダム	吉野川	奈良県吉野郡川上村	1954/1973	台風10号
17	1990年9月19日	永源寺ダム	愛知川	滋賀県東近江市	1952/1972	台風19号
18	1990年9月19日	殿山ダム	日置川	和歌山県田辺市	1955/1957	
19	1994年9月22日	樽水ダム	増田川	宮城県名取市	1965/1976	寒冷低気圧
20	1994年9月22日	釜房ダム	名取川	宮城県柴田郡川崎町	1964/1970	
21	1994年9月23日	七北田ダム	七北田川	宮城県仙台市	1972/1984	
22	1994年9月23日	大倉ダム	大倉川	宮城県仙台市	1956/1961	
23	1995年7月1日	裾花ダム	裾花川	長野県長野市	1962/1969	梅雨前線
24	1995年7月1日	鹿野川ダム	肱川	愛媛県大洲市・西予市	1953/1958	梅雨前線
25	1997年7月26日	殿山ダム	日置川	和歌山県田辺市	1955/1957	台風9号
26	1997年9月16日	北川ダム	北川	大分県佐伯市	1958/1962	台風19号
27	1998年10月17日	旭川ダム	旭川	岡山県岡山市	1949/1954	台風10号
28	1999年9月15日	鹿森ダム	足谷川	愛媛県新居浜市	1958/1962	台風16号/秋雨前線
29	1999年8月14日	玄倉ダム	玄倉川	神奈川県上足柄郡山北町	1957/1958	熱帯低気圧
30	2000年9月12日	矢作ダム	矢作川	愛知県豊田市	1962/1970	台風14号/秋雨前線
31	2001年8月21日	七川ダム	古座川	和歌山県東牟婁郡古座川町	1951/1956	台風11号
32	2001年8月21日	小匠ダム	小匠川	和歌山県東牟婁郡那智勝浦町	? /1959	台風11号
33	2003年8月9日	二風谷ダム	沙流川	北海道沙流群平取町	1973/1997	台風10号と前線
34	2004年7月13日	刈谷田川ダム	刈谷田川	新潟県長岡市	1968/1980	梅雨前線
35	2004年7月13日	笠堀ダム	笠堀川	新潟県三条市	1959/1964	
36	2004年7月13日	大谷ダム	五十嵐川	新潟県三条市	1971/1993	
37	2004年8月30日	鹿野川ダム	肱川	愛媛県大洲市・西予市	1953/1958	台風16号
38	2004年8月30日	池田ダム	吉野川	徳島県三好市	1968/1974	台風16号
39	2004年9月29日	宮川ダム	宮川	三重県大台町	1951/1956	台風21号
40	2004年9月30日	萩形ダム	小阿仁川	秋田県北秋田郡上小阿仁村	1961/1966	
41	2004年10月20日	鮎屋川ダム	鮎屋川	兵庫県洲本市鮎屋	? /1970	台風23号
42	2004年10月20日	前山ダム	鴨部川	香川県さぬき市	1968/1974	
43	2004年10月20日	大川ダム	津田川	香川県さぬき市	1959/1963	
44	2004年10月20日	五名ダム	湊川	香川県東かがわ市	1952/1962	
45	2005年9月6日	菅野ダム	錦川	山口県周南市・岩国市	1959/1965	台風14号
46	2005年9月6日	温井ダム	滝山川	広島県山県郡安芸太田町	1974/2001	
47	2005年9月6日	鹿野川ダム	肱川	愛媛県大洲市	1953/1958	
48	2006年7月22日	鶴田ダム	川内川	鹿児島県薩摩郡さつま町	1959/1965	梅雨前線
49	2006年8月16日	三保ダム	酒匂川	神奈川県足柄上郡山北町	1969/1978	台風10号
50	2007年9月17日	森吉ダム	小又川	秋田県北秋田市	1951/1952	温帯低気圧（台風11号）
51	2010年7月15日	木屋川ダム	木屋川	山口県下関市	1940/1955	梅雨前線
52	2011年7月29日	本名ダム	只見川	福島県大沼郡金山町	1952/1954	梅雨前線
53	2011年7月30日	笠堀ダム	笠堀川	新潟県三条市	1959/1964	
54	2011年7月30日	大谷ダム	五十嵐川	新潟県三条市	1971/1993	
55	2011年9月4日	七色ダム	北山川	三重県熊野市	1963/1965	台風12号
56	2011年9月4日	七川ダム	古座川町	和歌山県東牟婁郡古座川町	1951/1956	
57	2011年9月4日	椿山ダム	日高川	和歌山県日高川町	1966/1988	
58	2013年9月16日	日吉ダム	桂川	京都府南丹市	1972/1997	台風18号
59	2014年8月10日	長安口ダム	那賀川	徳島県那賀郡那賀町	1950/1955	台風11号
60	2014年8月3日	鏡ダム	鏡川	高知県高知市	1960/1966	台風12号
61	2018年7月7日	野呂川ダム	野呂川	高知県高知市	1969/1975	台風7号・梅雨前線
62	2018年7月7日	野村ダム	肱川	愛媛県西予市	1971/1981	
63	2018年7月7日	鹿野川ダム		愛媛県大洲市	1953/1958	
64	2018年7月7日	河本ダム	西川	岡山県新見市	1958/1964	
65	2018年7月7日	新成羽川ダム	成羽川	岡山県高梁市	/1968	

注意：上記は洪水が発生し，同じ降雨によりダムが特例操作，またはそれに類似する放水を行った事例であり，放水が洪水の起因であるか否かの判断はここでは行っていない．

主な情報源：読売新聞，朝日新聞，毎日新聞の各オンラインデータベース，ダムの河川名，所在地，着工/竣工年はDamMaps(http://www.dammaps.jp/)ほかを参考にした．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

四川大地震の被災地における災害伝承と防災教育
Disaster Tradition and Disaster Education of 2008 Sichuan Earthquake

*富 思斉[1]、城下 英行[1]
*FU SIQI[1], Shiroshita Hideyuki[1]

1. 関西大学
1. Kansai University

私たち人間は「防災」をやろうとするとき、まず災害に関わること、特にその発生原因とメカニズムを明確にして、災害による被害を想定して、その想定した被害を防止または軽減する方向に全力を注ぐ。このような一般的に「防災」と考えられる過程を実現するときは、自然災害を対象にする研究者や、法令・政策を策定・実施する行政職員などの、いわゆる防災の専門家がその主役として指導的な役割を担っている。被害を防止・軽減することを客観的な方法で系統的に研究するため、本研究ではこのような防災活動を「防災科学」と呼ぶことにする。

「防災科学」を進め、その必要性を明確に知らせ、かつ防災対策を確実に実施することが今の「防災」の目標だと考えられている。その典型例の一つは学校での避難訓練である。避難訓練を実施することにより被害を軽減できることが明確であるので、日本全国の学校にも実際に避難訓練が普及されている。現在、「防災」の大半はこのようなことを目標として力をいれている。換言すれば、「防災」と「防災科学」の間に等号が描かれていると言える。防災の必要性としてすでに明らかになっていることをやらせ、また、できていないことをできるようにすることが「防災」教育だと一般的に考えられている。「防災」の専門家と一般市民とが、一緒に力を合わせてこの状況を実現できれば「防災」の成功と考えられている。

しかし、現実はどうであろうか？人間は分かっているけど、やらないということが数多く存在している。「防災科学」に基づいた決めた対策を実施したら、それなりに効果的であると市民に伝えても、先延ばしにされたり、あるいは無視されることも少なくない。例えば、内閣府が平成29年に行った調査によると、大地震に備えてとっている対策について、「家具・家電などを固定し、転倒・落下・移動を防止している」を挙げなかった者は回答者の49.4%である。そして、そのやらない理由として、「やろうと思っているが先延ばしにしてしまっているから」とか、「面倒くさい」などの理由が上位に挙げられている。

こうした現状の一方で、人間は自然界の高等動物として、自然と長年付き合ってきて、知らないうちに大事なことに触れて、それを偶然かつ長期的にやり続けている。いや、偶然ではないかもしれない。科学的ではないことでも、ときに災害に対して防災と呼べるような効果を持っている。ネパールの人が屋根の上に常に貯水タンクを置くのは日常の断水対策だが、これは災害時にも役立つ生活習慣である。日本国内でも、新潟県中越地震が発生した後、雪崩による道路の寸断が起こり、避難生活に必要な食料や品物が輸送できなかった。そのとき役に立ったのは地元住民が冬に入る前に用意していた食材と薪である。どちらも防災のためにわざわざやったことではないが、結果的に防災に繋がっている。このように生活の中ですでに実施されている知恵が「防災面からは実はこんな見方もできる」とか、「こう使えば意外な効果がある」といったことが、他にも存在するはずだ。これらを発見し、保護また普及することも一種の防災教育だと考えられる。

そこで、本研究では上述の考えを災害伝承にも当てはまる。すなわち、災害伝承においても国や地域によってそのアプローチは異なっており、その差異から災害伝承の新たなアプローチについて学ぶことを目的とする。具体的には、2008年5月12日、中国四川省を襲った「四川大地震」を事例とする。震災から約11年経った現在、被災地でどのようにその災害について記録しているか、またそれをどんな方式で後世の人に伝えようとしてるかを調査し、その日中比較を行う。成都市の青少年と未来防災体験館をはじめ、複数の防災教育施設、災害伝承施設で行ったヒアリング調査の結果に基づいて、日本にはない災害伝承の新たなアプローチと

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

その可能性について報告する。

キーワード：防災教育、災害伝承、四川大地震
Keywords: Disaster Education, Disaster Tradition , 2008 Sichuan Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ地震に備えるための地震リスクと不確実性：防災教育の在り方を問う

Preparedness for Nankai Trough Earthquake: Incorporating Understandings of Uncertainties in Disaster Prevention Education Schemes

*橋本 学[1]、清水 美香[2]
*Manabu Hashimoto[1], Mika Shimizu[2]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都大学学際融合教育研究推進センター
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Center for the Promotion of Interdisciplinary Education and Research, Kyoto University

これからの防災教育の在り方を考える上で、過去の災害の経験を伝承すること以外に、私たちがこれまで経験したことのないような災害にどう対応していくのか、そのために日頃の学習を通じてどのように学びより良い防災に向けて実践していくのかを検討することが喫緊の課題として位置づけられる。そのような災害の可能性の一つに、南海トラフ地震があげられる。「いつ」、「どこで」、「どのように」起きるかを含め、多様なレベルで不確実な要素を含みながら甚大な被害が予想される災害において、科学の実際、それに伴う様々な不確実性をどのように市民や多様な関係者（以下、ステークホルダー）に日常的に伝え、それを日頃の防災の実践に活かしていのか今、より多くの関係者が一体となって検討する必要に迫られている。

このような課題は一部の自然科学者のみならず，社会科学者・政策関係者・緊急事態関係者・地方自治体・市民・企業といった多様なステークホルダーが，協働で向き合う必要のある総合的防災教育の課題である。特に南海トラフ地震に備えて協働で検討すべき課題は、１）「入手可能な情報を基に、どのようにマルチステークホルダーが行動すべきかを考える方向に導くか、そのためにはどのように伝えればよいか」、さらに２）その伝達⇔学習のプロセスの中で得られる成果を「どのようにより良い防災対策に組み入れることができるか」であろう。

こうしたことを問題意識に持ち，京都大学を中心とする有志の研究グループは，自然科学者と社会科学者が協働し，地震リスクの不確実性に関わる実際を如何に社会に伝え，それを社会にどのように反映させていくかに焦点当て，本課題へのより良い取り組み方を追求してきた。口頭発表では、本研究グループがこれまでに実施した，教育関係者，企業関係者、自主防災組織それぞれのステークホルダーを対象としたワークショップ（2017年3月，6月、2018年3月）、さらにそれらのマルチステークホルダーが一同に会したワークショップ（2019年1月に実施）のポイントを集約して、その結果、さらにそこから引き出されるこれからの総合防災教育の在り方に対する提案を行う。

上記ワークショップの特徴として、地震リスクと不確実性に関わる学習を最適化するために１）協働対話型の手法をとったこと、２）シナリオベースの学習を通して、その場で問題を「自分事化」してもらうプロセスを創出する仕組みをつくったことなどが挙げられる。特に、①自然科学と社会科学の研究者が対話手法で本テーマに関わる科学の実際と不確実性を紹介し、②南海トラフ地震のシナリオを提示し，実際のシナリオを経験することを通して参加者にその場で学習してもらうこと，③参加対象者（市民、教育関係者、企業、自主防災組織関係者など）と科学者・政策関係者・行政関係者などが同じテーブルに着き，双方の本音の対話を促進することを重視した。そうしたワークショップ実施の成果の一部を次のように挙げることができる。

〇異なるステークホルダー同士の対話を通して，それぞれのステークホルダーがすべきことが浮き彫りに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なった.

〇普段接点を持たない科学者と参加者または政策関係者が，同じテーブルで本音を話すことにより，相手を知るきっかけになるとともに，悩みや問題意識を共有するプロセスに繋がった.

〇参加者の「不確実性」に対する理解がワークショップの中で格段に向上，学習効果が明らかに見られた．ワークショップの最後には，問題が自分事になり，各自が何をすべきかについて問題意識をもつようになった．その中で普段の防災対策を見直すきっかけにも繋がった.

〇企業向けのワークショップを例に挙げると，各テーブルにおける対話とワークの総まとめとして，次のような集合知が引き出された.

・確率が小さくても（不確実性が大きくとも）地震リスクの変化について，ありのままの情報提供がほしい．そのためには，情報を受け取る側のリテラシーの向上も同時に必要になる.

・実際のシナリオを考えたとき，SNSや様々な情報ソースからの情報が氾濫することが予想されることから，正式な機関からの情報提供が欠かせない.

・実際のケースを考えると，企業側もBCP（事業継続計画）だけでなく，普段からどのように防災「マネジメント」を実施するかを検討する必要がある．さらに復旧だけでなく，復興について検討する必要がある.

上記を踏むワークショップの実践を踏まえ、本報告では、従来型ではない学習方法のデザインの在り方、日本社会が直面する今後の大規模災害を見通した総合的防災教育の在り方について提言を行う。

キーワード：防災教育、南海トラフ地震、不確実性、予測、シナリオ型ワークショップ
Keywords: Disaster Prevention Education, Nankai Trough Earthquake, Uncertainty, Forecast, Scenario-based Workshop

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地域防災と戸別の避難カード作りの取り組み
Importance of issuing evacuation for individual family

*鈴木 茂之[1]
*Suzuki Shigeyuki[1]

1. 岡山大学
1. Okayama University

地震災害、火山災害、風水害など身の回りの災害は多様であるうえ、その場所の気候状況、地理環境、地質条件によって想定される危険度もさまざまである。数メートルの違いで被害の明暗を分けることがあり、戸別に防災対策を考えていく必要がある。「戸別の避難カード」作りの取り組みは平成27年度と28年度に内閣府防災担当の事業でなされた。これは自治会が応募し、所属する町、県と内閣府とともに実施したもので、平成27年度に岡山県美咲町川北自治会が取り組んだ例を紹介する。

川北地区は旧旭町の吉備高原地域にある。東西約2km、南北約3kmの小さい範囲ながら、高位の吉備高原地形をなす小起伏地と、その吉備高原地形を深く侵食する谷沿いの新しい急傾斜地からなる。谷部の地区の急傾斜地は落石、斜面崩壊、地すべり、出水などの、川沿いは越流や土石流の危険があり、そのリスクは戸別に異なる。一方高位の小起伏地は安全な地区である。1年間をかけて、事前打ち合わせ→専門家を交えての危険個所の検討→住民による「まち歩き」で想定される災害を確認→戸別に「避難カード」を作成→その成果をもとにした避難訓練が行われた。避難訓練では要支援者の援助や、より安全な地区からの支援体制も盛り込まれた。岡山県では29年度以降この取り組みを県の事業として引き継いでいる。

住民が主体的に進める地域防災は、必ずしも自治会がイニシアティブをとる形態になる必要はないであろう。自主防災組織や公民館からの呼びかけで取り組みが始まることも想定される。文科省は東日本大震災をきっかけに学校安全総合支援事業を各県と政令指定都市に委託している。対象が津波に始まり、自然災害から交通や社会的な危険にまで広げられてきている。避難訓練だけでなく、児童生徒が自分自身で身を守る能力をたかめるような授業も増えつつある。さらに昨年度からは地域との連携が模索されるようになった。そのため岡山県と岡山市では、モデル校での実践委員会には学校幼稚園、教育委員会、PTA、自治体防災担当部署、自治会、自主防災組織、民生委員、大学・気象台などの防災専門機関、その他から参加しており、学校・地域・行政の連携を作るきっかけが出来始めてきた。この取り組みの中で、生徒によって学区や通学路の危険個所を探して防災マップを作成することが定着してきており、将来生徒の家庭ごとに非難カードが出来ることが期待される。

災害の種類やリスクの大きさは戸別に異なるため、戸別に避難カードなどの防災対策が必要である。その作成のためには自治会などのコミュニティーでの共助が重要であろう。地域防災の取り組みをどこが声をあげるかはいろいろな可能性がありそうである。

キーワード：地域防災、戸別の避難カード、自然災害
Keywords: disaster management, natural hazard, disaster reduction activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

2019年5月26日(日) 9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[G-02] 地球惑星科学のアウトリーチ

コンビーナ:植木 岳雪(千葉科学大学危機管理学部)、小森 次郎(帝京平成大学)、長谷川 直子(お茶の水女子大学)、大木 聖子(慶應義塾大学 環境情報学部)、座長:大木 聖子

本セッションは、高校・大学・研究機関・博物館などにおいて、児童・生徒および社会人への地球惑星科学の教育研究および知識普及に関する内容を扱います。この中には、研究者と教育者との関係を構築することだけでなく、研究者間や教育者間でのアウトリーチ情報の共有をはかることも含まれます。また、防災・減災や科学コミュニケーションなど、研究者と教育者と社会とのコミュニケーションに関する活動も歓迎します。会場・日程の都合上、講演内容に応じてポスター発表にまわっていただくこともあります。

9:00 ~ 9:15

[G02-01] 一般書にみる地理学のアウトリーチ

*長谷川 直子[1]、中川 優希[1] (1.お茶の水女子大学)

9:15 ~ 9:30

[G02-02] **博物館展示による地理的・考古学的思考の普及：3Dモデルを用いた実践例**

*早川 裕弋[1,2]、安芸 早穂子[2] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.東京大学空間情報科学研究センター)

9:30 ~ 9:45

[G02-03] 伊豆半島ジオパークにおけるガイドスキルアップ講座の紹介とその効果

*津田 和英[1]、小野 比呂志[1]、山崎 宏[1]、松尾 章史[1]、小野 英樹[2] (1.NPO法人ホールアース研究所、2.伊豆半島ジオパーク推進協議会)

9:45 ~ 10:00

[G02-04] 宇宙地球科学の特性を考慮した対論型サイエンスカフェの試行

*玉澤 春史[1,2]、一方井 裕子[3] (1.京都大学防災研究所、2.京都市立芸術大学美術学部、3.東京大学カブリ数物連携宇宙機構)

10:00 ~ 10:15

[G02-05] 地震流言から考えるリテラシー

*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)

10:15 ~ 10:30

[G02-06] **ゴーストフォレストが語る広域地殻変動と巨大津波痕跡群-アウトリーチ活動と防災教育の重要性-**

★招待講演

*重野 聖之[1]、七山 太[2,6]、渡辺 和明[2]、石井 正之[3]、石渡 一人[4]、猪熊 樹人[5]、深津 恵太[7] (1.明治コンサルタント株式会社、2.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 、3.石井技術士事務所、4.別海町郷土資料館、5.根室市歴史と自然の資料館、6.熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター 、7.野付半島ネイチャーセンター)

一般書にみる地理学のアウトリーチ
Outreach of geography on general books

*長谷川 直子[1]、中川 優希[1]
*Naoko HASEGAWA[1], Yuuki NAKAGAWA[1]

1. お茶の水女子大学
1. Ochanomizu University

1. はじめに/研究目的・方法

地理学のアウトリーチを進める一つの手段として、一般向け書籍の刊行が挙げられる。森（2018）では、出版売り上げデータを用いて、歴史と比較して地理学関連書籍の点数も売り上げも少ないこと、読者は中高年男性に偏っていること、書店の棚に地理コーナーがないことなどを明らかにしている。本研究では、この森（2018）をベースにして、どのような属性の人がどのような下位分野の本を執筆しているのかについて、傾向分析を行った。用いたデータは森（2018）で使用された地理学関連書籍80点である。これらの執筆者を研究者、中高教員・塾講師、専業ライター、兼業ライター（地図関係職か否か）、編著のカテゴリに分類した。その結果を森（2018）で分類されている本のカテゴリとクロス集計を行った。

２． 結果・考察

研究者の執筆は地学系（自然地理学が含まれる）が最も多く、ついで地理一般となっており、散歩系と地図関連は少ない。これは地学の研究者が地学の内容で一般向けの解説書を書いているものが多いことを反映していると思われる。次に中高教員・塾講師の執筆は、地理一般にほぼ集中している。これは、大学入試の地理が意識され、その内容を網羅する形での執筆が多いことを反映していると思われる。兼業ライター（地理以外）は地形散歩にほぼ集中し、兼業ライター（地理関連）は散歩と地図関連に多い。また兼業ライターは地理一般や地学系を全く執筆していない。これは、地理関連職のライターはその仕事で培った専門性を活かした形での執筆の傾向があることを反映し、地理と関係ない職に就く兼業ライターは職と関係なく趣味で地形散歩などを行ってきたものを書籍化したものが多いと考えられる。専業ライターは兼業ライターと同じく、地理一般や地学系は少なく、散歩系や地図関連が多い。編著は地形散歩が多いが、９点中８点はブラタモリシリーズとなっており、そのほかでは地理一般が多い。以上の結果より、著者の属性により執筆される本の分野に傾向があることがわかる。

また、地理学界からのアウトリーチとして研究者属性に着目すると、17点中10点が地学系で、５点が地理一般となっている。森（2018）による書籍の分類は自然地理学・人文地理学という分類を用いていない。自然地理学を地学系と解釈できても、人文地理学がどこに入るのかが難しいが、いずれにしても自然地理学と比較して人文地理学の書籍のほうが少ない傾向は読み取れる。また研究者による散歩系、地図関連はほぼない。

３． 今後の展望と課題

以上のことから、研究者による人文地理系一般書、散歩系一般書、地図関連一般書が手薄となっているため、これらの一般書を出していくことが空白地帯を埋めることになるだろう。例えばE-journal GEOに新たに創設された「地理紀行」カテゴリは、一般向けのアウトリーチを意識した趣旨のように思われるが、ここに投

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

稿された論文をカテゴリでまとめて書籍化するようなことも考えられるだろう。大学で行っている巡検の内容を書籍化すれば、散歩系になるものもあるだろう。GISなどの技術を用いた地図系書籍も可能であろう。さらには、研究者とライターがコラボして空白地帯を埋めるやりかたもあるかもしれない。また森（2018）によると読者が中高年男性に偏っているということなので、それ以外の年齢・性別層にアプローチできる形を模索することも重要課題と考えられる。

本研究では森（2018）を踏襲し、書籍の選定とカテゴリをそのまま使用した。しかし「地理学界のアウトリーチ」という観点から地理学研究者による出版物に注目する場合には、書籍のカテゴリ自体（地学系でいいのか、人文地理分類がなくていいのか、など）を再検討する必要があるかもしれない。地理学は間口が広いため、新たなカテゴリの創出もありうるかもしれない。以上については今後の課題としたい。

参考文献

森岳人2018, 出版業界から見た地理学のアウトリーチ E-journal GEO, 13(1),170-183.

キーワード：アウトリーチ、地理学、一般書
Keywords: outreach, geography, general books

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

博物館展示による地理的・考古学的思考の普及：3Dモデルを用いた実践例

Dissemination of geographical and archaeological thinking by museum exhibitions: Practical approaches using three-dimensional models

*早川 裕弋[1,2]、安芸 早穂子[2]
*Yuichi S. Hayakawa[1,2], Sahoko Aki[2]

1. 北海道大学地球環境科学研究院、2. 東京大学空間情報科学研究センター
1. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

The way of thinking in geography and archaeology are sometimes similar to each other in that they comprise both the spatial and temporal contexts. Geography is more spatial-oriented, while archaeology is more temporal-oriented. The outreaching collaboration of geography and archaeology would, therefore, be effective in developing the ability of thinking in a spatiotemporal context. Such the collaboration of geography and archaeology can be presented in a museum exhibition. Although the number of museums specifically designed for geography is limited in Japan, there are numerous archeological museums in which geographical contents can also be included. Here we discuss the effects of a museum exhibition on the dissemination of geographical and archaeological thinking by their collaborative works. In particular, three-dimensional models of landforms and landscapes are utilized to promote the geographical and archaeological thinking for the visitors. The case studies include several museum exhibitions in Aomori, Fukushima, Nagano, and Kyoto Prefectures, each of which showed different appearances of the exhibitions. The approaches using 3D models were supposed to be informative directly letting the visitors feel and think the geographical and archaeological contexts behind the models.

キーワード：アート、博物館、こども、地理的思考、3D
Keywords: art, museum, children, geographical thinking, three dimensional

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊豆半島ジオパークにおけるガイドスキルアップ講座の紹介とその効果
Introduction of Guide Skill Up Course and Its Effect in the Izu Peninsula Geopark

*津田 和英[1]、小野 比呂志[1]、山崎 宏[1]、松尾 章史[1]、小野 英樹[2]
*Tsuda Kazuhide[1], Hiroshi Ono[1], Hiroshi Yamazaki[1], Akifumi Matsuo[1], Hideki Ono[2]

1. NPO法人ホールアース研究所、2. 伊豆半島ジオパーク推進協議会
1. NPO Whole Earth Institute, 2. Izu Peninsula Geopark Promotion Conucil Bureau

[はじめに]

一般的に、ジオパークで取り上げられる素材（火山・鉱物・地形等）は専門的で理解が困難なものという印象を持たれている。その魅力や意味を「わかりやすく伝えることができるジオガイド」の存在意義は大きい。

本報告は、伊豆半島ジオパークで認定ジオガイドに対して、「伝わる技術」に焦点を絞った講座について検証した。受講者がこれまで各種研修等で積み上げてきた専門知識を、「より伝わりやすく」表現できるようになることを目指すことを目的とし、講座を企画した。

[方法]

対象は伊豆半島認定ジオガイド30名に対して、2018年11月～12月に週1回10時～16時に下記のように全5回の内容で実施した。

第5回はモニターツアーとして、第1回目の講座でチラシを配布し、募集を開始した。

また、毎回講座後にアンケートを実施し、講座の評価と効果を集計した。

1．講座のガイダンス、参加したくなる場の作り方、伝わるガイドの心構え

講座のガイダンスとして5回の流れや大切にすることの確認後、参加者と打ち解けあってスムーズにプログラムを始める方法を学ぶ。ガイドと来訪者の関係性のあり方や、ガイドに臨むうえで求められる心構え等を学ぶ。

2．伝わる技術（体験）、伝わる技術（講義）

講師が簡易的なジオツアーを実施。受講生に体験してもらう。午後からは、講師が取り入れていた「伝わる技術」について、講義やディスカッションを行う。

3．プログラムデザイン、ガイド手法の相互共有

効果的に「伝わる」ためのプログラムの流れや構成について学ぶ。また、参加ガイド同士で、日頃のガイド手法や活用している道具類などを共有する時間を設ける。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4．プログラム作成、プログラム作成・予行

4～5名のチームを編成。過去3回の講座で学んだ技術や考え方を盛り込んで、小学校高学年向けのプログラム（15分程度のもの）を作成する。当日、雨天となることも想定する。

5．実践準備、実践・ふりかえり

小学生（高学年）を対象に、作成したプログラムを提供する。参加者の事後アンケートや各自のふりかえりを行いながら、全体で何を得たのかに気づき、日常に持ち帰る。

[成果]

アンケート結果によると、各回の講座においてほぼ全員が内容に満足した。本講座で学んだことを自身のプログラムに活かすことができると答え、ジオツアー参加者へどのように伝えていくかについての方向性を言葉にすることができたという、受講生にとっては有意義な内容であったことが見てとれた。

チームで作り上げたプログラムを実際に小学生に対して実施することを目指して、時には講師から、そして時には受講者同士の話合いから、伝えるコツやプログラムを組み立てるコツ、お互いのポテンシャルを発見していく過程では、回を重ねるごとに受講者がたくましくなっていった。

また、課題点をあげる受講者は少なく、前向きな意見が多く寄せられた。講座の特長であるワークショップ形式、体験型、座学と実践、連続での講座、リラックスできる空間をつくる飲み物や音楽等のホスピタリティー、グループ活動、受講者の自発性を引き出していく、協調性等を継続してほしい意見が多く、より良くしていくために建設的な意見があがった。

キーワード：ジオガイド、スキルアップ講座、伝わる技術
Keywords: Geo guide, Skill up course, Transmissing techniques

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宇宙地球科学の特性を考慮した対論型サイエンスカフェの試行
Testcase of Science Cafe with Confrontation Axis Considerd to Complex of Earth and Space Science

*玉澤 春史[1,2]、一方井 裕子[3]
*Harufumi Tamazawa[1,2], Yuko Ikkatai[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 京都市立芸術大学美術学部、3. 東京大学カブリ数物連携宇宙機構
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Faculty of Fine Arts, Kyoto City University of Arts, 3. kabli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, University of Tokyo

地球惑星科学に関する科学政策は，特に宇宙科学に関連して規模が大きいものも含まれ，専門性の高さのため市民がどのような意識をもっているか，明確には示されておらず，結果として専門家による策定がより比重の高い分野となっている．一方で宇宙開発にかぎらず科学技術の進行として，国民との科学技術対話が国より目標として示されており，政策の面においても一般市民がどのように考えているかを把握することはその一部である．2014年にインターネットで行われた宇宙政策に関する社会調査では，宇宙開発と他の科学技術政策とのイメージの差なども調査されているが，一方で具体的な予算配分については複数質問間で相反する回答をするなど，具体的なイメージを持ち得ているかどうかは判断が難しい（藤田・太郎丸 2015）．2017年には，ほぼ同じ内容の質問をしたあとに回答者へなぜその回答をしたかのインタビュー調査を行ったが，自分の生活に関連するような科学技術に比較するとイメージが持ちにくいような意見もあった（玉澤他2018）．市民に身近なものとして感じてもらいながら意見の醸成をする具体的な試みとして，タウンミーティングやパブリックコメントなどが行われている．市民がどのように考えているかを知り，それを政策にどのように反映すべきか，効果的な手法開発も含め検討課題である．

個別の政策課題を吟味することを想定した場合，問題の背景を把握し問題点を整理する過程を共有する必要があり，問題点をどのように可視化して議論をすすめていくかが課題である．特に，通常のサイエンスカフェなどで行われるような単独の講演者が情報提供するようなイベント形式は，参加者との間に情報の発信ー受信の関係により「意見をきく」という目的から逸れる可能性があり，工夫の必要がある．参加者が自らの意見を持ち、主体的に考えるよう促すにはどのような形式が有効だろうか．

2018年1月に，大学での授業の科学技術と社会に関する一コマ，およびワインバーでのサイエンスカフェおいて，話題提供者2名をおいて議論を行い、参加者の意見を時系列に沿って可視化するという手法をとりいれた対論形式のサイエンスカフェのテストケースを行った。いずれも「火星の環境改変は許されるか」というテーマ設定のもと，話題提供者からは賛成・反対それぞれの立場から代表的な意見を出したあとに，賛成・反対の軸をホワイトボード上に示し，参加者の意見の位置を磁石により示してもらった．参加者間で議論を行ったあとでの議論による意見の変遷をみるため，議論後に再度意見の位置を示してもらった．

大学の授業で行ったケースでは，最初の意見表明の後グループごとに賛成・反対を含めたグループによるディスカッションを行い，考えられる判断基準を提示してもらった後再度個人の意見を提示してもらったが，環境倫理，世代間倫理，多様性の側面からより反対側に意見を変更する参加者がみられた．一方で最初から強く賛成・反対をだしていた参加者にはあまり変化は見られなかった．

ワインバーで開催したイベントでは，議論の結果賛成側はより賛成に，反対側はより反対側に意見を移動させた．サイエンスカフェ終了後の意見ききとりでは，参加者としての役回りを考慮したという意見があった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

いずれも、意見の可視化を通して参加者の立ち位置がある程度ばらつき、かつ議論とともに立ち位置が変化する者が一定層いることが分かった。

サイエンスカフェなどの科学技術に関する一般向けのイベントでは，科学技術に関心の高い層が参加する傾向があるが（加納ら　2013），そのような層のなかには，イベントでの質疑応答など意見表明の場がある場合，発言した参加者が自身の意見変遷とは別に立ち振る舞う可能性を示唆しており，議論の円滑化・活発化に寄与する反面，過度な役割意識は市民の意識をしるという観点ではその人自身の意見とは別になる可能性もありうる．

藤田智博, 太郎丸博. (2015). 宇宙開発世論の分析: イメージ, 死亡事故後の対応, 有人か無人か.　京都社会学年報，23, 1-17

加納圭, 水町衣里, 岩崎琢哉, 磯部洋明, 川人よし恵, & 前波晴彦. (2013). サイエンスカフェ参加者のセグメンテーションとターゲティング:「科学・技術への関与」 という観点から. 科学技術コミュニケーション= Japanese Journal of Science Communication, 13, 3-16.

玉澤春史、磯部洋明、長島瑠子 （2018）日本の宇宙政策に対しての世論の非存在
第62回宇宙科学技術連合講演会集録

本研究はJSPS科研費 JP18H05296「宇宙科学技術の社会的インパクトと社会的課題に関する学際的研究」による成果の一部である．

キーワード：科学への公衆関与、科学政策、サイエンスカフェ、主体的で対話的な学び
Keywords: Public Engagement of Science, Science Policy, Scinece Cafe, Active Learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震流言から考えるリテラシー
Literacy for Rumors of Earthquake Occurrence

*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. Department of Physics, Tokyo Gakugei University

地震発生のうわさが不特定多数に広まる地震流言（じしんりゅうげん）は、大きな地震の後には必ずといっていいほど発生している。近年では、2018年北海道胆振東部地震や2016年熊本地震の後にも発生している。熊本地震の翌月に高知県で広まった地震流言では、地震発生予定日に営業を自粛したホテルがあった。このように地震流言は少なからず社会的な影響を及ぼしている。また、地震流言は大地震がなくても発生することがあり、単に災害時に広まるニセ情報のひとつという範疇にはとどまらない。しかし、その内容や背景にはいくつかの共通点があり、それを知っていればニセ情報と判断することも可能である。ただし、それには最低限の地震に関する基礎知識が必要となる。本発表では地震流言にみられる特徴を紹介し、そこから求められるリテラシーを考察する。

キーワード：地震流言、リテラシー
Keywords: rumor of earthquake occurrence, literacy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ゴーストフォレストが語る広域地殻変動と巨大津波痕跡群-アウトリーチ活動と防災教育の重要性-

Regional crustal movements and gigantic tsunami traces recorded by ghost forests: Importance of outreach activities and education for disaster prevention

*重野 聖之[1]、七山 太[2,6]、渡辺 和明[2]、石井 正之[3]、石渡 一人[4]、猪熊 樹人[5]、深津 恵太[7]
*Kiyoyuki Shigeno[1], Futoshi Nanayama[2,6], Kazuaki Watanabe[2], Masayuki Ishii[3], Kazuhito Ishiwata[4], Shigeto Inokuma[5], Keita Fukatsu[7]

1. 明治コンサルタント株式会社、2. 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 、3. 石井技術士事務所、4. 別海町郷土資料館、5. 根室市歴史と自然の資料館、6. 熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター 、7. 野付半島ネイチャーセンター
1. Meiji consultant co.,Ltd., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Ishii Professional Engineer Office, 4. Betsukai municipal museum, 5. Nemuro City museum history and nature, 6. CWMD, Kumamoto Univ., 7. Notsuke Peninsula Nature Center

北海道東部千島海溝の地域では超巨大地震によって生じた海岸地形や津波堆積物を身近に観察することができるが，これまで地元住民にはあまり関心を持たれてこなかった．2018年9月3～4日に，これら超巨大地震によって形成されたと推定されている地質現象に焦点をあてた，地元住民も参加できる地質巡検を日本地質学会第125 年学術大会（札幌大会）関連行事として企画実施したので，その概要を報告する．

1.超巨大津波痕跡群と完新世テフラを調べる

道東太平洋沿岸域は，千島海溝に面する本邦屈指の地震津波の多発地帯である．過去50年間を振り返って見ても， M8クラスの巨大地震が数10年おきに発生しており，その都度多大な被害をもたらしてきた．根室市西端のガッカラ浜地域の小規模な沿岸湿原の断面には泥炭層が波食されて露出しており，ここには過去4000年間の津波を記録している．今回の巡検では，この露頭において6層の完新世テフラと12層の津波堆積物を観察して頂いた．ここでは露頭を観察することにより“いつ津波が襲ってきたのか？”，そして“その津波がどのくらいの大きさだったのか？”を想像していただいた．このうち，巡検後半の分岐砂嘴の形成史の議論に関連する上位から3層準については，AMS14C年代値およびテフラ層序に基づき， Ta-aとKo-c2に覆われるNS1が17世紀， NS2は12/13世紀，B-Tmに覆われるNS3は9世紀に発生した超巨大津波痕跡と考えられることについて，詳しく解説した．

2.ゴーストフォレストが語る測地学的および地質学的観測結果が示す矛盾を調べる

根室半島の北側に位置する根室海峡に面する風蓮湖と野付湾には，我が国には珍しい，現在も活動的なバリアーシステムが認められている．今回の巡検で訪れた風蓮湖周辺や野付半島のトドワラ，ナ ラワラ周辺は近年の1 cm/yrに達する急激な地盤沈下により，湖岸に近接する森林では海水の影響によって立ち枯れ（白骨林化）が顕著になり，地元では“ゴーストフォレスト”と呼ばれている（渡辺ほか，2011）．これら沈んでいる砂嘴は地盤沈下によってその面積は年々縮小している．しかし，竜神崎には2 mを越える浜堤が2列存在し，テフラと14C年代から，17世紀と12/13世紀に隆起して離水した証拠が見つかっている．ここでは17世紀に離水した浜堤を実際に掘って，参加者に確認して頂いた．このことは，地元住民がこれまで信じていた“近い将来，野付半島が水没して無くなる！”ということは全くあり得ず，逆に“地震による地殻変動の影響をちゃんと考えるべきである！”と解説した．

3.アウトリーチ活動と防災教育

今回の巡検で，我々は地元にある地形や地層を教材として，未来の災害をおおよそ予測できることを学んで

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

いただいた．また，我々は津波堆積物の剥ぎ取り標本を地元博物館等に贈呈する啓蒙活動を長年にわたって行って来ており，今後もこれらを地震津波への備えや防災・減災教育に役立てて頂くことを希望している．

キーワード：アウトリーチ活動、防災教育、津波堆積物、広域地殻変動、超巨大地震
Keywords: outreach activities, awareness activities, tsunami deposits, related regional crustal movements, giant earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

2019年5月26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[G-02] 地球惑星科学のアウトリーチ

コンビーナ:植木 岳雪(千葉科学大学危機管理学部)、小森 次郎(帝京平成大学)、長谷川 直子(お茶の水女子大学)、大木 聖子(慶應義塾大学 環境情報学部)、座長:長谷川 直子

本セッションは、高校・大学・研究機関・博物館などにおいて、児童・生徒および社会人への地球惑星科学の教育研究および知識普及に関する内容を扱います。この中には、研究者と教育者との関係を構築することだけでなく、研究者間や教育者間でのアウトリーチ情報の共有をはかることも含まれます。また、防災・減災や科学コミュニケーションなど、研究者と教育者と社会とのコミュニケーションに関する活動も歓迎します。会場・日程の都合上、講演内容に応じてポスター発表にまわっていただくこともあります。

10:45 ~ 11:00

[G02-07] 生徒主導の地震震動モデルの実験構築と構造物クラック調査からの防災意識づくりへ

*中村 亮[1] (1.宮城県利府高等学校)

11:00 ~ 11:15

[G02-08] 中学生による「防災小説」が他者に与える影響―高知県土佐清水市での取り組みの考察ー

*所 里紗子[1]、薄井 慧[1]、川崎 彩奈[2]、永松 冬青[3]、大木 聖子[2] (1.慶應義塾大学総合政策学部、2.慶應義塾大学環境情報学部、3.慶應義塾大学SFC研究所)

11:15 ~ 11:30

[G02-09] **写真を用いた防災教育によるリスク認知の向上**

*日向 惠里名[1]、佐々木 瞳[1]、大木 聖子[1] (1.慶應義塾大学)

11:30 ~ 11:45

[G02-10] 標本を使った幼児向け地学教育

*森田 直樹[1,2]、安井 万奈[2,3]、萩谷 宏[2,4] (1.明星大学、2.NPO法人Science and Art、3.早稲田大学理工学術院総合研究所理工学研究所 、4.東京都市大学知識工学部自然科学科 Tokyo City University)

11:45 ~ 12:00

[G02-11] 防災教員研修へのナラティヴ・アプローチの導入 ―埼玉県公立学校での実践を通して―

*パリーク 亜美[1]、大木 聖子[1]、山口 航平[1]、鳥羽 美礼[1] (1.慶應義塾大学 SFC防災社会デザイン研究室)

12:00 ~ 12:15

[G02-12] メキシコでの地震・津波防災教育の実践 ー教育カリキュラムの日墨比較を通したカルチュラル・チューニングー

*岩堀 卓弥[1]、中野 元太[1]、矢守 克也[1] (1.京都大学 防災研究所)

生徒主導の地震震動モデルの実験構築と構造物クラック調査からの防災意識づくりへ

Constructing quaking model in the geological club activity and discussion activities around crack investigation

*中村 亮[1]
*Ryo S Nakamura[1]

1. 宮城県利府高等学校
1. Miyagi Rifu high school

著者の勤務する宮城県利府高等学校は長町－利府断層の直上にあると推定できる地形の立地である。宮城県沖地震や，記憶に新しい東北地方太平洋沖地震に比較すれば大きな規模の地震ではないであろうが，もし直下で発生すれば仙台市を含めて甚大な被害が起こることが予想されてきた。その周辺の話題で防災教育にも関連する以下の内容を講演する予定である。

(1)過去の痕跡の調査

生徒に学校建築時のボーリンゴコア試料から地下の構造を柱状図で示させた。すると火山灰層が複数挟まれる形での堆積物が多く見られた。地域的には地震以外にも火山性降下物も見られその性質を探った。

(2)複数見られる異質性の火山性堆積物が含有されていると、いざ直下で地震が発生したときにどのような揺れや破壊が起こるのか，身近にあるもので生徒が制作した振動発生モデルの構築を紹介する。単層よりも複数層の火山灰層があると沈下もあるが，その上の構造物の不均質な沈下を逆に防ぐ様子が観察できた。

(3)構造物内のクラックを生徒が調査することにより，大きな地震でなくても日常での岩盤にかかっている応力などからどのような危険があるのか調査させた活動を紹介する。このとき学校建築時の地質図がどのように活用できるか，話題を提供する。

キーワード：地震動実験、堆積物、クラック調査
Keywords: Seismic experiments, Sediments, Crack investigation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中学生による「防災小説」が他者に与える影響ー高知県土佐清水市での取り組みの考察ー

The Impact of Middle School Students' "BOSAI Narratives" on the Community of Tosashimizu City

*所 里紗子[1]、薄井 慧[1]、川崎 彩奈[2]、永松 冬青[3]、大木 聖子[2]
*Risako Tokoro[1], Kei Usui[1], Ayana Kawasaki[2], Tosei Nagamatsu[3], Satoko Oki[2]

1. 慶應義塾大学総合政策学部、2. 慶應義塾大学環境情報学部、3. 慶應義塾大学SFC研究所
1. Keio University, Faculty of Policy Management, 2. Keio University, Faculty of Environment and Information Studies, 3. Keio Research Institute at SFC

本発表では、高知県土佐清水市立清水中学校の生徒らが書いた「防災小説」が、保護者や地域住民に与えた影響について質的に分析をし、考察する。なお、執筆した生徒本人に「防災小説」が与える影響については、2018年大会において永松冬青氏が発表を行った(永松, 2018)。

清水中学校の生徒による「防災小説」

土佐清水市は、高知県西南端に位置する人口約14,000名(うち65歳以上は全体の約47%)の地方都市である(土佐清水市, 2018)。2012年に内閣府から発表された南海トラフ巨大地震の新想定(内閣府,2012)において、同市の想定津波高は全国最大の34m以上であると発表された。災害リスクへの注意喚起ならびに防災意識の向上などを目的とした発表だったが、地域住民は「もう助からない」等の諦め・慢心・依存のムードに陥り、以前よりも防災活動が弱体化したとの報告があった(孫,2014:76-87,大木,2017)。筆者らは2016年度より、清水中学校にて防災教育の実践研究を行ってきた。同校で共同実践として開始した「防災小説」の作成は、“ナラティヴ・アプローチ”の防災分野への導入と位置付けられ、上記のような状況を打破しつつある(大木,2017)。

「防災小説」とは、近未来のある日に巨大地震が発生したというシナリオのもと、生徒一人一人が自分自身を主人公として綴る800字程度の物語であり、「まだ」起きていないことを「もう」起きたかのように綴る。小説を書くにあたり、地震発生の日時と天気は教員が指定し、生徒は、そのとき家族や街がどうなるか、自分はどのような気持ちかを想像して執筆する。小説は、必ず希望をもって終えなければならない。

調査手法

生徒らが作成した「防災小説」の読み手となった地域の小中学生の保護者を対象に、2017年度末にアンケート調査を行い、これに基づいて2018年度に10人を対象にヒアリング調査を実施した。

「防災小説」の効果

アンケートおよびヒアリング内容の分析を行った結果、次のことが明らかになった。1) 地元中学生による「防災小説」は、不確実性を含む地震発生に関する情報を効果的に保護者の日常の文脈に落とし込んだこと、2) その上で、日常の価値を見直すきっかけにもなったこと、3)防災教育そのものが信頼されていること、4)「防災小説」から受ける影響は、個人のバックグラウンドが大きく関係していることが示唆されること、5) 「防災小説」そのものが、読み手が災害に対して当事者意識を持つことの促進には必ずしもならないこと、6) 保護者の中にはコンサマトリーな価値を見出している人がいたこと、7)「防災小説」が人々に「偶有性」(矢守, 2007)を与えていること、8) 保護者に対して「現実制約作用」(野口, 2002)とはむしろ反対の、「あえて」逆の状況を想起させる場合があること、9) そのことが保護者の中で「終わらない対話」(矢守, 2007)を生んでいること、そして10) 今回の対象者に限っては、すでに防災行動をとっている人が多かったことも影響し、「防災小説」を読んだことによって新たな行動をとった人は少なかったこと;である。本発表では、地域全体を「防災の理想的な状態」(矢守, 2013)に導くことにおいて地元中学生による「防災小説」が持

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

つ効果や可能性について報告する。

参照文献

1. 永松冬青(2018), 「防災小説」の理論的考察-高知県土佐清水市立清水中学校における防災教育-, 日本地球惑星科学連合2018年大会.
2. 土佐清水市 (2018), 土佐清水市市内世帯・人口一覧. . (参照2019-01-10).
3. 内閣府(2012),南海トラフ巨大地震の震度分布,津波高等及び被害想定について. .(参照2019-02-13).
4. 孫英英・近藤誠司・宮本匠・矢守克也(2014), 新しい津波減災対策の提案ー「個別訓練」の実践と「避難動画カルテ」の開発を通して. 災害情報,12,76-87.
5. 大木聖子(2017),土佐清水市の中学生による防災小説-防災教育のナラティヴ・アプローチ-,日本安全教育学会第18回岡山大会.
6. 矢守克也 (2007), 「終わらない対話」 に関する考察. 実験社会心理学研究, 46(2), 198–210.
7. 野口裕二 (2002), 物語としてのケアーーナラティヴ・アプローチの世界へ. 医学書院.
8. 矢守克也 (2013), 巨大災害のリスク・コミュニケーション. ミネルヴァ書房.

キーワード：防災教育、地震、ナラティヴ
Keywords: Education, Earthquake, Narrative

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

写真を用いた防災教育によるリスク認知の向上
Disaster Prevention Education Programs to Increase Risk Perception

*日向 恵里名[1]、佐々木 瞳[1]、大木 聖子[1]
*Erina Hyuga[1], Hitomi Sasaki[1], Satoko Oki[1]

1. 慶應義塾大学
1. Keio University

1. はじめに

2011年の東日本大震災をきっかけに、防災教育の重要性が再認識されるようになった。2013年に文部科学省が刊行した『「生きる力」を育む防災教育の展開』では、子供達の主体性に訴える防災教育の重要性が強調されている。ところが、2015年に埼玉県などの教員を対象にアンケート調査を実施したところ、多くの教員が防災教育の必要性を認識しており、現状の避難訓練では不十分であるという思いを抱いているのにもかかわらず、現時点では教員自身が主体となって防災教育を実施することが難しいという実態が明らかになった（永松・大木，2015）。

２.「写真で危険探し授業」とPhotovoice法

筆者らは、多忙な学校教員自らが実施可能な防災教育コンテンツの開発を進めてきた。本研究ではその中でも、小学生向けの教材である「写真で危険探し授業」を取り上げる。「写真で危険探し授業」とは、授業を受ける子供達が写っている写真を用いて、地震が起きたら何が危険になるかを対話形式で考える授業である。子供達自身が写り込んでいるため、災害の自分のこと化を容易に促すことができる。実際に、授業を契機に子供達が防災について主体的に考えるようになり、訓練や本当の地震の際の初期行動が格段に早くなった、との報告を受けている（大木,2016：108-133,Tokoro et. al.　2017）。

一方で、写真を使用して議論を深めるという点において類似しているPhotovoice法（Wang and Burris,1997:369-387）という手法が、公衆衛生学などの分野で確立されている。これは、ワークショップ参加者がそれぞれ撮影した写真についてグループで話し合い、自身や自分が所属するコミュニティの問題の発見と解決を目指す手法である。従来の「写真で危険探し授業」では、子供達は被写体となっていた。今回、Photovoice法を「写真で危険探し授業」に応用し、子供達自身が撮影者となって地域を撮影することで、子供達とその保護者の防災意識がどのように変化するかを調査した。

３. 調査手法とワークショップ当日の様子

調査を行うにあたり、山形県鶴岡市において防災ワークショップを実施した。対象としたのは、山形県鶴岡市およびその近隣自治体の小学校2～4年生の児童である。参加希望者には、事前に地域のお気に入りの場所の写真を2枚ずつ撮影してもらい、参加申し込みのメールに添付してもらった。「危険だと思う場所」ではなく、「お気に入りの場所」としたのは、本ワークショップを単なる地域の危険探しにしないためである。

当日は、参加者を４つのグループに分け、防災クイズなどの様々なコンテンツを通して楽しみながら防災について学んでもらった。ワークショップ後半には、研究室の学生が自分のお気に入りの場所と、そこで地震が起きた時に危険になるポイントについて全員に向けて解説をした。全体での解説を踏まえて、各班でもそれぞれのポイントについて話し合ってもらった。ワークショップ終了後には、事前に撮影した写真と同じ場所を改めて撮影し、その場所のお気に入りのポイントと、地震発生時に危険になるポイントのまとめを送るという宿題を課した。実際に提出された宿題の中には、元の写真には写っていない危険が写り込むように、構図を変えて撮影されていたものが複数あった。地震が起きた時に危険になるポイントをしっかりおさえられたことが伺える。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

４. 追跡調査の結果と今後の展望

ワークショップを通じて生じた変化をより詳細に把握すべく、参加者数名を対象としてヒアリング調査を実施した。その結果、ほとんどの児童が危険なポイントについて再度考えただけでなく、学んだことを友達や家族にも教えていたことが分かった。防災リュックの中身を見直したり、非常時の約束事を家族で決めたという事例も見られた。このことは、実践共同体論(レイブ&ウェンガー著・佐伯訳，1993)において、1)知識の内化、2)アイデンティティの変容、3)実践共同体の拡大という学びの３要素を概ね満たしていると言える。今後の展望としては、Photovoice法を用いた「写真で危険探し授業」の課題点を明確にし、学校現場に導入しやすいよう教員と共同で教材を改良していくことが挙げられる。

５. 参照文献

1.文部科学省(2013),『「生きる力」を育む防災教育の展開』.

2.永松冬青・大木聖子(2015),『地域リスクを取り込んだ実効的防災教育』, Japan Geoscience Union Meeting 2015 May 24th-28th MAKUHARI MESSE.

3.大木聖子(2016), 『防災・復興における主体の回復』, KEIO SFC JOURNAL,16(1):108-133.

4.Caroline Wang and Mary Ann B (1997), *Photovoice: Concept, Methodology, and Use for Participatory Needs Assessment,* Health Education & Behavior, 24(3):369-387, London: SAGE Publishing.

5.ジーン・レイブ&エティエンヌ・ウェンガー著・佐伯胖訳(1993),『状況に埋め込まれた学習-正統的周辺参加』.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

標本を使った幼児向け地学教育
Geoscience education for infants using geological specimen

*森田 直樹[1,2]、安井 万奈[2,3]、萩谷 宏[2,4]
*Naoki Morita[1,2], Mana Yasui[2,3], Hiroshi Hagiya[2,4]

1. 明星大学、2. NPO法人Science and Art、3. 早稲田大学理工学術院総合研究所理工学研究所 、4. 東京都市大学知識工学部自然科学科 Tokyo City University
1. Meisei University, 2. Non-Profit Organization Science and Art, 3. Waseda research institute for science and engineering, 4. Tokyo City University

NPO法人Science and Artでは幼児期からの理科離れ対策として、2016年以来幼稚園における自然科学教育を展開し、年少児から小学校2年生まで毎週９クラス（幼児60名・小学生８名）の自然科学教室を展開している。

本研究発表では以下の３つのプログラムとその教育効果について紹介する。

１・化石発掘体験
２・鉱物万華鏡
３・恐竜カルタ

化石発掘体験では実物のアンモナイトを石膏と砂を混ぜた土台に埋め込み、子供達に割り箸とゴムハンマーで発掘の感覚を味わってもらう。この際、子供のレベルに応じて土台の硬さを調節することにより醍醐味が変わってくる。模擬的に発掘された化石にはラベルをつけて自分の標本として自分で管理させる。

鉱物万華鏡では水晶（石英・紫・ピンク）やカンラン石のなどの色石のさざれ石を利用して万華鏡を作る。石の観察を行いながら、その起源や産地の話題へと話を発展させる。

恐竜カルタでは通常のカルタ遊びを行いながら、カルタに出てきた恐竜や海棲爬虫類の標本（レプリカ・実物化石）を見せたり触ったりさせる。図鑑も多用してカルタに書いてある文字以上の情報を図鑑から得る方法を教える。

本プログラムのフィードバックを紹介することで、いずれも幼児期から楽しみながら地学に触れることができるだけでなく、その後の興味を伸ばす要素も含んでおり、幼児期からの地学教育において画期的なプログラムであると提案したい。

キーワード：幼児教育、地学教育、地学標本
Keywords: Early childhood education, Earth science education, Geological specimen

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

防災教員研修へのナラティヴ・アプローチの導入 ー埼玉県公立学校での実践を通してー

Introducing Narrative Approach to Earthquake Disaster Prevention (BOSAI) Teacher Training: Practice in Saitama Prefecture

*パリーク 亜美[1]、大木 聖子[1]、山口 航平[1]、鳥羽 美礼[1]
*Ami Pareek[1], Satoko Oki[1], Kohei Yamaguchi[1], Mirei Toba[1]

1. 慶應義塾大学 SFC防災社会デザイン研究室
1. Keio University

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震以降、防災教育はその重要性が再認識され、積極的に推進されるようになった。しかし、実際に防災教育を担う教職員からは、実施にあたり戸惑いの声が上がっており(永松・大木，2016)、防災教育の有効性が認められている一方で、実施に際してはいくつかの障壁が存在することもわかっている。教職員の残業時間が一般的に「過労死ライン」と呼ばれる80時間を超えるほどの時間的余裕のなさ、教育現場におけるカリキュラムの飽和、教職員の防災教育に対する経験不足、加えて、多くの学校において安全担当職員が各校に1名しか存在しない。そして、実質的にはその教員1名が、学校保健安全法の定める年間安全計画や防災マニュアルの策定と、それらに基づいた防災教育の実施を担っている。このように、時間・経験・予算のない中で、安全教育担当の教員1名を中心に防災計画を刷新することは現実的ではなく、結果的に既存マニュアルの微修正と形骸化した例年同様の避難訓練を継続するに留まっている。

そこで、本発表では、学校現場の現状を踏まえ、より効率的かつ実効的な教員への防災研修プログラムの開発およびその成果について報告を行う。

2. 本研究の目的と方法

本研究は、このような教育現場の課題を踏まえ、学校管理下における発災状況にも実効的な教員研修プログラムの開発を目指して実施したものである。

ナラティヴ・アプローチを活用するにあたり、具体的な方法として、学校管理下で大きな地震が発生した場合の詳細な描写ーー子どもの表情や言動、自らの不安や焦り、他教職員の言動などーーを、教職員の目線でつづった物語（ナラティヴ）を提示した。各教職員はこの物語を通して連想したリスクを書き出し、教職員同士でのグループワークを行ったのち、全体で共有する。さらに、地震発生から数分の描写までを書いた中途の物語をワークシートとして配布し、各教職員が自らの学校や受け持つ学級を想像しながら物語の続きを執筆する。 全行程でおよそ50分の校内研修プログラムである。 物語（ナラティヴ）によって認知した各学校・学級のリスクに基づき、現状の形骸化した避難訓練をより実践的なものへと改善するためのワークシート形式の資料を研修後に配布した。

3. モデル校における活動と進展

本研究においては、埼玉県内の公立学校のモデル校として選ばれた小・中学校で主に実践してきた。モデル校に対しては、複数回に渡り児童・生徒および教職員に対する働きかけを行った。初めは、防災について考えるきっかけを与えることを目的とした校内研修プログラムを行い、学校全体で防災について改めて考える機会となった。それ以降は学校側からの働きかけに対して適宜応じ、フォローしていく、という形式を取った。結果としては、学校側から多くの活動が積極的に打診・計画され、実行に移された。例を挙げると、「自主的に新たな形での避難訓練を計画・実行する」「改善版の避難訓練に対する、専門家の目としての見学打診の連絡」等である。また、これらの活動に関しては教職員に対してヒアリングによる追跡調査を行った。さらに、年度終わりに教職員に対しアンケート調査を実施し、年度始めに行ったアンケート調査と比較・分析する中で、一年間の活動を通じた学校現場の変化を分析する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モデル校以外に対する取り組みとしては、昨年7月に小・中学校長向けの防災研修会を実施した。その後、モデル校の他にも、複数の学校長から反応があり、来年度以降の活動に盛り込んでいく予定である。

文献
1) 永松・大木(2016)実効的な地震防災コミュニケーション ー地震動予測地図の効果測定と実践的防災教育の展開ー, 2015 年度 慶應義塾大学環境情報学部 卒業論文.

キーワード：防災、教育
Keywords: Disaster prevention, Education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メキシコでの地震・津波防災教育の実践 ー教育カリキュラムの日墨比較を通したカルチュラル・チューニングー

Practice of Disaster Education in Mexico: "Cultural Tuning" Based on Comparative Study of Public Educational Curriculum Between Japan and Mexico

*岩堀 卓弥[1]、中野 元太[1]、矢守 克也[1]
*Takuya Iwahori[1], Genta Nakano[1], Katsuya Yamori[1]

1. 京都大学 防災研究所
1. Disaster Prevention Research Insutitute, Kyoto University

メキシコ合衆国はココスプレートと北アメリカプレートの境界に位置し、内陸と海洋を問わず地震災害のリスクに晒されている点において、日本やチリなどと並ぶ地震国である(三雲, 2011)。同国では1985年のミチョアカン州沖の地震で首都メキシコシティが大きな被害を被った他、2017年9月にも2つの大きな地震が発生し（9/8, M8.1 ；9/19, M7.1）、それぞれ多くの死者を出している。これらを受けて、同国でも防災教育への関心が高まっている。

本研究の目的は、学習カリキュラムの日墨比較によって義務教育の過程で扱われる知識の異同を明らかにし、さらにこれを通して、両国の一般的な地震リスク認知の特徴を明らかにする事である。研究方法として、日本の教育制度の理科カリキュラム（文部省学習指導要領）から地震学に関するものを選び出すとともに、メキシコの教育制度のカリキュラムの中でこれに対応するものを抽出し、それぞれの構成について比較を行う。さらに、防災学習をメキシコで実施し、そこでのアンケートを基に、カリキュラムが実際の学生の知識に反映されているあり方について調査を行う。

キーワード：防災教育、地震学、メキシコ
Keywords: Disaster education, Seismology, Mexico

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

2019年5月26日(日) 9:00 ~ 10:30 | 104 1F

[G-03] 小・中・高等学校，大学の地球惑星科学教育

コンビーナ:畠山 正恒(聖光学院中学高等学校)、座長:丹羽 淑博

いろいろな教育実践報告を通じて、初等中等教育の地球惑星科学教育を考えていきます。小・中・高等学校に出向いて実施されたアウトリーチ報告も歓迎致します。 また、大学学部の特に教養レベルの地球惑星科学教育について、現状の問題点や今後の展望も検討していきます。 皆様からの様々な提案を募集します。

9:00 ~ 9:15

[G03-01] 隠岐の島図書館における「理科読」「レッツ理科読！光がとどけた物語」隠岐の島図書館での科学読み物と演示実験

*阿部 國廣[1] (1.島根半島・宍道湖中海（国引き）ジオパーク推進協議会)

9:15 ~ 9:30

[G03-02] ICT機器の活用の違いによる小学生の日食の理解について

*今井 弘二[1]、村山 泰啓[1]、山西 孝宜[2] (1.情報通信研究機構、2.三菱みなとみらい技術館)

9:30 ~ 9:45

[G03-03] 地形から災害リスクを学ぼう

*栗栖 悠貴[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:45 ~ 10:00

[G03-04] 理科室で行う蛇紋岩の加熱脱水実験

*大森 聡一[1]、勝又 行信[2] (1.放送大学教養学部自然と環境コース、2.放送大学自然環境科学プログラム)

10:00 ~ 10:20

[G03-05] デジタル立体地球儀を通じた学校、科学館、研究者の連携による地球惑星科学教育

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

10:20 ~ 10:30

Discussion

隠岐の島図書館における「理科読」「レッツ理科読！光がとどけた物語」隠岐の島図書館での科学読み物と演示実験
"Science reading" in the Oki Island Library Let's science reading! The story of Light deliver "science reading and demonstration experiments in the Oki Island Library

*阿部 國廣[1]
*Kunihiro Abe[1]

1. 島根半島・宍道湖中海（国引き）ジオパーク推進協議会
1. Shimane Penunsula Shinjiko Narumi, Kuibiki Geopark Promotion Committee

構想

・隠岐の島で見られる光の現象をもう一度見つめなおし、その現象がどうして起こるのだろうか、光とはどのようなものなのかを科学読み物や演示実験を通して学び、自分でも追及してみようとする探求心が育つことを期待し、本講座を行った。

基礎的内容

・ものが見えるためには光が必要

・光には一定の性質があるのでものの形が見えたり色が見えたりする。

光の性質

・光は遮るものがなければ限りなく直進する。

・光は光源から拡散しながら直進する

・光の光源となるものに、天然光源・人工光源

・光の反射と反射の決まり…光が通過できない物体では境界面で反射し、光の反射面の法線の入射角と反射角は等しく反射する。（正反射と乱反射）

・光には色がある。（将来、スペクトル・波動・干渉へとつながる。）光の三原色、虹

・白と黒の違いと影は

このような構想で演示実験を行った。

キーワード：可視光、直進、拡散、光源、光と色、反射

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Visible light, straight, diffusion, light source, light and color, reflection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ICT機器の活用の違いによる小学生の日食の理解について
Difference in elementary students' understanding of a solar eclipse by using different ICT devices

*今井 弘二[1]、村山 泰啓[1]、山西 孝宜[2]
*Koji Imai[1], Yasuhiro Murayama[1], Takahiro Yamanishi[2]

1. 情報通信研究機構、2. 三菱みなとみらい技術館
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. MITSUBISHI MINATOMIRAI INDUSTRIAL MUSEUM

本研究は、児童の主体的な学習を促進するためのICT機器の効果的な活用を調査するために，日食を題材として、3つの異なる学習スタイル（①児童にプロジェクタで資料を提示し、説明するだけの受け身型の学習，②児童がタブレットを操作する能動型の学習，③模型を活用した疑似体験型の学習）を実施し、児童の理解のしやすさについて、主観的な感想を調査した。その結果、学年に関わらず、資料を提示するだけの説明よりも、タブレットや模型を使った学習の方が理解しやすいとの回答を得た。しかしながら、3次元的な認識がより深く必要な内容については、立体的な模型を使った方が理解しやすいという傾向が得られ、タブレットのコンテンツの見せ方を工夫するか、タブレットと模型をうまく使い分ければ、効果的であると考えられる。

キーワード：日食、ICT、小学生、主体的な学習
Keywords: solar eclipse, ICT, elementary student, active learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地形から災害リスクを学ぼう
Let’s learn landform and disaster risk

*栗栖 悠貴[1]
*Yuki Kurisu[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. Geospatial Information Authority of Japan

防災分野における教育の重要性については，「仙台防災枠組2015-2030」の優先行動にも位置付けられるなど，国際的にも認識されている．国内においては、学習指導要領（平成29年3月公示）に防災・安全教育などの充実が図られている．国土地理院は，地形を学ぶ学習単元に狙いをつけ，地理教育の道具箱（http://www.gsi.go.jp/CHIRIKYOUIKU/index.html）を通じて，地形に刻まれた災害リスクを学ぶコンテンツ（以下，「本コンテンツ」という）を公開したので報告する．本コンテンツは学習する者の興味を引くための工夫を3つ取り入れている．

一つ目は，キャラクターと共に地形と災害を学ぶ工夫である．山地・平野・海岸周辺それぞれに特徴的な災害を，住民と共に地形から学び，最終的には身近な地域についてハザードマップポータルサイトで調べることができるように工夫している．

二つ目は，対話型でストーリーを展開していく工夫である．導入では，ことわざから地形と災害の関係を考えるきっかけとなり，展開では災害事例と土地の成り立ちから災害リスクを考えることができ，まとめでは地形と災害の切っても切れない関係を再確認できるように工夫している．

三つ目は，専門用語を分かりやすくイメージするための工夫である．洪水を理解するためには川の特徴を理解しなければいけない．本コンテンツでは流域を学校教育において身近な漏斗で表現するなど工夫している．
国土地理院は，本コンテンツのように地形に刻まれた災害リスクをわかりやすく情報発信していくことで今後も地理教育を支援していく．

キーワード：防災教育、地形、災害リスク
Keywords: Education for disaster prevention, landform, disaster risk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

理科室で行う蛇紋岩の加熱脱水実験
Demonstration of the serpentinite dehydration at a laboratory in school

*大森 聡一[1]、勝又 行信[2]
*Soichi Omori[1], Yukinobu Katsumata[2]

1. 放送大学教養学部自然と環境コース、2. 放送大学自然環境科学プログラム
1. The Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan, 2. Natural and Environmental Sciences Program, The Open University of Japan

表層環境圏からマントルに至る物質循環は，中学，高校，および大学一般教養の地学における重要なテーマの一つである。水（H2O）の循環は，生活に身近な分子が，地震や島弧火山マグマの形成に関わるという点で，地球科学の視点の広がりを学習するため題材として好ましい。しかし，一方で，液体の水が沈み込み帯にしみ込んでゆく，という誤ったイメージが描かれがちでもある。本研究では，含水鉱物を媒体とした水の循環を視覚的に理解させることを目的として，学校理科室において取り組み可能な教材として，常圧における蛇紋岩の加熱脱水実験法を検討した結果を報告する。

キーワード：含水鉱物、蛇紋岩、脱水反応、理科実験
Keywords: hydrous mineral, serpentinite, dehydration reaction, labo experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

デジタル立体地球儀を通じた学校、科学館、研究者の連携による地球惑星科学教育

Educational activities of the Earth and planetary science in the collaboration of schools, science museums, and scientists using digital globe

*齊藤 昭則[1]、津川 卓也[2]
*Akinori Saito[1], Takuya Tsugawa[2]

1. 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、2. 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

学校、科学館、研究者の連携によってデジタル立体地球儀「ダジック・アース」を用いた地球惑星科学の教育活動が実施されているが、その活動の現状と、学校での利用における課題について報告する。「ダジック・アース」は京都大学、情報通信研究機構などの地球惑星科学の研究者によって開発されており、コンテンツの作成には多くの地球惑星科学の研究者が関与している。そのシステムは、科学館において常設展示や企画展示によって利用されており、またいくつかの科学館では地域の教員向けに授業でのデジタル立体地球儀の活用についての研修を実施するなど、学校、科学館、研究者の連携によって利用が広まりつつある。日本科学未来館「ジオコスモス」や米国NOAA「Science on a sphere」など、他のデジタル立体地球儀システムに比べて、簡単な仕組みで実施できることが特徴であり、学校の授業で教員によって利用されることを目指している。そのために小・中・高等学校におけるカリキュラムに対応した使い方の提案や機材の貸し出しなど、教員が利用しやすくなるように整備を進めているが、学校での利用における課題も明らかになってきている。特に小学校の理科では、「地球が丸い」ことを明示的に扱わないが、月の満ち欠けの説明では「月が丸い」ことを前提知識として求めるなど、地球惑星衛星全体を見ることができるデジタル立体地球儀をカリキュラムに沿って利用する上で混乱を招く点も見られた。発表では、デジタル立体地球儀の学校授業での利用の現状と課題点および今後の展開を報告する。

キーワード：デジタル立体地球儀、ダジック・アース、立体表示
Keywords: Digital globe, Dagik Earth, 3D presentation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 G (教育・アウトリーチ)：教育・アウトリーチ

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[G-03] 小・中・高等学校，大学の地球惑星科学教育

コンビーナ:畠山 正恒(聖光学院中学高等学校)、座長:畠山 正恒(聖光学院)

いろいろな教育実践報告を通じて、初等中等教育の地球惑星科学教育を考えていきます。小・中・高等学校に出向いて実施されたアウトリーチ報告も歓迎致します。 また、大学学部の特に教養レベルの地球惑星科学教育について、現状の問題点や今後の展望も検討していきます。 皆様からの様々な提案を募集します。

13:45 ~ 14:00

[G03-06] **Improving Awareness of Marine Conservation and Sustainability among Taiwanese Middle School Students by Teaching Slow Fish Movement**

*Ya-Yin Liao[1]、Liang-Ting Tsai[2]、Ting-Kuang Yeh[3]、Cheng-Chieh Chang[1] (1.National Taiwan Ocean University Institute of Education 、2.Taiwan Marine Education Center、3.National Taiwan Normal University)

14:00 ~ 14:15

[G03-07] 最近の地震に関するスライド教材の試作 (2) －2019年1月3日熊本地方の地震(M5.1)の例と前試作からの改良－

*小林 励司[1] (1.鹿児島大学大学院理工学研究科)

14:15 ~ 14:30

[G03-08] 偏光顕微鏡観察の学習のためのWebアプリケーションの開発

*森里 文哉[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

14:30 ~ 14:45

[G03-09] 地形コレクションしませんか　　地理院地図３Ｄの使い方と楽しみ方

*小白井 亮一[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:45 ~ 15:00

[G03-10] Bringing field- and laboratory work into the classroom by using online modules in the edX platform

*Alejandra Quintanilla-Terminel[1]、Matej Pec[1]、Oliver Jagoutz[1] (1.Massachusetts Institute of Technology)

15:00 ~ 15:15

Discussion

Improving Awareness of Marine Conservation and Sustainability among Taiwanese Middle School Students by Teaching Slow Fish Movement

*Ya-Yin Liao[1], Liang-Ting Tsai[2], Ting-Kuang Yeh[3], Cheng-Chieh Chang[1]

1. National Taiwan Ocean University Institute of Education , 2. Taiwan Marine Education Center, 3. National Taiwan Normal University

The ocean is the largest life support system on Earth. Through long-lasting evolution, an enriched variety of ocean specimens have been produced, thereby fulfilling human needs such as those of food, medicine, and marine recreation. Numerous marine products contain health-beneficial compounds; for example, oils obtained from multiple types of fish are enriched with Eicosapentaenoic acid (EPA) and Docosahexaenoic acid (DHA), which are beneficial to human eyes and brain development, respectively. Additionally, these components are immensely beneficial for controlling inflammation, lowering cholesterol, and replenishing calcium. Therefore, usage of marine products is closely related to the growth and development of the human body and regulation of its physiological functions; seafood is thus a key element of a healthy diet. However, human behavior and activities over the preceding ten years have posed the threat of damage to the health of ocean environments and productivity of marine resources. Hence, marine conservation and generating awareness of it is a pivotal task.

The study aimed at measuring the impacts of Slow Fish Movement curriculum on students’ marine purchasing and eating habits along with determining the changes in student’s understanding level regarding marine awareness and sustainability. For the same, a questionnaire designed for Slow Fish Movement (SFM) curriculum map with core values derived from Sustainable Development Goal 14 (SDG 14) in the United Nations, Slow Fish promotion in Italy, as well as Principles for Seafood Consumption Recommended by Taiwan Seafood Guide. The study objects were seventh and eighth-grade students of Er-Xin Middle School in Keelung city. The experiment lasted for three weeks. The experimental group contained 1,007 students and compared their performance difference with pre-test & post-test. Of the 1,070 questionnaires distributed, Invalid questionnaires were 63 and thus eliminated—resulting in 1,007 valid responses, the overall response rate was 94.11%. Before the SFM course, a pre-test was conducted to understand students' original knowledge, attitudes and behaviors in life about marine conservation and sustainability. After SFM course for three weeks, a post-test was conducted to understand if students improve understanding levels on ocean conservation and sustainability. After retrieval and sorting of the responses, the statistics software SPSS 20.0 for Windows was used to calculate the mean and standard deviation and conduct paired sample *t*-test. The result revealed:
The most common consumption seafood by mistake in Taiwan Seafood Guide “SAY NO” criterion is Cuttlefish which usually caught by methods that destroy marine habitats. Slow fish movement curriculum map significantly impacted students’ judgments on selection environment-friendly of seafood consumption ($t = -46.229$, $p < .001$) After taking the course of Slow Fish Movement that students exhibited significantly increased understanding of marine conservation and sustainability ($t = -19.064$, $p < .001$).

Sustainable development is the core target of Global growth. Teaching SFM curriculum map to promote awareness of environmentally friendly seafood-purchasing methods can enable consumers to eat more

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

healthily and ocean ecology to be protected, thereby helping ocean ecology to recover its bioenergy.

Keywords: Slow Fish Movement, Sustainability, Marine Conservation, Taiwan Seafood Guide, Sustainable Development Goals (SDGs)

Keywords: Slow Fish Movement, Sustainability, Marine Conservation, Taiwan Seafood Guide, Sustainable Development Goals (SDGs),

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

最近の地震に関するスライド教材の試作 (2) －2019年1月3日熊本地方の地震(M5.1)の例と前試作からの改良－
Prototyping of the teachable moment presetation for recent earthquakes in Japan (2) ---The case of the 3 January 2019 Kumamoto earthquake (M5.1) on and improvement from the previous prototype---

*小林 励司[1]
*Reiji Kobayashi[1]

1. 鹿児島大学大学院理工学研究科
1. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

理科教材として時事的なものを扱うことがある。これは、授業内容と世間で話題になっていることとのつながりを学生に知ってもらうことで、授業内容に関心を持ってもらい、理解を深めてもらうことを目的としている。

アメリカの Incorporated Research Institutes for Seismology (IRIS)が、最近の地震についてteachable momentのスライド教材を公開している。Teachable moments とは、「教える好機」と訳すことができる。しばしば私の講義でこのスライド教材を利用している。しかし、日本で発生した地震のうち、日本で大きく報道される地震でも、IRISのスライド教材が作られないことがある。そこで日本版のスライド教材を開発することにした。IRIS 版の作成方針を基に日本版の作成方針を検討し、以下の通りとした。

・ 日本で地学を学ぶ高校生や大学生を対象とする
・ 日本で発生した、新聞 1 面に掲載されそうな地震を取り上げる
・ スライドの分量は、10 分前後で説明できるぐらいにする
・ 掲載情報は、地震の震源、マグニチュード、震度分布、被害の概要、面的な推定震度分布と震度遭遇人口、テクトニックな背景と過去の地震活動、震源メカニズム解、余震分布、地震波形、地震の特徴に応じた情報、とする
・ 地震発生から 12 時間以内の公開を目標にする
・ 作成時間は 1～2 時間程度とし、そのためあらかじめ 8～9 割雛形を決めておく
・ 教室でそのまま使え、カスタマイズ可能にする
・ 多くの人がアクセス可能な情報のみにし、出典を明記する
・ 個人の見解を控え、多くの地震学者が同意しそうな内容とする

以上の作成方針に基づき、2018 年北海道胆振東部地震について、試作を行い、暫定的なウェブページで公開した (http://reijikan.my.coocan.jp/RETMJ/retmj-index.html) （小林, 2018a, b）。小林 (2018b) では今後の検討課題としては、作成方針や掲載情報の継続的な見直し、作成体制の強化、を挙げた。

2019年1月4日熊本地方の地震 (M5.1) が発生し、最大震度6弱を記録した。この地震についても試作を行った。最初の試作から、断層面の幾何の表現を変更し、またおおよそのスケールが分かるようにした。また、防災科学技術研究所 Hi-net で提供されている地震波伝播のアニメーションも掲載することにした。

このような教材開発は、他の自然現象、例えば火山噴火等、へ応用されることも期待される。また、これによって、地学を学ぶ生徒・学生が増えることを期待する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

参考文献
小林励司 (2018a): 最近の地震に関するスライド教材の試作ー2018年9月6日北海道胆振地方中東部の地震を例にー, 日本地震学会2018年秋季大会, S25-P27. （緊急セッション「S25. 2018 年 9 月 6 日北海道胆振地方中東部の地震」のため要旨なし）
小林励司 (2018b): 日本で発生した最近の地震に関するスライド教材の開発, 鹿児島大学理学部紀要, 51, 43-51.

キーワード：teachable moment、2019年1月3日熊本地方の地震
Keywords: teachable moment, the 3 January 2019 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

偏光顕微鏡観察の学習のためのWebアプリケーションの開発
Development of web application for polarizing microscope observation

*森里 文哉[1]
*Fumitoshi Morisato[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

地学教育を通じて科学的な自然観を養うために，実際の自然現象や天然の試料を扱うことは必要不可欠である。しかしその目的達成の補助や普及の観点から，誰でも，いつでも，どこでも利用可能な良質な地学教材もまた必要であると考える。

例えば岩石や鉱物は多様な産状を示すため，それらの鑑定方法を習得するためには，複数の試料を比較しながら観察することが必要である。その中でも，偏光顕微鏡を用いた鑑定に関しては，特に自学自習において，顕微鏡や薄片試料の準備にかかる費用と手間が障壁となりえる。今回演者はその解決のため，偏光顕微鏡による岩石・鉱物の観察をインタラクティブに体験できるWebアプリケーション “SCOPin rock” (URL: https://microscope.fumipo-theta.com) を開発した。現段階ではサンプルの選択，視野の回転と拡大，オープンニコルとクロスニコルの切り替え，および可変スケールの表示を実装している。

偏光顕微鏡シミュレータとしての本アプリケーション独自の試みは，スマートフォンやタブレットを含む様々な端末への対応と，データ転送量の削減である。まず，本アプリケーションは，モダンブラウザ (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge 等) がインストールされていれば端末を選ばず利用可能であり，端末のスクリーンサイズに合わせて最適なレイアウトで表示されるようになっている。また，視野画像のスムーズな回転を維持しつつ，オープンニコルとクロスニコルを合わせて１試料に必要な画像は１２~２４枚に抑えている。その結果，1280×1280 pxのJPEG画像を用いる場合のデータサイズは2~3.5MB程度で，かつサーバへのリクエスト回数が１回で済むよう工夫している。

このアプリケーションに対し, 次のようなユースケースを想定している。

１．授業において，教員はプロジェクタがあれば偏光顕微鏡写真をスクリーンに映し出すことができる。

２．授業において，生徒は全員同じ薄片写真を手元で確認し，操作することができる。

３．地質巡検において，案内時に岩石薄片写真を共有することができる。

今後は，ユーザーによる偏光顕微鏡画像データのアップロード機能の公開や，画像データのプライベートリポジトリ作成機能の提供を通じ，コンテンツの拡充や様々なユースケースへの対応を実現したい。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：偏光顕微鏡、Webアプリケーション、地学教材
Keywords: polarizing microscope, Web application, teaching materials

Link to SCOPin rock



https://microscope.fumipo-theta.com

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地形コレクションしませんか　地理院地図３Ｄの使い方と楽しみ方
Usage and Utilization of 3D display function on GSI Maps

*小白井 亮一[1]
*Ryoichi Kojiroi[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. Geospatial Information Authority of Japan

国土地理院のウエッブ地図システム「地理院地図」は、３Ｄ表示機能(以下、地理院地図３Ｄ)を有し、いろいろな地形をビジュアルに把握することができる。また、地理院地図３Ｄはインターネットのブラウザのみで使え、スマートフォンにも対応している。このため、高校(場合によっては大学)の地学や地理における、教材作成ツールとしての活用が期待される。その一方で、地理院地図をほとんど知らない、あるいは使っていないという教育関係者も多いと聞く。このような関係者には、まず地理院地図３Ｄでバーチャルな地形を楽しみ、３Ｄ表示のストックを増やし、そして教材作成につなげていくといった利用の仕方を提案したい。

発表では最初に、地理院地図３Ｄの使い方に触れる。説明を聞きながら、その場でスマホを操作し３Ｄ機能が使えるように紹介したい。
発表の後半においては、３Ｄ表示した地形について、いくつかの事例を紹介する。この際、実際の地形写真と見比べて、３Ｄ表示の有用性などを検討したい。また、主題図を重ねた３Ｄ表示が地形への理解を深めてくれることについても説明する。さらに、地理院地図を使った資料作成における勘どころのようなものにも触れる。紹介する事例としては、火山地形、組織地形、段丘地形、断層地形などを対象に、できるだけ多くのものを取り上げる。

地理院地図は、いろいろな地形をいろいろに表現することが可能であり、また機能や情報なども随時追加されている。今後とも地球惑星科学教育に役立ちそうな事例を追求していきたい。

キーワード：地理院地図、地形、3D表示、地学教育、教材
Keywords: GSI Maps, topography, 3D, Geoscience education, teaching materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Bringing field- and laboratory work into the classroom by using online modules in the edX platform

*Alejandra Quintanilla-Terminel[1], Matej Pec[1], Oliver Jagoutz[1]

1. Massachusetts Institute of Technology

We present two projects that aim at enhancing geoscience education in the classroom through the use of online modules in the edX platform. “Deform the earth” and “Virtual field trip” are two online modules that the department of Earth, Planetary, and Atmospheric sciences is developing in collaboration with MITx . These two modules will be used residentially at MIT, and by being freely accessible through the edX platform, also aim at expanding access to geoscience education worldwide. Each module addresses different challenges in geoscience education. How to teach laboratory skills in the classroom, particularly in a field that is both dangerous and difficult to access? How to teach field skills in a dynamic and effective way and how to make sure the students make the most out of their field experience?

Experimental rock deformation studies allow us to acquire data by measuring mechanical properties of rocks and minerals under a broad range of conditions. This data is essential for geodynamical models and tectonic interpretations. However, because the experimental protocols are difficult to explain in a classroom, and only few rock deformation laboratories exist world-wide, students overlook this component of Earth Sciences and often lack the knowledge to critically evaluate experimental results. Through “Deform the Earth” we want to introduce students to experimental rock deformation. An online module will allow us to both build and assess an experimentalist skill-set without ever needing to enter a real laboratory. The module is built on how-to videos explaining each step in the experimental procedure and analytical explanations of the data analysis. This module will allow us to experiment on ideal methods on how to teach a skill-set by scaffolding the experience for students. In addition, we plan to use pre- and post-testing to find out the most common misconceptions and worked and faded examples to teach how to interpret experimental data. The module will be freely accessible online and could be used by teaching institutions that do not have access to experimental rock deformation facilities.

An essential part of the geology training is learning how to make reliable field observations. This skill, however, is extremely difficult to teach in a traditional classroom setting. It is usually taught through field trips and it is a fundamental part of the curriculum that motivates and excites students into pursuing further studies in geology and earth sciences in general. In introductory classes, students are still learning to distinguish important characteristics in outcrops and may not be able to make important connections during the field trip. “Virtual field trip” aims at recreating the learning experience of the Introduction to geology class in the edX platform. It will be used residentially to provide the students access to the information learned in the field at different stages of the semester-long class, and allow them to consolidate their learning by strengthening connections between concepts they learned in the field and in the classroom. We plan to use pre- and post-testing and compare them with previous runs of the class that did not have access to the online module in order to evaluate its effectivity. The broader audience will benefit from a curated field experience that can be replicated by going to the sites.

Keywords: online learning, field trip, laboratory skills, blended learning

©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26日(日) 9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[M-IS24] 海底～海面を貫通する海域観測データの統合解析

コンビーナ:有吉 慶介(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、木戸 元之(東北大学 災害科学国際研究所)、稲津 大祐(東京海洋大学)、高橋 成実(防災科学技術研究所)、座長:有吉 慶介、木戸 元之

海底圧力計は，地殻変動・海洋変動・潮汐変動・大気圧変動・機器特性ドリフトなど，様々な成分を含んでいる．そのため，地震学者にとって海洋変動などはノイズとして扱われることになるが，専門外の海洋変動を定量的に除去することは現実的に困難である．同様に，海洋物理学者にとっては，地殻変動成分を除去することは困難である．このような問題は，海中音響測距での海水密度変化などにも当てはまる．そこで本セッションでは，これらの相補的な関係に注目して，領域を超えた共同研究の在り方・進め方について議論を行う場とすべく，冒頭の諸現象について幅広い投稿を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[MIS24-01] ちきゅう・新青丸・勢水丸と連携した潮岬での陸域気象観測

*吉田 聡[1]、有吉 慶介[2]、小松 幸生[3]、立花 義裕[4]、藤田 実季子[2]、野津 雅人[5]、西川 はつみ[10]、川合 義美[2]、木下 直樹[6]、Lyndon Olaguera[5]、久保 美晴[8]、長谷 健太郎[7]、松山 祐矢[6]、増田 南波[9]、入江 健太[11]、吉田 哲治[10]、渡部 友祐[7]、松田 康佑[12]、青木 俊輔[7]、渡辺 真吾[2]、栗栖 朗[13]、山崎 聖太[7]、平田 英隆[14]、秋山 静佳[7]、重田 祥範[15]、宮田 昌[15]、松原 甲斐[15]、多田 楽空[15]、渡来 靖[16]、中村 祐輔[16] (1.京都大学防災研究所、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科、4.三重大学大学院生物資源学研究科、5.首都大学東京、6.九州大学、7.京都大学、8.琉球大学、9.弘前大学、10.北海道大学、11.東京学芸大学、12.東京海洋大学、13.岡山大学、14.名古屋大学、15.公立鳥取環境大学、16.立正大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS24-02] GNSS-A海底地殻変動観測による海中音速構造の推定

*石川 直史[1]、横田 裕輔[2]、渡邉 俊一[1] (1.海上保安庁海洋情報部、2.東京大学生産技術研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS24-03] 環太平洋地震帯における海底圧力観測データと実海洋変動予測モデルの比較

*土橋 陽一朗[1]、稲津 大祐[2] (1.東京海洋大学大学院　海洋科学技術研究科、2.東京海洋大学　海洋資源エネルギー学部門)

9:45 ~ 10:00

[MIS24-04] Experimental challenges for interpretation of in-situ observation of bottom pressure recorders (BPRs) at the seafloor

★Invited Papers

*Hiroyuki Matsumoto[1]、Toshinori Kimura[1]、Shuhei Nishida[1]、Yuya Machida[1]、Eiichiro Araki[1] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

10:00 ~ 10:15

[MIS24-05] 津波・地殻変動観測ブイシステムを用いた海底圧力連続観測

*高橋 成実[1]、今井 健太郎[2]、木戸 元之[3]、太田 雄策[3]、福田 達也[2]、石原 靖久[2]、越智 寛[2]、鈴木 健介[2]、日野 亮太[3] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.東北大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS24-06] 海底から海洋を見上げ地球内部を覗き込む

★招待講演

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

ちきゅう・新青丸・勢水丸と連携した潮岬での陸域気象観測
Meteorological Observations at Shionomisaki in cooperation with “Chikyu”, Shinsei-maru and Seisui-maru

*吉田 聡[1]、有吉 慶介[2]、小松 幸生[3]、立花 義裕[4]、藤田 実季子[2]、野津 雅人[5]、西川 はつみ[10]、川合 義美[2]、木下 直樹[6]、Lyndon Olaguera[5]、久保 美晴[8]、長谷 健太郎[7]、松山 祐矢[6]、増田 南波[9]、入江 健太[11]、吉田 哲治[10]、渡部 友祐[7]、松田 康佑[12]、青木 俊輔[7]、渡辺 真吾[2]、栗栖 朗[13]、山崎 聖太[7]、平田 英隆[14]、秋山 静佳[7]、重田 祥範[15]、宮田 昌[15]、松原 甲斐[15]、多田 楽空[15]、渡来 靖[16]、中村 祐輔[16]
*Akira Kuwano-Yoshida[1], Keisuke Ariyoshi[2], Kosei Komatsu[3], Yoshihiro Tachibana[4], Mikiko Fujita[2], Masato I. Nodzu[5], Hatsumi Nishikawa[10], Yoshimi Kawai[2], Naoki Kishita[6], Lyndon Mark Olaguera[5], MIHARU KUBO[8], Kentaro Hase[7], Yuya Matsuyama[6], Minami Masuda[9], Kenta Irie[11], Tetsuji Yoshida[10], Yusuke Watanabe[7], Kosuke Matsuda[12], Syunsuke Aoki[7], Shingo Watanabe[2], Akira Kurisu[13], Shota Yamasaki[7], Hidetaka Hirata[14], Shizuka Akiyama[7], Yoshinori Shigeta[15], Akira Miyata[15], Kai Matsubara[15], Yoshitaka Tada[15], Yasushi Watarai[16], Yusuke Nakamura[16]

1. 京都大学防災研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、4. 三重大学大学院生物資源学研究科、5. 首都大学東京、6. 九州大学、7. 京都大学、8. 琉球大学、9. 弘前大学、10. 北海道大学、11. 東京学芸大学、12. 東京海洋大学、13. 岡山大学、14. 名古屋大学、15. 公立鳥取環境大学、16. 立正大学
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 4. Faculty of Bioresources, Mie University,, 5. Tokyo Metropolitan University, 6. Kyushu University, 7. Kyoto University, 8. University of The Ryukyus, 9. Hirosaki University, 10. Hokkaido University, 11. Tokyo Gakugei University, 12. Tokyo University of Marine Science and Technology, 13. Okayama University, 14. Nagoya University, 15. Tottori University of Environmental Studies, 16. Rissho University

紀伊半島沖は南海トラフ地震の発生源として、地震・津波観測監視システムDONETが展開され、海底圧力がリアルタイムで観測されている。この海底圧力データには地殻変動成分だけでなく、大気海洋変動成分も含まれており、各成分を分離抽出できれば、地震学だけでなく、気象学、海洋学に活用することが可能となる。このためには、DONET直上での大気海洋観測が必要である。また、近年、黒潮からの大気境界層への熱・水蒸気供給が海上風や降水、低気圧発達に影響を与えることが明らかになりつつあり、黒潮付近での大気海洋同時観測による実態解明が必要である。今回、地球深部探査船「ちきゅう」が熊野灘で長期掘削する機会に合わせて、東京大学/海洋研究開発機構の「新青丸」、三重大学の「勢水丸」、京都大学防災研究所潮岬風力実験所での大気海洋同時観測を実施した。観測期間は2018年10月11日～20日（観測1）、11月5日～9日（観測2）、11月12日～16日（観測3）の3期間で、それぞれ、新青丸KS-18-13航海、勢水丸1826次航海、1827次航海に当たる。潮岬風力実験所では3期間とも1日2回（日本時間03時、15時）のGPSゾンデ観測を実施した。また、観測1ではドローンに搭載した気象センサーによる気象観測、観測2と観測3では、ドップラーライダーによる大気境界層観測、観測3ではパイロットバルーンによる風観測も実施した。観測期間中、紀伊半島沖で同時観測していた新青丸、勢水丸では海上竜巻が観測されたが、潮岬はおおむね北よりの風で、晴れまたは曇りの天候が続き、降水が観測されたのは数日であった。ゾンデ観測はおおむね高度20km弱まで観測できており、上空の西風に乗って、静岡沖まで到達、落下していた。本発表では、観測の概要と初期解析結果について紹介する。

謝辞
本研究は近畿建設協会研究助成、京都大学防災研究所一般共同研究、JSPS科研費17K19093の支援を受けた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：黒潮、DONET、大気海洋相互作用
Keywords: Kuroshio, DONET, air-sea interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSS-A海底地殻変動観測による海中音速構造の推定
GNSS-A data analysis to estimate the sound speed profile

*石川 直史[1]、横田 裕輔[2]、渡邉 俊一[1]
*Tadashi Ishikawa[1], Yusuke Yokota[2], Shun-ichi Watanabe[1]

1. 海上保安庁海洋情報部、2. 東京大学生産技術研究所
1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 2. Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

GNSS一音響測距結合方式による海底地殻変動観測（GNSS一A）は、海底に設置した音響トランスポンダー（海底局）の世界測地系に準拠した位置座標を求める、いわば海底版のGNSSともいうべき観測技術である。

この観測では、音波によって船と海底局の間の距離を測定する。そのため、海中の音速構造の正確性が最終的な測位精度に影響し、センチメートルレベルの測位のためには、音速を0.1m/s以下の精度で与える必要がある。現状の観測機器の能力から、この精度内での測定自体は難しいものではないが、実際に必要とされるのは観測海域の平均的な値ではなく、音線の通った場所・時間における音速である。時間・空間で複雑に変化する音速を、全ての音線について、要求精度内で計測することは事実上不可能である。

一方で、音波の往復走時には、距離だけではなくその途中経路の音速場の情報も含まれているため、解析を工夫することで、音速の情報を取り出すことが可能となる。現在の解析では、音速を補正する関数を導入し、海底局の位置ともに補正関数の係数の推定を同時に行うことで精度を向上させている。この手法は、GNSS測位における水蒸気量の推定に類似している。GNSSの分野では、測位のノイズとなる水蒸気量をシグナルとして捉えるGNSS気象学が発展した。今後、GNSS一A観測においても、ノイズとして推定された海中の音速場を海洋学的なシグナルとして捉えるGNSS一A海洋学ともいうべき分野に繋ることも期待される。

音響データの持つばらつきの中から如何に音速の情報を取り出すかが、精度向上の鍵となる。この観測では、船が2～5km四方程度の領域内を6～20時間程度、航走しながら音響観測を行っている。解析では、こうした時間・空間的な広がりを持つ音響データも持つ残差情報から、海中音速の時間・空間的な変動を推定を行っている。このときに、船の航跡の形状が音速推定に大きな影響を与えるため、測線を適切に設定する必要がある。

本講演では、測線配置が音速と海底局位置の推定に与える影響について調査した結果について報告を行う。また、解析の初期値として与える音速の観測値の影響についての評価も行う。これらの評価は、船のオペレーションと音速観測についての適切な観測システムの設計に繋がることが期待される。

キーワード：GNSS-A海底地殻変動観測、海中音速構造
Keywords: GNSS-A seafloor geodesy, Sound speed profile

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環太平洋地震帯における海底圧力観測データと実海洋変動予測モデルの比較

Comparison of Ocean Bottom Pressure Observation Timeseries with Result of Real Ocean Estimating Models around the Pacific Rim Earthquake Zone

*土橋 陽一朗[1]、稲津 大祐[2]
*Yoichiro Dobashi[1], Daisuke Inazu[2]

1. 東京海洋大学大学院　海洋科学技術研究科、2. 東京海洋大学　海洋資源エネルギー学部門
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology department of marine resouces and energy

Ocean Bottom Pressure gauge observation (OBP) has an ability to detect centimeter scale seafloor vertical deformations near the plate boundaries. However, timeseries of OBP contain not only crustal deformation signal but also ocean tide or other oceanic variations, so detection of vertical displacements from OBP variation is not easy task. Especially, non-tidal oceanic variations have common timescale (several days to weeks) with seafloor deformations related to slow earthquakes which have different features from usual earthquake we know. Therefore, removing non-tidal oceanic variations is demanded and one possibility to solve this question is estimating the non-tidal oceanic variations by real ocean estimation model simulations. Actually, this method has already applied to some observation areas.

In this research, we used two realistic ocean estimation models and evaluated how these can reduce the amplitude of non-tidal oceanic variations by applying to multiple ocean area around the Pacific Rim Earthquake Zone.
We introduced a data assimilated product, ECCO (Estimating the Circulation of the Ocean assimilated by JPL) in addition to the single layer-barotropic ocean model (Inazu et al, 2012) and compared these two calculation result with observed OBP time series. In this comparison, we collected OBP timeseries mainly from IRIS Data Management Center and Ocean Networks Canada including Hikurangi Subduction Zone, Cascadia Subduction Zone and Chile Trench.

As a result, we can see the different characteristics of two models and timeseries variation of each sites and evaluate the variation amplitude because 1hPa change means 1cm change in seawater height and seafloor vertical displacement. In case of Hikurangi subduction zone, ECCO can reduce OBP amplitude about 15-25% and standard deviation of after correction is 1.5-2.5 (hPa), and single layer-barotropic ocean model can reduce OBP amplitude about 30%-40% and standard deviation after correction is 1.1-1.8 (hPa). In case of south area of Cascadia subduction zone, the reducing rate is common to each model about 5-15% which isn't so high as Hikurangi subduction zone however standard deviation after correction is 0.9-2.0 (hPa) which is almost same as after correction of Hikurangi subduction zone but in north area of Cascadia subduction zone, standard deviation after correction is 1.6-2.6 (hPa) though two model can reduce amplitude10-20%.
This implies that using model is effective at Hikurangi site and also Cascadia subduction zone is suitable site to detect centimeter scale seafloor vertical deformation from the viewpoint of simple amplitude variation analysis.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地殻変動、海底圧力、海洋物理モデリング
Keywords: Crustal deformation, Ocean Bottom Pressure , Physical ocean modeling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental challenges for interpretation of in-situ observation of bottom pressure recorders (BPRs) at the seafloor

*Hiroyuki Matsumoto[1], Toshinori Kimura[1], Shuhei Nishida[1], Yuya Machida[1], Eiichiro Araki[1]

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

The Japan Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) involves various underwater technologies related to long-term seafloor or borehole observatories in the seismogenic zone, by which real-time measurement by BPRs (Bottom Pressure Recorders) can contribute to early tsunami detection, slow-slip seismic event monitoring, or possibly crustal deformation’ s measurement etc. JAMSTEC has used the ocean-bottom borehole temperature and pressure simulator for the recent one decade in order to promote our knowledges taking place in the in-situ BPRs’ observations. In the presentation, we present the recent experiment which characterize the hydro-dynamic pressure at the seafloor during an earthquake. A moderately strong earthquake occurred while the authors were evaluating the long-term stabilities of bottom pressure recorders (BPRs) in conjunction with a broadband seismometer in JAMSTEC. In this experiment, a hydro-static pressure simulating that at the seafloor with a depth of 1000 m was applied by using a pressure standard (i.e., a piston gauge). Consequently, the pressurized BPRs were able to completely record the pressure fluctuations induced by the vibrations of a dead weight on the piston-cylinder during the earthquake. The experiment effectively demonstrated the aspects of the hydro-dynamic pressure data obtained through in situ observations during the same earthquake. We were also able to simultaneously obtain records from unpressurized BPRs; these data suggest that the internal mechanics of the BPRs were unaffected by the earthquake. This experimental evidence that BPRs can record true in situ pressure changes without instrumentally induced contamination may be useful for more thorough interpretations of in situ BPR observations by those communities that utilize BPRs.

Keywords: Bottom pressure recorder (BPR), Pressure standard, Broadband seismometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波・地殻変動観測ブイシステムを用いた海底圧力連続観測
Continuous bottom pressure observation by real-time buoy system for tsunami and crustal displacement

*高橋 成実[1]、今井 健太郎[2]、木戸 元之[3]、太田 雄策[3]、福田 達也[2]、石原 靖久[2]、越智 寛[2]、鈴木 健介[2]、日野 亮太[3]
*Narumi Takahashi[1], Kentaro Imai[2], Motoyuki Kido[3], Yusaku Ohta[3], Tatsuya Fukuda[2], Yasuhisa Ishihara[2], Hiroshi OCHI[2], Kensuke Suzuki[2], Ryota Hino[3]

1. 防災科学技術研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 東北大学
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Tohoku Univerisity

We have developed real-time observation buoy system for tsunami and crustal displacements and carried out one-year continuous observation around eastern Nankai Trough area. Already we reported a part of the records, for example, tsunami signals brought by Off Southeastern Mie prefecture at 1st April 2016. In general, seafloor pressure observation includes many types of signals, which are crustal displacement, long-term seismic signals, tsunamis, density variation brought by sea current, ocean tide, atmospheric pressure and so on. Therefore, we attached many sensors on the buoy system. Atmospheric sensors to measure pressure, wind speed, wind direction were attached on the buoy, and their data was collected with a sampling of 10 minutes. Precise point positioning, a navigation system using four antennas, and gyro compass were also set on the buoy, and we collected navigation data including buoy position with 2 Hz sampling. Sea floor pressure data using low pass filtered of 0.023 Hz was collected with a sampling of 15 seconds and they were sent to the buoy via the wire end station using acoustic data transmission (Takahashi et al., 2015). The crustal displacement data was also collected, and the buoy has a transducer to communicate with seafloor transponders (Imano et al., 2017; Kido et al., 2018). Many types of observation were succeeded, and next step of our actions is to distinguish these signals. We applied bandpass filter changing the frequencies to the seafloor pressure data. As the results, we found that various signals with relative low frequency were recorded. Although these amplitudes were approximately 0.5 hPa, there were cases with signals with a low frequency of a few minutes, or that from approximately one hour to two hours and with relative short duration. It is possible that slow slip events with various frequencies distribute around off Enshu-nada. In addition, much disturbance was recorded on the pressure sensor during low atmospheric pressure. Such phenomena were recorded by Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET; Kaneda et al., 2015; Kawaguchi et al., 2015), it is possible that micro tsunami produced by sea surface fluctuation due to variation of atmospheric pressure. In order to clarify the cause of such phenomena, it is essential to observe from seafloor to sea surface. We have successfully observed various physical data both seafloor and sea level in this observatory system. In this presentation, we will introduce various signals recorded by many types of sensors on the real-time buoy system.

キーワード：津波・地殻変動、リアルタイム観測、ブイ
Keywords: Tsunami and crustal displacement, real-time observaion, buoy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底から海洋を見上げ地球内部を覗き込む
Looking into the ocean and Earth’s interior from their boundary

*深尾 良夫[1]
*Yoshio Fukao[1]

1. 地震津波海域観測研究開発センター/海洋研究開発機構
1. CEAT / Japan Agency for Marine-Earth Science & Technology

序

表 1 は自身も関わった海底観測の最近の成果をまとめたものである。これら観測は地震学研究者によってなされたものだが、得られた成果の半分以上は、津波、長周期重力波（IG波）、内部潮汐波、内部ボアなど海洋現象に関するものである。残りが超低周波地震、極浅部定常微小地震活動、海底ゆっくり変動など固体地球現象に関する成果である。この事実は、特に海底観測においては海洋物理学分野と地震学分野との共同研究が重要であることを示す。ここでは表１のトピックスの中から本セッションの趣旨に沿った研究例を紹介し、今後の発展を議論したい。

研究例

No. 2. 青ヶ島東方沖海底に展開した圧力計アレー（A-array）に記録された分散性IG波を地震波（表面波）伝播のコードを用いて逆伝播させ波源域を探索した研究。逆伝播結果と第３世代波浪推算モデル（WW3）のIG波への拡張版とを組み合わせることにより、青ヶ島に入射するIG波が遠く南米西海岸で生まれ太平洋を横断して到来した（北半球の夏）ことを明らかにした。IG波は海底地形とカップリングして固体地球側に常時地球自由振動を励起する能力を持つことから、この研究は地震学にも貢献することが期待される。

No. 2. 宮城県沖海底に設置した新型水晶式３成分加速度計及びBBOBSの傾斜成分出力を用い平均して月４回発生する傾斜イベントを捉えた。これは斜面に沿って海溝側から陸側に海底が傾斜する現象であるが、これが実際には海底の傾斜運動ではなく、海底斜面に沿って陸側に進む内部孤立波の通過（ボア）によって測器の支柱が傾く現象であることを明らかにした。これは、期間限定ながら流速測定・温度測定等の海洋物理観測を傾斜測定と並行したことによって初めて得られた結果であり、海底地震観測の際に海洋物理観測装置を付設することの有用性が示された。

No. 6. 青ヶ島東方沖海底圧力計アレー（A-array）を用いて内部潮汐波の励起源付近における挙動を明らかにした研究。検出された内部潮汐波は青ヶ島の海底斜面に沿って海側に進行する伝播性の成分と節が斜面に固定された定常振動の成分とからなる。この解釈は、潮汐現象を取り込んだ海洋循環モデル（JCOPE-T）から抽出した内部潮汐波の挙動と非常に整合的である。JCOPE-Tは海底圧力観測との比較だけでなく、海底下の反射構造探査記録を再解析して得られる海洋内部の音響反射断面図を解釈するのにも有用である。本研究は地震学的観測と海洋物理学的シミュレーションとの組み合わせが成果をもたらした良い例と考える。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

No.11. 鳥島はるか東方沖の海底水圧計アレー記録を用いて、伊豆小笠原海溝近傍における時間スケール数千秒・変動量数センチメートルのゆっくりした海底上下変動の検出を試みている。今回は、アレーのごく近傍に発生した小地震をきっかけに始まった海底面の上昇運動の検出を報告する。こうしたゆっくりイベントは、潮汐変動や大気圧変動に由来する超長周期・大振幅の大きな海底圧力変動に隠されて、その信号の抽出が一般に困難である。ここでは大気・海洋起源の大きな圧力変動成分を除去し、固体地球変動成分を取り出す手法について議論する。

議論

以上の限られた経験をもとに、海洋物理学研究者と地震学研究者との可能な連携を考える。例えば（No. 2）からは、（日本のDONETやS-Net及びカナダのNEPTUNEなどの）海底ネットワーク水圧計出力を用いて、太平洋のIG波の波動場を準リアルタイムでモニターすること、その結果を海洋物理学分野の波浪+IG波の波高分布モデリングや、グローバル地震観測網から抽出した常時地球自由振動場と比較し、固体地球と海洋地球と繋ぐことが考えられる。（No. 3）からは、ボアの発生を検知した深海底に海洋観測装置をアレーで長期展開することにより、よくわかっていない深海底におけるボアの生成伝播の実態が明らかになると期待される。（No. 6）からは、DONETやS-Netの海底水圧計群の外部潮汐・内部潮汐情報をJCOPE-Tのようなシミュレーションモデルに取り込んで海洋モデルを逐次改良するなどして、海底ネットワークと海洋シミュレーションモデルとの定常的な連携発展を図る。（No.11）からは、こうしたシミュレーションモデルを用いて大気・海洋起源の大きな海底圧力成分をできるだけ除去し、固体地球起源の海底変動の有無を検出しやすくすることなどが考えられる。今後は、海洋物理研究者と地震学研究者が当初から共同して海底観測に臨むケースが増えると予想される。

キーワード：海底観測、水圧計、アレー観測
Keywords: ocean bottom observation, pressure gauge, array observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Table 1. Recent results from our ocean bottom observations

Phenomenon	No	Observation target	Instrument	Sytem	Authors	Year	Journal	Other tools
Ocean	1	Infragravity waves	OBP	DONET	Tono et al.	2014	EPS	
	2	Infragravity waves	OBP	A-array	Tonegawa et al.	2016	JGR-Oceans	HINDCAST/ GLOBAL_IG
	3	Frontal bores	OBA+OBT	Off-Miyagi	Fukao et al.	2016	JGR-Oceans	Currentmeter+ Thermometers
	4	Tsunamis	OBP	A- array	Fukao et al.	2018	Sci. Adv.	JAGURS code
	5	Tsunamis	OBP	A- array	Sandanbata et al.	2018	PAGEOPH	
	6	Internal tide	OBP	A-array	Fukao et al.	2019	JGR-Oceans under review	JCOPE-T
Ocean/ Solid Earth	7	Island deformation by tsunamis	OBP	A-array	Nishida et al.	2019	JGR	BBS on Aogashima Is.
Solid Earth	8	VLF earthquakes	BBOBS	Off-Kii array	Sugioka et al.	2014	Nature Geo.	
	9	VLF earthquakes	BBOBS	DONET	To et al.	2015	PEPI	
	10	Ambient HF seafloor noise	OBS	Off Shikoku array	Tonegawa et al.	2015	Nature Com.	
	11	Slow seafloor uplift	OBP+ BBOBS	B-array	Fukao et al.	2019	in progress	

OBP: Ocean Bottom Pressure Gauge BBS: BroadBand Seismometer on land (3-components)
OBS: Short-period Ocean Bottom Seismometer (3-components)
BBOBS: BroadBand Ocean Bottom Seismometer (3-components)
OBT: Tilt-outputs from BBOBS (2-components)
A-array: Off Aogashima array of OBPs with BBOBS at one site
B-array: Far-off Torishima array of OBPs with BBOBS at one site

©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26日(日) 10:45 ~ 12:15 | 301A 3F

[M-IS25] 近年の気象災害：要因とその大気水圏・人間圏への影響

コンビーナ:西井 和晃(三重大学大学院生物資源学研究科)、座長:西井 和晃(三重大学)

平成30年7月豪雨では，6月28日から7月8日にかけての総降水量が四国地方で1800ミリ、東海地方で1200ミリを超えるなど，西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨となった．これにより各地で水害や土砂災害が引き起こされ，死者・行方不明者は200名を超えた．気象庁は1府10県に特別警報を発表し警戒を呼びかけたが，この情報が十分活かされたとは言い難い．豪雨の後は一転して記録的な猛暑となり，埼玉県熊谷市では日最高気温の歴代全国1位となる41.1度を記録した．この夏の熱中症による救急搬送者は2008年の調査開始以降過去最多となり，これも一種の気象災害と言えるだろう．平成30年度はこの他にも台風による被害も目立った．また，その前年の平成29年7月九州北部豪雨でも顕著な被害が発生した．本セッションでは，近年の顕著な気象災害をもたらした豪雨や猛暑について，個々の積乱雲から地球温暖化までの様々な時空間スケールの要因を包括的に議論するとともに，その大気水圏・人間圏への影響の実態解明を目指す．

10:45 ~ 11:00

[MIS25-01] 2018年12月8－9日ベトナム中部での豪雨とベトナム水文気象局でのQPE/QPF

★招待講演

*斉藤 和雄[1,2,3]、Le Duc[4,3]、Du Duc Tien[5]、Mai Khanh Hung[5] (1.気象業務支援センター、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象研究所、4.海洋研究開発機構、5.ベトナム水文気象局水文気象予測センター)

11:00 ~ 11:15

[MIS25-02] 台風21号による琵琶湖高解像度流動シミュレーション：琵琶湖南湖における大規模水草消失

★招待講演

*中田 聡史[1]、芳賀 裕樹[2]、岩木 真帆[1]、波多野 圭亮[3]、馬渕 浩司[1]、高村 典子[1] (1.国立環境研究所、2.滋賀県立琵琶湖博物館、3.水資源機構)

11:15 ~ 11:30

[MIS25-03] 結合モデルで予測された半年以上継続する2018年北半球中緯度高温偏差

*小林 ちあき[1]、石川 一郎[1] (1.気象研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS25-04] 2018年7月豪雨の総観場予測可能性

*吉田 聡[1] (1.京都大学防災研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS25-05] 平成30年7月豪雨における水蒸気輸送および海面蒸発偏差の解析

*関澤 偲温[1]、宮坂 貴文[1,2]、中村 尚[1]、Akihiko Shinpo[3]、Kazuto Takemura[3]、前田 修平[3] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.気象研究所、3.気象庁)

12:00 ~ 12:15

[MIS25-06] 平成30年 7 月豪雨期間中の大気循環の主要変動モード

*西井 和晃[1]、田口 文明[2]、中村 尚[2] (1.三重大学大学院生物資源学研究科、2.東京大学先端科学技術研究センター)

2018年12月8ー9日ベトナム中部での豪雨とベトナム水文気象局でのQPE/QPF

Heavy Rainfall Event in Middle Viet Nam on 8-9 December 2018 and current QPE/QPF at VNMHA

*斉藤 和雄[1,2,3]、Le Duc[4,3]、Du Duc Tien[5]、Mai Khanh Hung[5]
*Kazuo Saito[1,2,3], Le Duc[4,3], Du Duc Tien[5], Mai Khanh Hung[5]

1. 気象業務支援センター、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 気象研究所、4. 海洋研究開発機構、5. ベトナム水文気象局水文気象予測センター
1. Japan Meteorological Business Suport Center, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 3. Meteorological Research Institute, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. National Center for Hydro-Meteorological Forecasting, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration

ベトナムでは、毎年のように大きな気象災害が発生しており、その軽減は重要な課題となっている。国際協力機構(JICA)の無償資金協力の一環として、ベトナム北部のハイフォン（フーリエン）及びヴィンの両市にSバンド気象ドップラーレーダーが設置され2017年11月から稼働している。同レーダーの活用を中心として包括的な気象サービスの能力向上を目指して、2018年からJICA有償勘定技術支援「ベトナム国気象予測及び洪水早期警報システム運営能力強化プロジェクト」が始まっており、一般財団法人気象業務支援センターなどが参加している。この業務では、日本の気象庁とも連携して同国における①気象観測機材の保守点検及び校正、②気象観測レーダーデータの解析及び品質管理、③大雨・台風に関する監視・予報業務、④情報伝達、の各能力の向上を目指している。③の活動内容の一つとして、ナウキャスト・短期降水予報について、水文気象セクター開発戦略の実施上の課題の特定及び将来の開発計画についての提言を行うことが挙げられており、同国における降雨ナウキャストおよび数値予報、降水ガイダンスを含む降水予報業務の現状と問題点の把握を始めたところである。

ベトナム水文気象局では国内176ヶ所の有人気象観測所が1日4回（1時、7時、13時、19時）通報する前6時間積算雨量を5km格子に内挿した積算雨量図を作成しているほか、2018年8月からは国内約1000箇所のAWSによる毎時地上降水、上述のSバンドレーダーを含む12か所の気象レーダー、衛星（ひまわり）データからの推定降水量のデータに基づき、前3時間解析雨量の作成を開始している。平均雨量と最大雨量の二種類の解析を行っており、平均雨量では解析格子（5km解像度）内にAWSの観測がある場合はその観測値（複数ある場合はその平均値）を用い、無い場合はレーダー反射率から求めた雨量を用い、レーダーデータが無い場合は衛星（ひまわり8号）のデータから推定した雨量を用いる。最大雨量では、上記3つのデータの内の最大値を用いている。

2018年12月、ベトナム中部ではダナン市で8日午後7時からの24時間に635mmと1975年に統計を取り始めてから最大の雨量が計測される記録的豪雨があった。当日は、解析雨量作成方法の詳細や課題、気象庁全球モデルを含む数値予報の現状と課題などについてポスター発表する。

キーワード：豪雨、JICAプロジェクト、QPE/QPF、数値予報、ベトナム
Keywords: heavy rainfall, JICA project, QPE/QPF, numerical weather prediction, Viet Nam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風21号による琵琶湖高解像度流動シミュレーション：琵琶湖南湖における大規模水草消失
High-resolution flow-simulation in Typhoon 21, 2018: tremendous loss of water plants in South Lake Biwa

*中田 聡史[1]、芳賀 裕樹[2]、岩木 真帆[1]、波多野 圭亮[3]、馬渕 浩司[1]、高村 典子[1]
*Satoshi Nakada[1], Hiroki Haga[2], Maho Iwaki[1], Keisuke Hatano[3], Koji Mabuchi[1], Noriko Takamura[1]

1. 国立環境研究所、2. 滋賀県立琵琶湖博物館、3. 水資源機構
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Lake Biwa Museum, 3. Japan Water Agency

昨年(2018年)9月4日に「非常に強い」勢力(カテゴリー５)の台風21号(Jebi)が日本に上陸し、近畿地方を中心に大きな被害を与えた。琵琶湖南湖においては1961年の第二室戸台風以来となる異常に大きな水位変動が観測され、水草(主に沈水植物)が大規模に消失した。南湖では近年、水草が大量に繁茂する年があり、湖底の泥化や水質と底質の悪化等が懸念されているが、水中の栄養塩を吸収する水質浄化やコイ・フナ類の産卵場といった良い面もあり、琵琶湖水環境にとって水草消失は重大なインパクトがあるだろう。将来気候において台風凶暴化が予想されており、水草の流失メカニズムを理解することは重要である。そこで本研究では、台風21号襲来時における発生した水位異常変動の再現するため琵琶湖内の流動シミュレーションを実施して大規模水草消失の原因を調べた。シミュレーションに用いたモデルはFVCOM(Finite-Volume Community Ocean Model)であり、入力データは気象庁提供の気象データGPV/MSM、および国土交通省提供の瀬田川洗堰放流量と流入河川流量である。計算期間は8月28日から9月10日までの2週間として、8月下旬の現場観測水温場を与えた静止状態から計算開始した。計算検証用データとして11地点の琵琶湖水位データを関係機関から収集した。シミュレーション結果は水位の異常変動をよく再現しており(観測と計算データの相関係数0.9以上)、台風接近後の水位が顕著に下がった時には、南湖のほぼ全域において強流帯(流速が1m/s以上)が形成されていたことがわかった。この計算結果を用いて底面せん断応力と水草流体抵抗力を計算したところ、底面せん断応力は洗堀を起こさない程度に小さかったが、水草にかかる流れの抵抗力は水草群落が大きい場所で高い値を示し、水草の消失分布と極めて似たパターンを示した。これらの結果から、強い水平流によって水草に圧力抵抗が働いた結果、水草が流れに耐え切れず根本から引き抜かれて流されたことが推察される。したがって、湖面風が平均して20m/s程度の南風である場合、水草が流失する可能性が示唆された。

キーワード：琵琶湖、水草、流動シミュレーション、台風
Keywords: Lake Biwa, water plants, flow-simulation, Typhoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

結合モデルで予測された半年以上継続する2018年北半球中緯度高温偏差
Northern mid-latitude warming prolonged for more than 6 months in 2018 well-predicted by the JMA’s operational seasonal prediction system

*小林 ちあき[1]、石川 一郎[1]
*Chiaki Kobayashi[1], Ichiro Ishikawa[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

日本では、2018年7月初めに西日本を中心に各地で記録的な大雨となり（Tsuguchi et al, 2018）その後、東・西日本を中心に異常高温が続いた。東日本の夏季平均気温は1946年の統計開始以降最高を記録した(気象庁, 2018)。このような猛暑をもたらした要因の一つとして、北半球中緯度で東西平均気温偏差が高温であったこと、があげられている（気象庁, 2018）。この北半球中緯度域の高温偏差に着目し、気象庁現業季節予測システム(JMA/MRI-CPS2; Takaya et al., 2018)による実験結果を用いて、この偏差の形成と継続についての要因を考察した。

200hPa高度場を対流圏気温の指標とし、2018年夏季平均の平年偏差分布をみると、北半球中緯度域は広く高温偏差に覆われた。特にモンゴルから中国北部にかけてと、アラスカ湾、ラブラドル半島付近とスカンジナビア半島南部では正偏差が大きかった。帯状平均高度場で見ても北半球中緯度域は正偏差が顕著であり、時系列でみると、この北半球中緯度の正偏差は2017年秋ごろから続いている現象であった。

この半年以上継続する北半球中緯度正偏差は、2017年10月を初期値とした結合モデルによる再予測実験において再現されており、6か月以上前の初期値からの予測にもかかわらず、大気偏差場をよく予測できていた。

2017年の終わりから2018年の春にかけて、太平洋赤道域の海面水温は、ラニーニャタイプの偏差を示しており、その後、2018年夏にかけてENSOは中立になったが、春から夏にかけて赤道の北半球側で正偏差、南半球側で負偏差となりの偏差パターンが続いており、モデルはこれもよく予測できた。このSSTパターンが大気偏差場に与える影響を調べるため、熱帯太平洋域のSSTを気候値にナッジングした実験を行った。この実験(感度実験)と再予報実験との差をみると、予報初期から2018年夏にかけて、北半球中緯度高度は再予報実験より低くなっていた。再予報実験では赤道の北側で対流活発が持続したこともよく予測された一方で、感度実験では対流活発偏差が弱かった。これは、再予報実験で見られた顕著な北半球中緯度正偏差の形成に熱帯太平洋域のSST偏差が対流活動の偏差を通じて重要な役割をはたしていたことを示唆している。

キーワード：2018夏、北半球中緯度温暖現象、北極振動
Keywords: summer of 2018, northern mid-latitudes tropospheric warming, AO

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年7月豪雨の総観場予測可能性
Synoptic-scale Predictability of Heavy Rain over Western Japan in July 2018

*吉田 聡[1]
*Akira Kuwano-Yoshida[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

2018年7月豪雨は気象庁が豪雨発生前の7月5日14時に「西日本と東日本における８日頃にかけての大雨について」という報道発表を行っており、実際の雨も8日まで持続した。本研究では気象庁週間アンサンブル予報データと気象庁長期再解析データJRA-55を用いて、梅雨前線の形成要因である対流圏中層ジェットと下層水蒸気フラックスに着目し、この豪雨の始まりと持続の予測を左右した要因について解析した。豪雨発生期では、対流圏中層ジェットの南下の予測可能性が低く、予測のばらつきが小さくなったのは6月30日以降であった。これは中国大陸から伝搬してくるトラフの発達が関係していた。一方、対流圏下層水蒸気フラックスはその時点では東シナ海に流れ込む予測で、7月1日に台風7号の位置が定まった時点で西日本への流入が予測された。しかしまだ豪雨の持続と終息時期については、バイアスと不確実性が大きく、中層ジェット、水蒸気フラックスともに7月２日まで予測精度が低かった。特に水蒸気フラックスについては、台風7号の発達とユーラシア大陸上からのリッジの伝搬が関係しており、予測を難しくしていた。

キーワード：梅雨前線、予測可能性、アンサンブル予測
Keywords: Baiu front, Predictability, Ensemble prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

平成30年7月豪雨における水蒸気輸送および海面蒸発偏差の解析
Anomalous Moisture Transport and Oceanic Evaporation during a Torrential Rainfall Event over Western Japan in Early July 2018

*関澤 偲温[1]、宮坂 貴文[1,2]、中村 尚[1]、Akihiko Shinpo[3]、Kazuto Takemura[3]、前田 修平[3]
*Shion Sekizawa[1], Takafumi Miyasaka[1,2], Hisashi Nakamura[1], Akihiko Shinpo[3], Kazuto Takemura[3], Shuhei Maeda[3]

1. 東京大学先端科学技術研究センター、2. 気象研究所、3. 気象庁
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 2. Meteorological Research Institute, 3. Japan Meteorological Agency

Western Japan experienced torrential rainfall in early July 2018, which caused severe floods and landslides especially over western Japan. Japan Meteorological Agency (JMA) reported that this extreme event was associated with extreme enhancement of northward moisture flux and its convergence over western Japan. Some recent studies have pointed out an essential role of surrounding oceans for extreme rainfall events through the anomalous heat and moisture supply to the warm, moist monsoonal airflow. This study investigates anomalous oceanic evaporation during the torrential rainfall event over western Japan based on the objective analysis data from the JMA Meso-Scale Model. We have found that the heavy rainfall was associated with enhanced oceanic evaporation extensively around Japan, especially along the Kuroshio and entirely over the Japan Sea. We then conducted a linear decomposition of local surface latent heat flux anomalies based on the bulk formula to determine factors for the enhanced evaporation. Our results show that the enhanced evaporation under the pronounced southerly inflow toward the extreme rainfall region was mainly due to increase in the surface wind speed along the Kuroshio south of Japan, with an additional contribution from warm SST anomalies to the enhanced moisture inflow into central Japan. In order to quantitatively assess contribution of the enhanced evaporation to anomalous moisture transport in the mixed layer, we also performed a backward trajectory analysis for moist air parcels. It reveals that anomalous moisture supply from the ocean to air parcels along trajectories is dominated by enhanced evaporation due to the stronger surface wind speed, which corresponds to about 20 % of the column water vapor anomaly and about 5 % of the total column water vapor.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

平成30年７月豪雨期間中の大気循環の主要変動モード
Leading modes of atmospheric circulation variability during the heavy rain event in July 2018

*西井 和晃[1]、田口 文明[2]、中村 尚[2]
*Kazuaki Nishii[1], Bunmei Taguchi[2], Hisashi Nakamura[2]

1. 三重大学大学院生物資源学研究科、2. 東京大学先端科学技術研究センター
1. Graduate School of Bioresources, Mie University, 2. Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

平成30年7月豪雨では，西日本を中心に持続的な大雨が7月上旬に観測された．本研究ではこの持続的な大雨をもたらした大気循環場を，大気循環変動モードの観点から調査し，その外部強制要因との関係性を明らかにすることを目的とする．7月上旬平均300hPa西風の日本周辺での年々変動に対し経験直交関数(EOF)解析を施すと，第1モードが日本上空での西風と梅雨降水帯の強弱を表し，2018年のこの主成分得点は西風弱化と気候平均位置での梅雨降水帯の弱化を示している．一方，第2モードは西風ジェット軸と梅雨降水帯の南北変位を伴い，2018年のこの主成分得点は西風軸と梅雨前線の北上を示している．さらに，5種類の境界条件を与えた大気大循環モデルアンサンブル実験を行なった．第1モードと第2モードのパターンの再現性は観測と整合的であった．特に第1モードの出現傾向は中高緯度に観測値を与えた実験で観測と整合的であり，一方，第2モードの出現傾向は，熱帯に観測されたSSTを与えた実験で観測と整合的であった．ただし，第2モードの主成分得点の絶対値は観測よりも小さい傾向にあった．この第2モードの得点の小ささが，アンサンブル平均として7月豪雨を再現できなかった理由の一つと考えられる．

キーワード：大気循環変動モード、豪雨
Keywords: modes of atmospheric circulation variability, heavy rain

©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-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 301B 3F

[M-GI37] 情報地球惑星科学と大量データ処理

コンビーナ:村田 健史(情報通信研究機構)、本田 理恵(高知大学自然科学系理工学部門)、野々垣 進(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　情報地質研究グループ)、堀之内 武(北海道大学地球環境科学研究院)、座長:野々垣 進、村田 健史(情報通信研究機構)

地球惑星科学分野の観測および数値シミュレーションによって生成される数値データは、観測技術の高度化や計算スケールの大規模化に伴ってますます複雑化しています。このセッションの目的は、新しい観測・計測手法、大規模データ処理および数値シミュレーション技法、データ保存および公開技術、データ転送および収集などのデータ技術について、幅広い視点で議論を行うことです。これによるデータ指向型科学、すなわち地球惑星情報科学を進化させることを視野に入れています。発表内容はこれらの技法に限定していません。実際の観測や数値計算の立場から地球惑星情報科学に期待する提案も歓迎します。

13:45 ~ 14:00

[MGI37-01] 気象衛星「ひまわり」を用いた地球環境の探査

*安藤 隆太[1]、渡部 重十[1]、村田 健史[2] (1.北海道情報大学、2.情報通信研究機構)

14:00 ~ 14:15

[MGI37-02] Xバンド小型レーダーによる高知レーダーネットワーク

*佐々 浩司[1]、高木 敏明[2]、村田 健史[3] (1.高知大学教育研究部自然科学系理工学部門、2.古野電気株式会社、3.情報通信研究機構)

14:15 ~ 14:30

[MGI37-03] フェーズドアレイ気象レーダーの観測ビッグデータを用いた深層学習による降雨エコーの分類

*佐藤 晋介[1]、花土 弘[1]、川村 誠治[1]、紺野 友彦[1]、岩爪 道昭[1]、大塚 成徳[2]、三好 建正[2] (1.情報通信研究機構、2.理化学研究所計算科学研究センター)

14:30 ~ 14:45

[MGI37-04] 千曲市循環バスを利用した低電力広域通信LoRa環境計測と通信エリアマップ

*水谷 耕平[1]、村田 健史[1]、室山 嘉昭[1]、山本 和憲[1]、村永 和哉[2]、水原 隆道[3]、Praphan Pavarangkoon[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構、2.㈱セック、3.㈱クレアリンクテクノロジー)

14:45 ~ 15:00

[MGI37-05] 安価で小型な気球観測装置の開発と地球高層大気観測への利用の試み

*高田 拓[1]、笹岡 由唯[1]、上田 真也[1]、村田 健史[2]、鈴木 秀彦[3] (1.高知工業高等専門学校、2.国立研究開発法人情報通信研究機構、3.明治大学)

15:00 ~ 15:15

Discussion

気象衛星「ひまわり」を用いた地球環境の探査
Exploration of the earth environment using meteorological satellite "Himawari"

*安藤 隆太[1]、渡部 重十[1]、村田 健史[2]
*ryuta ando[1], Shigeto Watanabe[1], Ken T. Murata[2]

1. 北海道情報大学、2. 情報通信研究機構
1. Hokkaido Information University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

静止気象衛星「ひまわり8号」のデータと人工知能を用いて地球環境の探査を試みた。一般に人工知能を用いた画像認識では数万単位以上の画像を使用している。しかし、本研究では気象衛星「ひまわり8号」の16波長(可視～赤外)で撮像したスペクトル画像データの画素ごとに抽出したスペクトルデータを人工知能の入力・教師データとした。スペクトルデータと地球環境を特徴付けることで、地球環境を学習し地球環境変動を認識するアルゴリズムを考案した。画素ごとの16波長のスペクトルデータを学習し地球環境を探査するのは、本研究が初めてである。しかも、本研究の手法では数百単位のデータセットで、緯度・経度、昼夜、季節など全ての空間・時間で地球環境を認識できる。気象衛星「ひまわり」のスペクトルデータを利用した人工知能は、台風や流氷などの予測にも有効であるとともに、地球や惑星の環境探査で人工衛星や探査機の能力を大きく引き出す有効な手法になると考える。

キーワード：気象衛星ひまわり8号、スペクトルデータ、16波長、人工知能
Keywords: Meteorological Satellite Himawari-8, Spectral Data, 16 wavelengths, Artificial intelligence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Xバンド小型レーダーによる高知レーダーネットワーク
Kochi radar network composed of compact X-band radars

*佐々 浩司[1]、高木 敏明[2]、村田 健史[3]
*Koji Sassa[1], Toshiaki Takaki[2], Ken T Murata[3]

1. 高知大学教育研究部自然科学系理工学部門、2. 古野電気株式会社、3. 情報通信研究機構
1. Natural Science Cluster, Kochi University, 2. Furuno Electric Co.,Ltd., 3. National Institute of Information and Communication Technology

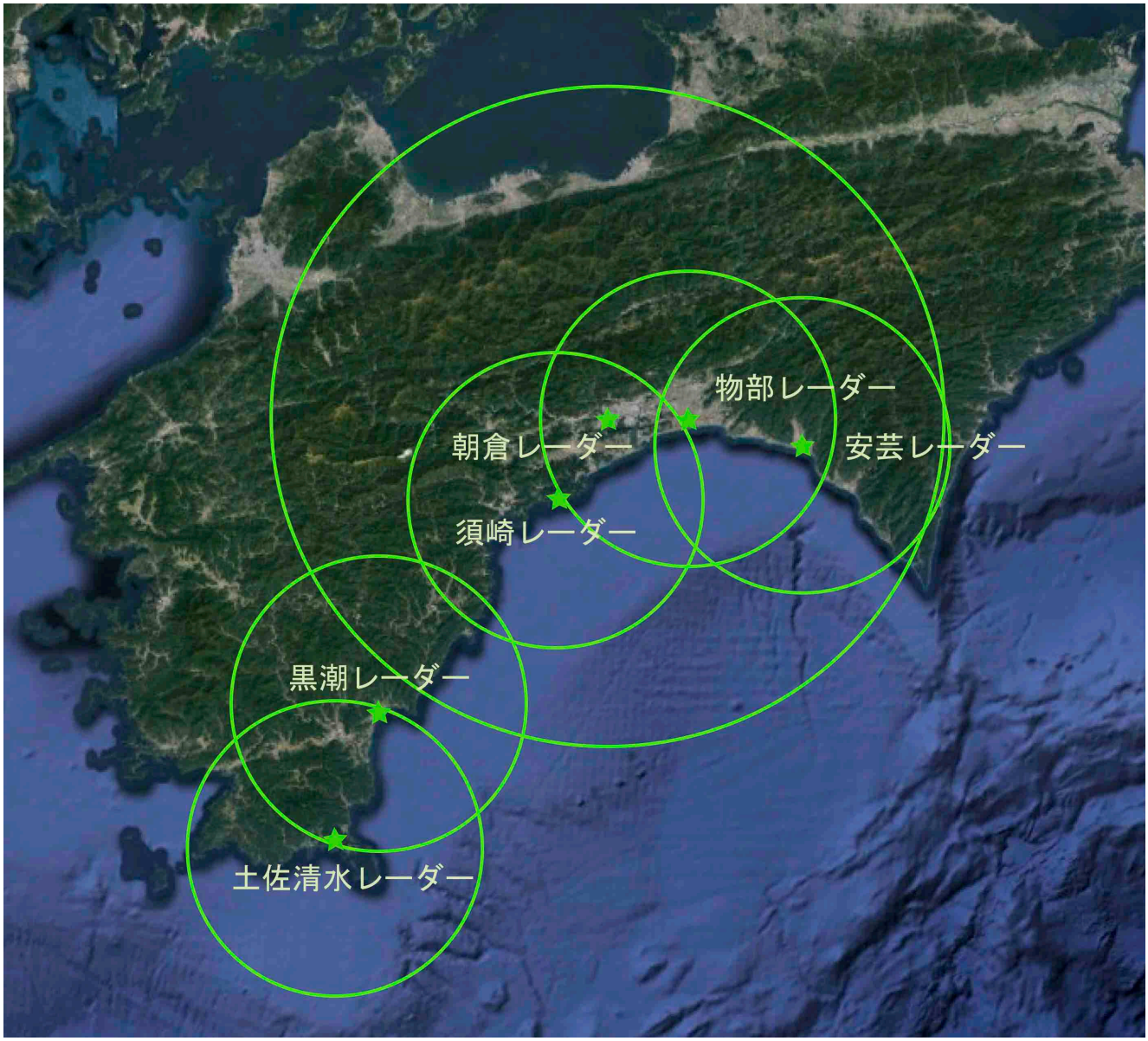
高知県は全国有数の多雨地域であり、気象災害を引き起こす大雨や突風が頻繁に発生する地域であるが、雨雲を監視する気象レーダーは気象庁Cバンド室戸ドップラーレーダーと国土交通省XRAINに属するCバンドMPレーダー２基によりカバーされているのみで、特に大気下層に生じる暖かい雨の監視は十分ではない。

そこで、これらを補完する高分解能レーダーネットワークを構築するため、高知県内に６台の小型XバンドMPレーダーを設置し、常時観測を開始した。いずれも固体化レーダーで、１基は探査範囲80km、ビーム幅2度、他の５基は探査範囲30km、ビーム幅2.7度のもので、1分毎に低仰角を中心にボリュームスキャンを行い、1kmCAPPIデータを作成する。また、各レーダーサイトには４方向の雨雲の様子を監視する監視カメラが設置されており、１分毎に画像を記録している。これら常時収集される膨大なデータを処理するため、各レーダーサイトにWONMを設置し、これを介してNICTのサイエンスクラウドにデータを集約している。現段階では観測から４分以内に1分毎の1kmCAPPIデータを提供することが可能である。

観測事例として、西日本豪雨時には５台のレーダーにより線状降水帯などの組織化された雨雲の変遷を捉えることに成功した。また、竜巻をもたらす雨雲も高解像度で捉えている。

キーワード：レーダーネットワーク、小型レーダー、クラウド
Keywords: radar network, compact radar, cloud

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フェーズドアレイ気象レーダーの観測ビッグデータを用いた深層学習による降雨エコーの分類

Rain Echo Classification by Deep Learning Using Observation Big Data of Phased Array Weather Radar

*佐藤 晋介[1]、花土 弘[1]、川村 誠治[1]、紺野 友彦[1]、岩爪 道昭[1]、大塚 成徳[2]、三好 建正[2]
*Shinsuke Satoh[1], Hiroshi HANADO[1], Seiji Kawamura[1], Tomohiko Konno[1], Michiaki Iwazume[1], Shigenori Otsuka[2], Takemasa Miyoshi[2]

1. 情報通信研究機構、2. 理化学研究所計算科学研究センター
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. RIKEN Center for Computational Science

フェーズドアレイ気象レーダー（PAWR）は、ゲリラ豪雨や竜巻・突風等による突発的気象災害の早期検知や予測を行うことを目標として開発された。吹田、神戸、沖縄に設置されたPAWRでは、30秒毎の３次元観測を定常的に行っており、これまでに2PBを超える観測ビッグデータが蓄積されている。リアルタイム観測データはスマホアプリの「3D雨雲ウォッチ」や「理研3Dナウキャスト」で利用されており、顕著事例のデータ解析やデータ同化に関する研究成果も出ているが、ゲリラ豪雨予測が実現できたとは言えない。また、多くのアーカイブされた過去データも有効に利用されているとは言えない。近年急速に発展している深層学習により、人間が脳を使って行う判断を計算機が実現できる時代となった。深層学習は大量のデータを用いて学習する必要があるが、人間が処理するデータ解析では得られないような成果も期待される。そこで本研究では、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)という深層学習技術を用いることで、ゲリラ豪雨予測につながるような前兆現象の自動抽出を試みることを目標とする。今回は最初の試みとして、PAWRで観測された降雨分布の２次元画像データから降雨エコーの分類を試みる。降雨エコー分類というと対流性あるいは層状性という降雨タイプの違いも重要であるが、それに加えて、降雨エコーの形態として孤立状、線状、団塊状という降雨分布の分類を試みる。

PAWRのオリジナル観測データは極座標のバイナリデータとして保管しているが、今回の深層学習にはWeb Pageでリアルタイム公開している高度2 kmのエコー強度の水平分布を示すクイックルック(QL)画像を用いる。今回用いる神戸PAWRの蓄積されたQL画像の数を調べたところ、2014年が24万枚(稼働率90%)、2015年が102万枚(97%)、2016年が101万枚(96%)、2017年が78万枚(75%)、2018年が85万枚(292日分まで)で、合計390万枚のQL画像が存在することが分かったが、半数以上は直径120kmのレーダー観測範囲に降雨が存在しないQL画像であり、降雨エコー分類には利用できない。深層学習を行うためにはQL画像にラベルを付ける必要があり、たとえ１万枚の画像でも人間が手動でラベル付けするのは容易ではない。幸いなことに、Web公開している降雨サマリーグラフ作成のために、それぞれのQL画像に対応する平均降雨量・最大降雨量・降雨面積の数値情報をテキストファイルで保存しているので、それを用いて大まかなラベル付けを行った後で最終的には人間の目で判断する（特に線状と塊状の違い）。最終的には強い/弱い孤立対流性、線状対流性、塊状対流性、および層状性、降雨無しの８種類に分類を行い、2016年6、７，８月の50日間のデータからそれぞれ900サンプル以上を確保した上で、シンプルな７層のCNNを使って1000回程度反復学習させた結果、72%の精度で降雨エコー分類を行うことができた。曖昧なラベリングのサンプルを除いたり、より複雑なCNNネットワークを用いたりすることで精度を上げることは可能と考えている。将来的には、３次元データと時系列データを用いることで豪雨予測につながるような研究を進めたい。

キーワード：フェーズドアレイ気象レーダー、観測ビッグデータ、深層学習、降雨エコー分類
Keywords: Phased Array Weather Radar, Observation Big Data, Deep Learning, Rain Echo Classification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千曲市循環バスを利用した低電力広域通信LoRa環境計測と通信エリアマップ

Communication area map of LoRa in Chikuma city using community bus services

*水谷 耕平[1]、村田 健史[1]、室山 嘉昭[1]、山本 和憲[1]、村永 和哉[2]、水原 隆道[3]、Praphan Pavarangkoon[1]
*Kohei Mizuani[1], Ken T. Murata[1], Yoshiaki Muroyama[1], Kazunori Yamamoto[1], Kazuya Muranaga[2], Takamichi Mizuhara[3], Praphan Pavarangkoon[1]

1. 国立研究開発法人情報通信研究機構、2. ㈱セック、3. ㈱クレアリンクテクノロジー
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Systems Engineering Consultants Co., LTD., 3. CLEALINK TECHNOLOGY Co.,Ltd.

多くのセンサーをインターネットに接続しデータを集める IoTは重要な基盤技術の一つであり，様々な地域IoT技術開発が進められ、データ利活用によるサービスの充実や地域課題解決のためのツールとして期待されている。我々は低電力広域通信技術 LPWA（Low Power Wide Area）の一つであるプライベートLoRaによりコミュニティ循環バスを利用し長野県千曲市全域の通信環境計測実験を行った。実験では市北部に立地する更埴庁舎、市南部に立地する戸倉庁舎、市東部に立地する雨宮排水機場の３か所に LoRa中継局を設置した。さらにビーコン発信機を千曲市コミュニティ循環バス（全 9路線） に設置し、路線から中継局を通じてリアルタイムでクラウド サーバにバス位置を伝送しデータベス化した。その結果をエリアマップとして可視化したところ全バス路線の多くのエリアで通信に成功し、LPWAによる市全体の見守りの可能性が確認できた。この実験における不感地帯においても、数台の中継器を追加すれば通信が行える見通しが立った。

キーワード：IoT、LPWA、LoRa、エリアマップ
Keywords: IoT, LPWA, LoRa, area map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安価で小型な気球観測装置の開発と地球高層大気観測への利用の試み
Development of an inexpensive and small balloon observation device, and its application in observing the Earth's upper atmosphere

*高田 拓[1]、笹岡 由唯[1]、上田 真也[1]、村田 健史[2]、鈴木 秀彦[3]
*Taku Takada[1], Yui Sasaoka[1], Shiya Ueta[1], Ken T. Murata[2], Hidehiko Suzuki[3]

1. 高知工業高等専門学校、2. 国立研究開発法人情報通信研究機構、3. 明治大学
1. National Institute of Technology, Kochi College, 2. National Institute of Information and Communications Technology, 3. Meiji University

本発表では、安価で小型な気球観測装置の開発状況と、それらの地球高層大気（対流圏から成層圏）観測への利用について紹介する。気象観測などで利用されるゴム気球にヘリウムなどを封入して放球することで、対流圏を超えて、成層圏に至る領域に、観測装置を飛行させることができる。我々は、2014年頃から学生主体の取り組みとして、気球観測装置の開発と放球実験を行ってきた。2018年度は、気球飛行経路の把握のために、920 MHz帯のLoRa (Long Range)変調による通信機を用いて、３～４の地上局（移動局を含む）を設置することで、気球の飛行経路を常に監視できるシステムを目指した。LoRa通信機による、見通しの良い長距離（約28 km程度まで）の通信実験を行い、LoRa変調による通信状況を把握することでき、気球監視に十分適用できることを確認した。さらに、現在、気球切り離しシステムを検討中であり、指定した高度近くで気球を切り離すことで、水平方向に流される距離を短くし、最適高度での観測時間を長くすることができる。本気球観測システムでは、様々な地球高層大気観測に利用されることを目指しており、主に３つの観測パターンに分類できる。３つのパターンは、（１）気球の破裂高度である高度約25 km程度の成層圏へ到達させ、破裂後はパラシュート降下する場合、（２）大気密度が十分小さくなる高度15 km程度に到達後に気球を切り離してパラシュート降下する場合、（３）対流圏の雲を完全に抜けた後に、高度7-10 km程度で気球を切り離し、パラシュート降下する場合である。我々は、様々な観測対象に適した気球観測が実現することを望んでいる。

キーワード：気球観測、小型気球、超高層大気、成層圏、対流圏、LoRa変調通信
Keywords: Balloon observation, small balloon, upper atmosphere, stratosphere, troposphere, LoRa communication

©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-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 301B 3F

[M-GI37] 情報地球惑星科学と大量データ処理

コンビーナ:村田 健史(情報通信研究機構)、本田 理恵(高知大学自然科学系理工学部門)、野々垣 進(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　情報地質研究グループ)、堀之内 武(北海道大学地球環境科学研究院)、座長:本田 理恵、村田 健史(情報通信研究機構)

地球惑星科学分野の観測および数値シミュレーションによって生成される数値データは、観測技術の高度化や計算スケールの大規模化に伴ってますます複雑化しています。このセッションの目的は、新しい観測・計測手法、大規模データ処理および数値シミュレーション技法、データ保存および公開技術、データ転送および収集などのデータ技術について、幅広い視点で議論を行うことです。これによるデータ指向型科学、すなわち地球惑星情報科学を進化させることを視野に入れています。発表内容はこれらの技法に限定していません。実際の観測や数値計算の立場から地球惑星情報科学に期待する提案も歓迎します。

15:30 ~ 15:45

[MGI37-06] 協調ワークスペースドライバChOWDERによるタイルドディスプレイ構築と地球惑星科学分野での応用事例

*川鍋 友宏[1]、小野 謙二[2]、樋口 篤志[3]、豊嶋 紘一[3]、山本 和憲[4]、村永 和哉[5]、村田 健史[4] (1.国立研究開発法人理化学研究所、2.国立大学法人九州大学、3.国立大学法人千葉大学、4.国立研究開発法人情報通信研究機構、5.株式会社セック)

15:45 ~ 16:00

[MGI37-07] Data archive and integrated data analysis tools developed by ERG Science Center

*堀 智昭[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、寺本 万里子[1]、Chang Tzu-Fang[1]、栗田 怜[1]、松田 昇也[2]、津川 靖基[1]、瀬川 朋紀[1]、梅村 宜生[1]、西谷 望[1]、近藤 誉子[1]、與那覇 公泰[1]、宮下 幸長[3]、桂華 邦裕[4]、関 華奈子[4]、田中 良昌[5]、篠原 育[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.韓国天文研究院、4.東京大学大学院理学系研究科、5.極地研究所)

16:00 ~ 16:15

[MGI37-08] KOSEN-1 CubeSat mission for Jupiter's radio science

*今井 一雅[1]、平社 信人[2]、高田 拓[1]、北村 健太郎[3]、今井 雅文[4]、KOSEN-1 Team[5]、Higgins Charles[6]、Thieman James[7]、NASA Radio JOVE Team[8] (1.高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2.群馬工業高等専門学校・機械工学科、3.徳山工業高等専門学校・機械電気工学科、4.University of Iowa、5.KOSEN-1 Team、6.Middle Tennessee State University、7.University of Maryland Baltimore County、8.NASA Radio JOVE Team)

16:15 ~ 16:30

[MGI37-09] オーロラ画像データ取得とデータ処理の諸問題

*片岡 龍峰[1]、村田 健史[2]、三好 由純[3]、内田 ヘルベルト陽仁[1]、福田 陽子[4]、山下 淳[5]、田中 正行[6] (1.国立極地研究所、2.情報通信研究機構、3.名古屋大学、4.国立環境研究所、5.東京大学、6.東京工業大学)

16:30 ~ 16:45

[MGI37-10] Innovative progress in ground observation of snow crystals and weather conditions by citizen science

★Invited Papers

*荒木 健太郎[1] (1.気象研究所)

16:45 ~ 17:00

[MGI37-11] 地すべり分野における斜面の危険度評価の取り組み

*林 一成[1]、若井 明彦[2]、佐藤 剛[3]、木村 誇[4]、村田 健史[5]、渡邉 暁乃[2] (1.奥山ボーリング株式会社、2.群馬大学、3.帝京平成大学、4.防災科学技術研究所、5.情報通信研究機構)

協調ワークスペースドライバChOWDERによるタイルドディスプレイ構築と地球惑星科学分野での応用事例
Introduction of “ChOWDER”: A tiled display driver that augment large scale visualization of geoscience.

*川鍋 友宏[1]、小野 謙二[2]、樋口 篤志[3]、豊嶋 紘一[3]、山本 和憲[4]、村永 和哉[5]、村田 健史[4]
*Tomohiro Kawanabe[1], Kenji Ono[2], Atsushi Higuchi[3], Koichi Toyoshima[3], Kazunori Yamamoto[4], Kazuya Muranaga[5], Ken T. Murata[4]

1. 国立研究開発法人理化学研究所、2. 国立大学法人九州大学、3. 国立大学法人千葉大学、4. 国立研究開発法人情報通信研究機構、5. 株式会社セック
1. RIKEN , 2. Kyushu Univ., 3. Chiba Univ., 4. NICT, 5. Systems Engineering Consultants Co.,LTD.

1. はじめに

タイルドディスプレイとは、複数の物理ディスプレイを並べて大きなピクセル空間を提供する仕組みである。地球惑星科学のような大規模かつ高解像度な可視化を必要とするデータを扱う研究分野において、今後タイルドディスプレイの需要は増えると予想される。本稿では、タイルドディスプレイをソフトウェア的に実現するシステム、「ChOWDER」の概要についてまず説明し、続いて地球惑星科学分野でのChOWDER応用事例を紹介する。最後にChOWDERソフトウェアの入手方法について述べる。

2. ChOWDER

理化学研究所と九州大学が共同で研究開発を進めるオープンソースソフトウェア「ChOWDER」は、Windows, Linux, macOSに対応したタイルドディスプレイドライバであり、他の主要なタイルドディスプレイドライバには無い、「Virtual Display Area」（以降、VDA）と呼ぶユニークな仕組みを実装している。VDAはChOWDERサーバが管理する仮想的な二次元空間で、ここに表示コンテンツを任意の位置、縮尺に配置することができる。加えてコンテンツ表示先であるディスプレイデバイスも任意の位置・縮尺でVDA上に配置可能なため、これを用いることで、異なる解像度、アスペクト比のディスプレイが混在するような、自由度の高いタイルドディスプレイを構築することが可能である。（Fig.1）

また、表示側デバイスに必要なソフトウェアはFirefox, Chromeのような通常のWebブラウザだけであり、特別なソフトウェアのインストールや、複数ディスプレイ接続に対応した高価なグラフィックボードは必要ない。WebブラウザはChOWDERサーバに接続すると全画面表示状態となり、物理ディスプレイ全体をChOWDERの表示エリアとして利用する。つまりWebブラウザが動くデバイスであれば何でもChOWDERタイルドディスプレイ（の一部）として機能する。

表示コンテンツ送出側のデバイスもWebブラウザのみで動作する。テキストファイル、画像ファイル、PDFファイルなどの静的なコンテンツと、動画ファイル、送出側デバイスのデスクトップ画面、Webカメラなどのストリーミングコンテンツ がChOWDERタイルドディスプレイ上で表示可能である。

さらに、ChOWDERは複数拠点のタイルドディスプレイを連携させることができる。前述のVDA上で各拠点のディスプレイデバイス位置を重ね合わせることで、複数拠点間でコンテンツ共有表示が可能である。

これらの特徴により、ChOWDERは比較的小規模な投資でタイルドディスプレイを構築可能な、柔軟性に優れたソフトウェアであると言える。

3. 利用事例

気象シミュレータNICAMの「京」コンピュータ全系（88,128CPU）による並列計算結果を、理研が開発する可視化ソフトウェアHIVEにより16K解像度画像にレンダリングし、ChOWDERを通じて４Kディスプレイ12枚で構成されるタイルドディスプレイ（総解像度15,360 ×6,480ピクセル）に等倍表示した（Fig.2）。HIVEにはレンダリング結果画像をChOWDERに直接送信する機能があるため、スーパーコン

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ピュータを利用した大規模シミュレーションによる生成される高解像度データを間引きすることなく、全体俯瞰と詳細部分の観察が同時に可能である。

千葉大学環境リモートセンシング研究センターが所有するフルHDディスプレイ36枚で構成されるタイルドディスプレイ（総解像度17,280 ×5,120ピクセル）に、情報通信研究機構が提供するAMATERASS（http://amaterass.nict.go.jp/index.html）の画面２つと、ひまわり8号からの画像を表示している(Fig.3)。AMATERASSの画面はユーザの手元のPC画面をChOWDERにストリーミング送信しており、手元のPC上でAMATERASSを操作するとタイルドディスプレイ上の表示もリアルタイムで追従する。複数ユーザのPCがコンテンツ送出元となってそれぞれの情報を１つのタイルドディスプレイに並べて表示できるため、情報を俯瞰した共同作業が可能である。

4. ソフトウェアの入手方法

ChOWDERはBSD修正２条項ライセンスで配布されるオープンソースソフトウェアであり、学術・商用を問わず無償で利用できる。GitHubからソフトウェアと利用者向けドキュメントがダウンロードできる。（https://github.com/SIPupstreamDesign/ChOWDER）

キーワード：タイルドディスプレイ、可視化、ウェブブラウザ、共同作業
Keywords: Tiled Display, Visualization, Web Browser, Collaborative work

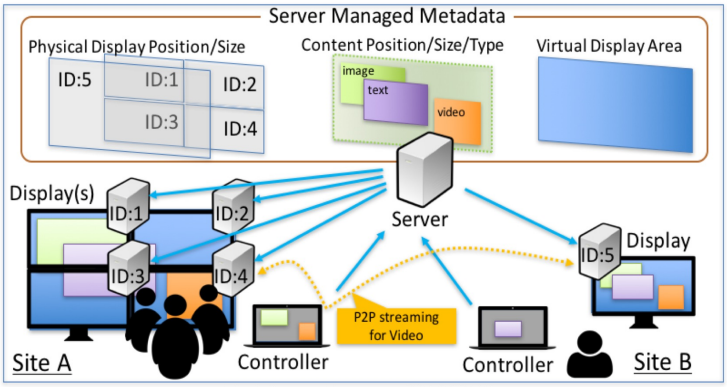


Fig.1 System Diagram of ChOWDER



Fig.2 A Displaying Example of a 16K Resolution Image



Fig.3 A Displaying Example of Multiple Application Windows Streaming from Multiple Users PC.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data archive and integrated data analysis tools developed by ERG Science Center

*堀 智昭[1]、三好 由純[1]、小路 真史[1]、寺本 万里子[1]、Chang Tzu-Fang[1]、栗田 怜[1]、松田 昇也[2]、津川 靖基[1]、瀬川 朋紀[1]、梅村 宜生[1]、西谷 望[1]、近藤 誉子[1]、與那覇 公泰[1]、宮下 幸長[3]、桂華 邦裕[4]、関 華奈子[4]、田中 良昌[5]、篠原 育[2]
*Tomoaki Hori[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Masafumi Shoji[1], Mariko Teramoto[1], Tzu-Fang Chang[1], Satoshi Kurita[1], Shoya Matsuda[2], Yasunori Tsugawa[1], Tomonori Segawa[1], Norio Umemura[1], Nozomu Nishitani[1], Takako Kondo[1], Hiroyasu Yonaha[1], Yukinaga Miyashita[3], Kunihiro Keika[4], Kanako Seki[4], Yoshimasa Tanaka[5], Iku Shinohara[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 韓国天文研究院、4. 東京大学大学院理学系研究科、5. 極地研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency / Institute of Space and Astronautical Science, 3. Korea Astronomy and Space Science Institute, 4. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 5. National Institute of Polar Research

The ERG (Exploration of energization and Radiation in Geospace) is a Japanese geospace exploration project. Its core component is the ERG satellite, also known as Arase, an inner magnetosphere satellite with the full set of particle and field instruments launched on December, 2016. The ERG project consists of the satellite observation team, the ground-based network observation team, and the integrated data analysis/simulation team. Besides these research teams, ERG Science Center (ERG-SC) has been organized and operated by ISAS/JAXA and ISEE/Nagoya University from the very beginning of the ERG project. Since then, ERG-SC has been playing an essential role in managing the data center for all kinds of scientific data as well as promoting close collaborations of the three teams and other research projects, maximizing scientific output from the ERG project. For studies of Geospace, where different plasma populations are interacted with each other via cross-energy and cross-regional coupling processes, the integrated data analysis combining various kinds of data sets is key to comprehensive understanding of multiscale dynamical processes. For these purposes, the level-2 (calibrated, in physical unit) science data and higher level data products of the Arase satellite as well as the ground observation network data are archived in the Common Data format (CDF), which was developed by NASA, and are basically open freely to the international science community from the ERG-SC data repository. The integrated data analysis tool is also developed on the basis of the Space Physics Environment Data Analysis Software (SPEDAS), which is de facto standard software of the space physics community, enabling the data users to combine Arase data with the other satellite, ground, modeling data seamlessly in plotting and manipulating them.

キーワード：あらせ衛星、放射線帯、宇宙プラズマ
Keywords: Arase satellite, Radiation belt, Space plasma

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

KOSEN-1 CubeSat mission for Jupiter's radio science

*今井 一雅[1]、平社 信人[2]、高田 拓[1]、北村 健太郎[3]、今井 雅文[4]、KOSEN-1 Team[5]、Higgins Charles[6]、Thieman James[7]、NASA Radio JOVE Team[8]
*Kazumasa Imai[1], Nobuto Hirakoso[2], Taku Takada[1], Kentarou Kitamura[3], Masafumi Imai[4], KOSEN-1 Team[5], Charles A. Higgins[6], James R. Thieman[7], NASA Radio JOVE Team[8]

1. 高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2. 群馬工業高等専門学校・機械工学科、3. 徳山工業高等専門学校・機械電気工学科、4. University of Iowa、5. KOSEN-1 Team、6. Middle Tennessee State University、7. University of Maryland Baltimore County、8. NASA Radio JOVE Team
1. Department of Social Design Engineering, National Institute of Technology, Kochi College, 2. Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Gunma College, 3. Department of Mechanical and Electrical Engineering, National Institute of Technology, Tokuyama College, 4. University of Iowa, 5. KOSEN-1 Team, 6. Middle Tennessee State University, 7. University of Maryland Baltimore County, 8. NASA Radio JOVE Team

Since the discovery of Jupiter's decametric radio emissions in 1955, important details of its radiation mechanism have not yet been elucidated. In order to investigate the beaming structure of Jupiter's radio emission to clarify aspects of the emission mechanism, we plan to launch a 2U-size CubeSat for observation of Jupiter's radio waves and observe simultaneously in outer space and on the ground. The purpose of this project is to measure the emission delay time by using a correlation analysis method. The delay time can be measured by the correlation analysis of waveform data obtained by simultaneous observations of Jupiter's radio S-bursts between this satellite and the ground. If the beam of Jupiter's radio S-bursts is moving together with the rotation of Jupiter, we can calculate a time difference of about 70 milliseconds at the baseline length of 8000 km. Using the proposed simultaneous observations, it is possible to test whether the Jovian S-bursts are emitted like a 'beacon', rotating with Jupiter's magnetic field and sweeping by the Earth, or like a 'flashlight', an instantaneous emission with a 0 millisecond time delay. This information is very important to determine the nature of the Jupiter's radio emission mechanism.

Our application for the launch of a 2U-CubeSat named KOSEN-1 by a JAXA Epsilon rocket was selected on Dec. 12, 2018, as a CubeSat candidate for JAXA's innovative satellite technology demonstration program. This rocket launch including our KOSEN-1 project is scheduled at the end of 2020. The worldwide ground-based observations together with the KOSEN-1 satellite will be supported by the NASA Radio JOVE project, an education and outreach program for planetary radio astronomy.

The KOSEN-1 project is supported by the Coordination Funds for Promoting AeroSpace Utilization of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), JAPAN.

キーワード：超小型衛星、木星電波、デカメートル波、ビーム構造
Keywords: CubeSat, Jupiter radio, decametric wave, beam structures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オーロラ画像データ取得とデータ処理の諸問題
Problems of acquisition of auroral image data and data processing

*片岡 龍峰[1]、村田 健史[2]、三好 由純[3]、内田 ヘルベルト陽仁[1]、福田 陽子[4]、山下 淳[5]、田中 正行[6]
*Ryuho Kataoka[1], Ken T. Murata[2], Yoshizumi Miyoshi[3], Herbert Akihito Uchida[1], Yoko Fukuda[4], Atsushi Yamashita[5], Masayuki Tanaka[6]

1. 国立極地研究所、2. 情報通信研究機構、3. 名古屋大学、4. 国立環境研究所、5. 東京大学、6. 東京工業大学
1. National Institute of Polar Research, 2. National Institute of Information and Communication Technology, 3. Nagoya University, 4. National Institute for Environmental Studies, 5. The University of Tokyo, 6. Tokyo Institute of Techonology

世界各地で様々な撮影スタイルでオーロラ画像データを大量に取得してきた。本講演では、そのデータ処理の諸問題について、まとめて報告する。現在取り組んでいる実験は、オーロラのリアルタイム画像処理と4K・8Kストリーミングの可能性、EMCCDカメラによる100 fpsのシーズン連続画像データ取得とデータ公開、赤外カメラを用いた無人機からのオーロラ撮影などがある。過去の市販デジタルカメラを用いた試みとしては、アウトリーチ目的では4Kドームマスター形式3Dタイムラプス映像、20Kのオーロラ VR撮影データの他、科学観測目的ではオーロラの自動検出手法による数100 fpsオーロラ画像データ取得制限などの例がある。

キーワード：オーロラ、画像処理、高速撮像
Keywords: aurora, image processing, high-speed imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Innovative progress in ground observation of snow crystals and weather conditions by citizen science

*荒木 健太郎[1]
*Kentaro Araki[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

To improve forecasts of snowfall events, a better understanding of the horizontal distribution of precipitation types and the microphysical properties of snow clouds is required. Observations of cloud microphysical properties, however, has been limited because of the sparse observation network. Recently, ground observations of precipitation types are performed by citizen science approaches especially in United States. In this study, ground observations of snow crystals and weather conditions are conducted by citizen science in Japan, and we would like to introduce recent progress in ground observation study and discuss the potentialities and challenges of citizen science big data.

The Meteorological Research Institute (MRI) has conducted the "#KantoSnowCrystal Project" to collect images of snow crystals from citizens during snowfall events in the Kanto and Koshin regions in Japan from November 2016. Smartphone cameras were used to capture the images, which were mainly collected through social networking services. Through the project, we were able to establish an easy method for snow crystal observation and data collection. More than 10,000 snow crystal images were gathered throughout the 2016-2017 winter, of which 73% were analyzable. In the case of heavy snowfall event in the Kanto plain on 22 January 2018, more than 40,000 snow crystal images were gathered in only a day. The #KantoSnowCrystal Project thereby realized spatiotemporally ultra-dense observations of snow crystals in these metropolitan areas, and the observation dataset should contribute to investigations of snowfall mechanisms in these areas and the verification and improvement of numerical weather models, etc. The amount of data, however, varied considerably between heavily populated central urban areas and less-populated inland areas. As the number of the data became enormous, it was also a challenge to efficiently collect and analyze the big data.

To investigate the characteristics of citizen science data, an existing dataset obtained from citizens of the "10-minute weather report" provided by Weathernews Inc. was examined. In this data, weather types are classified into 15 categories based on citizens' experiences. From the result of the examination of about 60 million weather reports from 2012 to 2017, it was found that the number of citizen science data and the population were proportional and the number of the data highly depended on human activity. The number of the data tended to increase in the case of rare and severe storm events in the metropolitan areas, such as heavy snowfall events in Tokyo in winter. From the comparison of the data between citizen science and the Japan Meteorological Agency, about 90 % of the weather types of rain and snow agreed in each data. The coincidence rate of weather type, however, declined for graupel and mixed rain and snow. These results indicate that citizen science data is effective in the snowfall study in the metropolitan areas and greatly contributes to the snowfall study if there is objective information such as photographs of precipitation.

Based on the results of these studies, the #KantoSnowCrystal Project of the MRI has started to use the App "SoraWatch by 3D AmagumoWatch" (https://sora-watch.3d-amagumo.com/) for smartphone and tablet devices and to gather the information of weather type and snow depth images in addition to snow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

crystals from all over Japan from February 2019. Citizen scientists are able to select 16 weather types (sunny, cloudy, rain, mixed rain and snow, snow, ice pellet, hail, thunder, tornado, fog, frost, burnt sky, rainbow, cloud iridescence, halo and arc, and the other), 11 snow crystal types, and snow depth with these photographs on the App. The database is also available for the purpose of scientific research and education. Big data obtained from citizen scientists through the App has possibility to contribute to not only the snowfall study but also various meteorological research fields, educations, commercials, etc.

キーワード：シチズンサイエンス、ビッグデータ、気象観測
Keywords: citizen science, big data, meteorological observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地すべり分野における斜面の危険度評価の取り組み
Efforts of landslide susceptibility mapping for slope disaster risk evaluation

*林 一成[1]、若井 明彦[2]、佐藤 剛[3]、木村 誇[4]、村田 健史[5]、渡邉 暁乃[2]
*Kazunori Hayashi[1], Akihiko Wakai[2], Go Sato[3], Takashi Kimura[4], Ken T. Murata[5], Akino Watanabe[2]

1. 奥山ボーリング株式会社、2. 群馬大学、3. 帝京平成大学、4. 防災科学技術研究所、5. 情報通信研究機構
1. Okuyama Boring Co., Ltd., 2. Gunma University, 3. Teikyo Heisei University, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster, 5. National Institute of Information and Communications Technology

本発表では，斜面のリスク評価に必要な地すべり危険度評価手法の現状や取り組みについて事例を紹介したい．斜面災害の発生様式は，地質・地形的な素因によってコントロールされる．例えば，未固結な火山噴出物からなる斜面では，表層崩壊や流動性の高い地すべりが発生する。また，層理面の連続性に富んだ堆積岩地域では，流れ盤斜面における大規模な並進すべりや，急崖をなす受け盤斜面において表層崩壊が発生し易い．すなわち，地すべりの危険度評価に用いられる要因データやその重みづけは，地域の地質・地形条件を背景とした地すべりの発生様式に対応したものとなる．一方で，実効雨量や土壌雨量指数といった雨量指標が土砂災害警戒情報の発表に利用されているが，地域の地質・地形条件を十分に考慮したものではない．このため，評価単位としての空間分解能は5km四方にとどまっており，斜面単位での地すべり危険度評価や危険領域の区分には課題が残されている．また，複雑な地質構造や地下水文条件を背景として発生するすべり面の深い大規模な地すべりの評価は一般には困難である．

本発表では，地質・地形条件を考慮した斜面の危険度評価手法の検討事例として，（公社）日本地すべり学会によるAHP法を用いた地すべり地形の危険度評価，地震時の地すべり危険度評価，および火山地域における豪雨時の斜面崩壊の危険度評価手法の開発，また，最新の取り組みとして，斜面浅部の地下水位上昇量の簡易予測式による評価手法などを紹介したい．

キーワード：地すべり、斜面、豪雨、地震、災害、危険度評価
Keywords: landslide, slope, heavy rainfall, earthquake, disaster, susceptibility mapping

©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-AG 応用地球科学

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[M-AG41] 福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態

コンビーナ:高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北 和之(茨城大学理学部)、恩田 裕一(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、津旨 大輔(一般財団法人　電力中央研究所)、座長:高橋 嘉夫(東京大学)、恩田 裕一(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

東日本大地震および津波の発生を契機として起こった東京電力福島第一原子力発電所事故により、放射性核種が飛散し、大気の拡散輸送過程により全球に拡散した。その後も、地表面に沈着した放射性物質の大気への再飛散や、放射性物質の吸着した土砂の海洋や河川湖沼への移動、森林・農作物、陸・海洋生物への移行など、地球環境中でさまざまな循環・相互作用が進行している。さらに、原発から放出されたセシウム濃集粒子について、近年多くの研究がなされ、炉内で起きた現象の解析やこの粒子の環境中での移行について多くの研究がなされてつつある。これら放射性核種の環境動態を理解し汚染の長期的な影響予測を行なうため、本セッションでは、地球環境科学の多くの分野に、放射化学や放射線計測技術などを加えた分野横断的な議論を行い、最新成果を広め、研究交流を深める場としたい。

13:45 ~ 14:00

[MAG41-01] 放射性Cs微粒子の基礎物性解明

*五十嵐 康人[1]、北 和之[2]、佐藤 志彦[3]、奥田 知明[4]、阿部 善也[5]、末木 啓介[6]、篠原 厚[7]、二宮 和彦[7]、大槻 勤[1]、高宮 幸一[1] (1.京都大学複合原子力科学研究所、2.茨城大学大学院理工学研究科、3.原子力機構国際廃炉研究センター、4.慶應義塾大学理工学部、5.東京理科大学理学部第一部、6.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、7.大阪大学大学院理学研究科)

14:00 ~ 14:15

[MAG41-02] 福島原発事故により発生した放射性微粒子の環境動態：加熱および溶解特性について

★招待講演

*奥村 大河[1]、山口 紀子[2]、土肥 輝美[3]、藤原 健壮[3]、飯島 和毅[3]、小暮 敏博[1] (1.東京大学、2.農業・食品産業技術総合研究機構、3.日本原子力研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[MAG41-03] 福島第一原発事故直後の大気中放射性ヨウ素の動態

*鶴田 治雄[1]、森口 祐一[2]、中島 映至[3] (1.リモート・センシング技術センター、2.東京大学、3.宇宙航空研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[MAG41-04] 福島県陸域におけるネプツニウム-237とプルトニウム同位体分布

*福田 美保[1]、Zheng Jian[1]、山崎 慎之介[1]、青野 辰雄[1] (1.量子技術研究開発機構　放射線医学総合研究所)

14:45 ~ 15:00

[MAG41-05] 山岳湖沼の群馬県榛名湖をフィールドとした放射性セシウムの大気から淡水環境への沈着に関する研究

*長尾 誠也[1]、宮坂 將平[2]、渡辺 峻[3]、鈴木 究真[3]、落合 伸也[1] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学大学院自然科学研究科、3.群馬県水産試験場)

15:00 ~ 15:15

[MAG41-06] Spatial variability of radiocesium deposition through the tree canopy via branchflow and stemflow

*Zul Hilmi Saidin[1]、Yuichi Onda[2]、Hiroaki Kato[2]、Momo Kurihara[2]、Kazuki Nanko[3]、Delphis F. Levia[4] (1.Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan、2.Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan、3.Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, Forestry and Forest Products

Research Institute, Tsukuba, Ibaraki, Japan、4.Departments of Geography, University of Delaware, Newark, Delaware, USA)

放射性Cs微粒子の基礎物性解明
Investigation on basic physical and chemical properties of radio-Cs micro particles

*五十嵐 康人[1]、北 和之[2]、佐藤 志彦[3]、奥田 知明[4]、阿部 善也[5]、末木 啓介[6]、篠原 厚[7]、二宮 和彦[7]、大槻 勤[1]、高宮 幸一[1]
*Yasuhito Igarashi[1], Kazuyuki Kita[2], Yukihiko Satou[3], Tomoaki Okuda[4], Yoshinari Abe[5], Keisuke Sueki[6], SHINOHARA ATSUSHI[7], Kazuhiko Ninomiya[7], Tsutomu Ohtshuki[1], Koichi Takamiya[1]

1. 京都大学複合原子力科学研究所、2. 茨城大学大学院理工学研究科、3. 原子力機構国際廃炉研究センター、4. 慶應義塾大学理工学部、5. 東京理科大学理学部第一部、6. 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、7. 大阪大学大学院理学研究科
1. Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 3. Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science, Japan Atomic Energy Agency, 4. Department of Applied Chemistry, Keio University, 5. Faculty of Science,Tokyo University of Science, 6. Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, 7. Graduate School of Science, Osaka University

The 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (F1NPP) accident caused several significant releases of radioactive particulates into the environment.The physical and chemical properties of these particles, which have not been known before,have been an area of significant study. It is suggested that these fine particulates could also remain,in significant amounts,inside the nuclear reactor cores where the accidents occurred. Though appropriate samples cannot currently be obtained from the inside of the stricken reactor cores, radioactive particles collected near to the site serve as a valuable evidence for elucidation of the accident events for each reactor unit explosion and as micro-scale samples of the residual fuel debris inside the reactors. Study of these particles can help to better establish an acceptable procedure for decommissioning (collection of molten fuel, etc., decontamination inside the reactor, safety of workers, etc.). Thus, it is necessary to investigate the physical and chemical properties using advanced micro-scale analytical methods, at the same time as examining effective separation and collection methods for the radioactive particles based on the obtained property information. This will all contribute to risk reduction of the whole "decommissioning" plan. Thus, we started the analysis of such radioactive particles by using the state-of-the-art technologies such as micro-X-ray analysis, Kelvin force microscopy, induced flourescent microscopy, etc. along with radiochemical analysis.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島原発事故により発生した放射性微粒子の環境動態：加熱および溶解特性について

Dynamics of radioactive microparticles released from the Fukushima nuclear plant: heating and dissolution characteristics

*奥村 大河[1]、山口 紀子[2]、土肥 輝美[3]、藤原 健壮[3]、飯島 和毅[3]、小暮 敏博[1]
*Taiga Okumura[1], Noriko Yamaguchi[2], Terumi Dohi[3], Kenso Fujiwara[3], Kazuki Iijima[3], Toshihiro Kogure[1]

1. 東京大学、2. 農業・食品産業技術総合研究機構、3. 日本原子力研究開発機構
1. The University of Tokyo, 2. National Agriculture and Food Research Organization, 3. Japan Atomic Energy Agency

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故により大量の放射性セシウムが放出され、東日本一帯が汚染された。放射性セシウムの多くはガス状で放出され、雨水とともに降下し土壌中の粘土鉱物等に吸着されたと考えられている。一方、一部の放射性セシウムは珪酸塩ガラスを主成分とする微粒子（radiocesium-bearing microparticle，CsMP）に含まれて飛散したことが明らかとなった。CsMPの多くは直径数ミクロンの球体であり、珪酸塩ガラスにCsとともにCl，K，Fe，Zn，Mn，Rb，Sn等が固溶している。放射性セシウムを吸着した土壌粒子に比べてCsMPは一粒子あたりの放射能が非常に高く、粒子近傍への放射線の影響が懸念されるが、CsMPの環境中での動態はほとんどわかっておらず、早急に解明する必要がある。本発表では、我々がこのCsMPの加熱、および溶解特性について調べた最近の結果を報告する。

CsMPを含む可能性がある高放射線量の汚泥や除染廃棄物等は減容化のために焼却処理が検討されている。そこで本研究ではCsMPを単離して大気中で加熱し、その挙動を調べた。加熱による放射能の変化を調べた結果、CsMPの放射能は600 ˚Cから徐々に減少し、1000 ˚Cまで加熱するとほぼ消失することがわかった。走査電子顕微鏡（SEM）でその形態と組成の変化を調べると、加熱後も形態には変化がないが、CsやKといったアルカリ元素、およびClはCsMPから脱離していた。一方、透過電子顕微鏡（TEM）で内部構造を調べるとFeやZn、SnはCsMP内部で酸化物の微結晶を形成していた。さらに福島で採取したマサ土とともにCsMPを加熱すると、脱離した放射性セシウムはマサ土中の鉱物に吸着されることがわかった。以上の加熱実験の結果から、十分に高温で焼却処理された廃棄物中にはCsMPのように放射能の高い粒子は残らないことが示唆された。

一方、これまでCsMPは“不溶性”粒子と報告されてきたが、その主成分は珪酸塩ガラスであるため、湿潤な環境では徐々に溶解が進むはずである。そこで我々は環境中から採取したCsMPを用いて溶解実験を行い、CsMPの溶解挙動や環境中での寿命を調べた。溶解実験ではCsMPを様々な温度条件で純水，人工海水，塩酸の3種類の溶液に浸潤し、放射能の減衰量からCsMPの溶解速度を見積もった。さらにアレニウスプロットを作成することで、各溶液での溶解の活性化エネルギーを算出した。こうして求められた活性化エネルギーは純水（ただし大気中の二酸化炭素の吸収によりpHは約5.2）で65 kJ/mol、海水で88 kJ/molであった。これより福島のおおよその平均気温および平均海水温である13 ˚CでのCsMPの溶解速度を推定した結果、海水中では純水中よりも1桁程度速く溶解することがわかった。海水中では10年程度で完全に溶解することが予想され、事故直後に海に落下したCsMPの多くは、現在では溶解され消失していることが示唆された。溶解実験前後のCsMPをSEMにより分析すると、純水ではガラスが溶解したことによりそのサイズが小さくなっており、形態は球形から複雑に変化していた。一方、海水中で溶解されたCsMPの場合、FeとMgに富む板状の二次鉱物が析出して殻を形成しており、その内部に溶け残ったガラスが存在していた。さらにpHを3に調整した塩酸にCsMPを浸潤した場合、初期は大きく放射能が減少したが、時間とともにその変化量は小さくなった。塩酸溶解後のCsMPの表面にはほぼSiO_2のみで構成された層が形成されており、これが不動態層となって溶解を妨げたと考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：微粒子、珪酸塩ガラス、セシウム、加熱、溶解、福島原発事故
Keywords: microparticle, silicate glass, cesium, thermal characteristics, dissolution, Fukushima nuclear plant accident

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島第一原発事故直後の大気中放射性ヨウ素の動態
Dynamics of atmospheric ^{131}I just after the Fukushima accident related to ^{137}Cs by analysis of published data

*鶴田 治雄[1]、森口 祐一[2]、中島 映至[3]
*Haruo Tsuruta[1], Yuichi Moriguchi[2], Teruyuki Nakajima[3]

1. リモート・センシング技術センター、2. 東京大学、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Remote Sensing Technology Center of Japan, 2. The University of Tokyo, 3. Japan Aerospace Exploration Agency

東電福島第一原子力発電所事故直後における放射性ヨウ素については、地表面への沈着量分布は多くのデータベースがあるが、大気中での観測データは非常に限られていたので、その動態はまだよくわからず、呼吸による内部被ばく量の評価の不確実性は大きい。一方、大気中の放射性セシウム(^{134}Cs, ^{137}Cs)は、事故直後のSPMテープろ紙中の分析により、その時空間分布が解明されてきた(Tsuruta et al., 2014)。そこで、^{131}Iの時空間分布の復元を目標に、事故直後に独立に測定された大気中の^{131}Iの公表データを、^{137}Csとともに総合的に解析し、新たに明らかになったことを報告する。解析に用いたデータは、JAEA-原子力科学研究所(NSRI:Ohkura et al., 2012)、文部科学省(MEXT, 2012)、米国エネルギー省/国家核安全保障局(USDOE/NNSA, 2011)、東京電力(TEPCO, 2011)などで、福島県東部と関東地方で独立に測定された。なお^{131}Iは、その半減期が約8日間と短いので、すべてのデータを原発が停止した3月11日午後に半減期補正して用いた(^{131}I*と表記した)。(1)多くの機関では、大気中の粒子状の放射性物質を第一段目のフィルター(HE-40TあるいはHE-40TA)で採取し、揮発性物質を第二段目のフィルターカートリッジ(CHC-50、ガス状ヨウ素の採取効率を高めるために10%のTEDAを添着)で別々に採取された。NSRIでは、これらのフィルターの分析も別々に実施され、第二段目のフィルターにも^{137}Csが測定されたので、この原因を詳細に検討した結果、主に放射性プルームの到達により測定/採取システムが汚染されたためと推定した(Ohkura et al., 2013;Tsuruta et al., to be submitted)。そこで、別々に分析された地点では、^{137}Cs濃度は第一段目のフィルターのデータだけを使用し、^{131}I濃度は両方のデータをそのまま使用した(粒子状とガス状のヨウ素は各^{131}I(a)と^{131}(g)と表記)。(2)高濃度の放射性プルーム中の^{131}(a+g)*/^{137}Csは、3グループ(A, B, C)に大別され、各10、75、360だった。また、^{131}(a)*/^{131}(a+g)* も同様に3グループで異なった。(3)これらは、測定地域に関係なくプルーム毎に異なった。グループAは、3月15日(プルームP2)と3月20日(P7、P8)および21日の午前中(P9)で、これらの比(10)はNishihara et al. (2012)の2号機と3号機のインベントリデータの比(9.7と9.2)に近かった。グループBは関東地方で3月16日(P4)に測定され、グループAより比が大きかった。グループCは3月21日午後から3月25日まで連続的に測定され、低濃度を示した^{137}Csに対して^{131}I(a+g)*が非常に高濃度だった。(4)グループCは、3月21日の午前中に炉内での何らかの変化により、相対的に高濃度の^{131}(a+g)*を含む放射性物質が放出され、少なくとも数日間継続されたと推測される。その原因の一つとして、注水作業の影響(例えば、Hidaka & Ishikawa, 2014)が考えられるが、この現象はこれまで注目されておらず、炉内事象を含めた詳細な検討が必要である。

謝辞：この研究の一部は、文部科学省科研費「ISET-R」および環境省推進費「5-1501」と「1-1802」および「S-12」で実施した。

キーワード：福島第一原子力発電所、大気中放射性ヨウ素、ヨウ素セシウム比、注水の影響
Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Atmospheric 131I, Ratios of 131I/137Cs, Effect of water supply

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島県陸域におけるネプツニウム-237とプルトニウム同位体分布
Distribution of ^{237}Np and Plutonium isotope in terrestrial environment in Fukushima Prefecture

*福田 美保[1]、Zheng Jian[1]、山崎 慎之介[1]、青野 辰雄[1]
*Miho Fukuda[1], Zheng Jian[1], yamazaki Shinnnosuke[1], Tatsuo Aono[1]

1. 量子技術研究開発機構　放射線医学総合研究所
1. National Institute for Quantum and Radiological Science and Technology, National Institute of Radiological Science

After the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station (FDNPS) happened in March 2011, large amounts of radionuclides released from the FDNPS into the atmosphere and marine environments.The total amounts of ^{134}Cs and ^{137}Cs, which are volatile materials, released from the accident were estimated as 18 PBq and 15 PBq, respectively. In contrast, those of ^{238}Pu,^{239}Pu and^{240}Pu, which are non-volatile materials, amounts were estimated as 0.0019 PBq, 0.0000032 PBq and 0.0000032 PBq and these amounts were not many compared to abundance before the accident (Report of Japan government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear safety, 2011). ^{241}Pu, half-life of which is about 14 year, detected in forest litter samples at some stations collected in April and May, 2011 and it is suggested that these samples were originated from the FDNPS accident also using the results of ^{240}Pu/^{239}Pu and^{241}Pu/^{239}Pu atomic ratio (Zheng et al., 2013). It is possible to identify origin to Pu and Np isotopes using not only Pu isotope atomic ratio such as ^{240}Pu/^{239}Pu and^{241}Pu/^{239}Pu but also ^{237}Np/^{239}Pu atomic ratio. Shozugawa et al (2012) reported that many radionuclides including^{239}Np in terrestrial environment soil and pine leaf collected in front of FDNPS and Iiidate Villege were measured. Other than Shozugawa et al (2012), reports for Np in Environment after the FDNPS accident was almost nothing. In this study, we discussed spatial distributions and origin for Neptunium (Np) and Pulutonium (Pu) based on the results of the Neptuniumand plutonium atom ratios (^{237}Np/^{239}Pu,^{240}Pu/^{239}Pu, ^{241}Pu/^{239}Pu) in soil samples collected in Fukushima Prefecture.Collected soil samples were air-dried,and then, ashed using muffle furnace at 450˚C at least 4 hours to decompose the organic matter (Wang et al., 2015). 0.57 pg of ^{242}Pu was used as recovery tracer for^{237}Np and Pu isotopes. Then, the anion-exchange resin AG MP-1M was used separated of ^{237}Np and Pu isotopes from u, Th and other interfaces (details for Haung et al. prepared).^{237}Np and Pu isotope measured using the Sector-Field ICP-MS. The ^{237}Np activity concentrations in soil samples were 1/100-1/1000 values compared to those of ^{239}Pu and ^{240}Pu. The rough profiles for these all radionuclide decreased with increasing core depth. Both ^{237}Np/^{239}Pu and ^{240}Pu/^{239}Pu atomic ratios were generally within global fallout ranges. Hereafter, it is necessary to elucidate factor controlling a values of outside the range in some layer were outside value.

This work was partially supported by Research and Development to Radiological Sciences in Fukushima Prefecture.

キーワード：福島第一原発事故、ネプツニウム-237、プルトニウム同位体
Keywords: Fukushima Dai-ichi Nuclear accident, 237Np, Pu isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山岳湖沼の群馬県榛名湖をフィールドとした放射性セシウムの大気から淡水環境への沈着に関する研究
Study on deposition of ^{134}Cs and ^{137}Cs from atmosphere to freshwater environment using a mountainous lake, Lake Haruna in Gunma Prefecture, Japan

*長尾 誠也[1]、宮坂 將平[2]、渡辺 峻[3]、鈴木 究真[3]、落合 伸也[1]
*Seiya Nagao[1], Shouhei Miyasaka[2], Shun Watanabe[3], Kyuma Suzuki[3], Shinya Ochiai[1]

1. 金沢大学環日本海域環境研究センター、2. 金沢大学大学院自然科学研究科、3. 群馬県水産試験場
1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 3. Gunma Prefectural Fisheries Experimental Station

The Great East Japan Earthquake occurred on 11 March 2011 and damaged the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) seriously. Through the FDNPP accident, a large amount of radiocesium was released to the environment. It is important to elucidate the short-term and long-term impacts of the accident on terrestrial environments.

This study investigated the deposition of ^{134}Cs and ^{137}Cs at a mountainous lake, Lake Haruna, which is located at 1084 m height in Gunma Prefecture, Japan. The lake has a small inflow stream and one outflow river with watershed of relatively high radiocesium accumulation area. The lake sediments were collected at two sites from northern part (HR1) and central part (HR2) of the lake by using a gravity corer in September 2015. The sediment core samples were sectioned for 1 cm interval. The sediment core was also collected at HR3 from central part of the lake in October 2017. After freeze-drying of the sectioned samples, the radioactivity of ^{134}Cs and ^{137}Cs were measured by a low background Ge detector of Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University and shows as Bq/kg in dry-sediment basis at the sampling date.

Radioactivity of ^{134}Cs and ^{137}Cs ranged from D.L. to 2,922 Bq/kg and from D.L. to 34,000 Bq/kg, respectively. Two peaks of the radioactivity are observed for the HR1 sediments at 2-3 cm and 5-6 cm depth in core. One distinct peak of the radioactivity of ^{134}Cs and ^{137}Cs is observed at 3-4 cm depth in the core of HR2. Maximum of the radioactivity is also detected for the HR3 sediment core (2,920 and 23,760 Bq/kg) at 4-5 cm depth. The sedimentation rate based on ^{210}Pb for the HR1, HR2 and HR3 was 0.14, 0.031and 0.026 g/cm^2/y, respectively. The higher sedimentation rate at HR1 shows two peaks, but lower sedimentation rate at HR2 and HR3 show one peak of radiocesium concentration. However, the inventory of ^{134}Cs is almost constant (2.1-2.3 x10^4 Bq/m^2) for the three sampling sites. Two major deposition was observed in the middle of March and the early of April 2011 from the monitoring data of air gamma-ray dose rate at Takasaki and the fallout analysis of radiocesium at Maebashi in Gunma Prefecture. These results suggest that the accumulation of rediocesium at Lake Haruna mainly results from atmospheric deposition and shows short-term deposition to the bottom sediment at early stage of the accident.

キーワード：湖底堆積物、堆積速度、放射性セシウム
Keywords: lake sediment, sedimentation rate, radiocesium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial variability of radiocesium deposition through the tree canopy via branchflow and stemflow

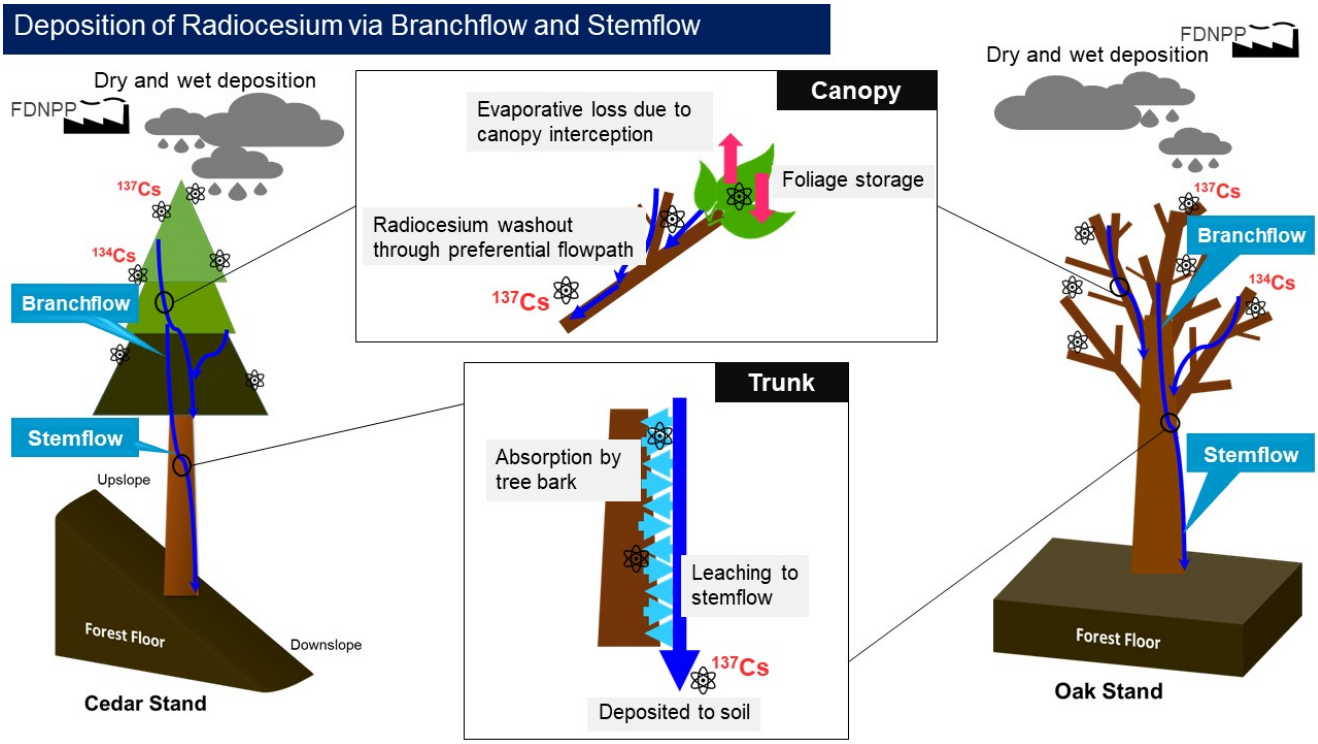
*Zul Hilmi Saidin[1], Yuichi Onda[2], Hiroaki Kato[2], Momo Kurihara[2], Kazuki Nanko[3], Delphis F. Levia[4]

1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 2. Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 3. Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 4. Departments of Geography, University of Delaware, Newark, Delaware, USA

This study aims to clarify the spatial variability radiocesium deposition through the tree canopy via branchflow and stemflow in the aftermath of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Working in both a coniferous forest (*Cryptomeria japonica*, young Japanese cedar stands, mean height is 10.9 m, mean DBH is 0.560 m) and a mixed deciduous broadleaved forest (*Quercus serrata*, Japanese oak stands, mean height is 14.3 m, mean DBH is 0.789 m), we investigated the fate of radiocesium transported by branchflow from upper and lower portions of canopy and deposited by stemflow at trunk-based. Particular attention was paid to the leachable radiocesium at the tree canopy and the mechanism of radiocesium transport via stemflow and branchflow. In addition, we used isotopes to clarify the signature of evaporation loss via branchflow and stemflow on its routing through the canopy. Significant variability of ^{137}Cs concentration was detected among the sampling periods and differed between the two forests, with the oak stand generally exhibiting higher a ^{137}Cs concentration than the cedar stand. The preliminary results further revealed that the ^{137}Cs concentration was larger from dead foliage as compared to mixed and young foliage at the branchflow of cedar stand. Radiocesium leached more in lower stemflow of the trunk compared to upper trunk stemflow, possibly due to the increased residence time of stemflow on the lower reaches of the trunk. We also found that the isotopic composition of branchflow was generally enriched in δ^{18}O and δD compared to open rainfall and throughfall. However, the differences in enrichment between branchflow and stemflow remain unclear. Canopy architecture and canopy cover affected the cycling of radiocesium in stemflow and branchflow by foliage storage and washout capacity.

Keywords: Radiocesium leaching, Isotopic composition, Stemflow and branchflow, Coniferous and broadleaved forests, Canopy architecture, Canopy cover

©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 M (領域外・複数領域)：M-AG 応用地球科学

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[M-AG41] 福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態

コンビーナ:高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北 和之(茨城大学理学部)、恩田 裕一(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、津旨 大輔(一般財団法人　電力中央研究所)、座長:北 和之(茨城大学)、津旨 大輔(一般財団法人　電力中央研究所)

東日本大地震および津波の発生を契機として起こった東京電力福島第一原子力発電所事故により、放射性核種が飛散し、大気の拡散輸送過程により全球に拡散した。その後も、地表面に沈着した放射性物質の大気への再飛散や、放射性物質の吸着した土砂の海洋や河川湖沼への移動、森林・農作物、陸・海洋生物への移行など、地球環境中でさまざまな循環・相互作用が進行している。さらに、原発から放出されたセシウム濃集粒子について、近年多くの研究がなされ、炉内で起きた現象の解析やこの粒子の環境中での移行について多くの研究がなされてつつある。これら放射性核種の環境動態を理解し汚染の長期的な影響予測を行なうため、本セッションでは、地球環境科学の多くの分野に、放射化学や放射線計測技術などを加えた分野横断的な議論を行い、最新成果を広め、研究交流を深める場としたい。

15:30 ~ 15:45

[MAG41-07] 福島第一原子力発電所事故後の森林土壌中放射性セシウム深度分布の経年変化

★招待講演

*高橋 純子[1]、日原 大智[1]、佐々木 拓哉[1]、恩田 裕一[1] (1.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

15:45 ~ 16:00

[MAG41-08] 新田川流域における除染による河川の放射性物質濃度・フラックスの変化とモデル化

*恩田 裕一[1]、山中 邑樹[1]、脇山 義史[2]、谷口 圭輔[3]、久保 貴旺[1] (1.筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、2.福島大学環境放射能研究所、3.福島県環境創造センター)

16:00 ~ 16:15

[MAG41-09] 新田川河口海域における台風Wilpaによる出水イベントに伴う懸濁態放射性セシウムの沿岸輸送について

*徳永 夏樹[1]、内山 雄介[1]、津旨 大輔[2]、山田 正俊[5]、立田 穣[2]、伊藤 友加里　[3]、石丸 隆[3]、渡邉 豊[7]、池原 研[4]、福田 美保[6] (1.神戸大学、2.電力中央研究所、3.東京海洋大学、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所、5.弘前大学、6.放射線医学総合研究所、7.北海道大学)

16:15 ~ 16:30

[MAG41-10] 福島県沖陸棚海域の海底近傍における高濁度層を構成する粒子の粒径分布ならびに放射性セシウム濃度

*帰山 秀樹[1]、古市 尚基[2]、杉松 宏一[3]、重信 祐弥[1]、三木 志津帆[1]、森田 貴己[1]、安倍 大介[1]、市川 忠史[1] (1.水産研究・教育機構　中央水産研究所、2.水産研究・教育機構　水産工学研究所、3.水産研究・教育機構　西海区水産研究所)

16:30 ~ 16:45

[MAG41-11] 2017年夏季の北太平洋亜寒帯域における福島第一原子力発電所事故由来放射性セシウムの分布

★招待講演

*熊本 雄一郎[1]、青山 道夫[2]、浜島 靖典[3]、村田 昌彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.福島大学、3.金沢大学)

16:45 ~ 17:00

[MAG41-12] Temporal and spatial variations of radiocaesium in the East China Sea and Sea of Japan until 2018

*青山 道夫[1]、猪股 弥生[2]、浜島 靖典[2] (1.福島大学環境放射能研究所、2.金沢大学環日本海域環境研究センター)

福島第一原子力発電所事故後の森林土壌中放射性セシウム深度分布の経年変化

Temporal changes in vertical distributions of radiocesium in forest soils after the FDNPP accident

*高橋 純子[1]、日原 大智[1]、佐々木 拓哉[1]、恩田 裕一[1]
*Junko Takahashi[1], Daichi Hihara[1], Takuya Sasaki[1], Yuichi Onda[1]

1. 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター
1. Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

日常的に人が立ち入らない森林については積極的な除染が行われないことから、森林環境中の放射性セシウムの長期的な動態予測と影響評価が求められている。とくに、福島の場合はチェルノブイリ事故の影響地域と比較して、リター層から鉱質土層への放射性セシウムの移行が早いことが示されつつあり、鉱質土層内での下方移行や挙動の把握が重要である。そこで、福島県川俣町山木屋地区（旧計画的避難区域）に位置する3つの森林（混交林、スギ壮齢林、スギ若齢林）において、2011年6月から土壌中の放射性セシウム濃度について詳細な深度分布モニタリングを実施した。リターおよび土壌は、スクレーパープレートを用いて0-5cmを0.5cm間隔、5-10cmを1cm間隔、10-20cmを5cm間隔で採取した。また、2017年からはテンションフリーライシメータにより定期的にリター浸透水および土壌浸透水を採取し、溶存態の形態で下方移行している放射性セシウム量の評価を試みた。得られた試料は乾燥・篩別、あるいはろ過後、ゲルマニウム半導体検出器でセシウム137を測定した。

スギ若齢林では、林床（リター層＋土壌20cmまで）のセシウム137存在量は、樹冠からの二次的な沈着を反映して、時間とともに増加した。一方、混交林とスギ壮齢林では明確な傾向は認められなかった。林床のセシウム137存在量に占めるリター層中セシウム137存在量の割合については、いずれの地点でも時間に対して指数関数に減少する傾向を示した。リター層中のセシウム137濃度についても、若齢林を除いて時間とともに指数関数に減少する傾向が示され、いずれの地点でも、事故後2-3年の間にリター層中の濃度は土壌最表層（0-0.5cm）の濃度を下回った。スギ壮齢林では、2017年8月から1年間でリターから土壌へ降雨後の重力水により浸透したセシウム137は約0.60 kBq m^{-2}であり、深度分布の変化から予想される下方移行の約7%を占めていた。同様に土壌5cm深、10cm深、20cm深を通過したセシウム137は1年間にそれぞれ0.12 kBq m^{-2}, 0.011 kBq m^{-2}, 0.015 kBq m^{-2}であり、約3-6%が降雨後の浸透水とともに下方移行していたと推測された。セシウム137濃度、フラックスともに夏に高くなる傾向が認められ、浸透水中の溶存有機炭素も同様の傾向であったことから、リターや土壌有機物の分解に伴ってセシウム137が溶出し、下方浸透した可能性が示唆された。

鉱質土壌中のセシウム137濃度は、調査期間を通じて深くなるにつれて指数関数的に減少する分布となり、指数関数式でよく近似された。セシウム137濃度に対する緩衝深度は、スギ壮齢林とスギ若齢林では1年間に0.08 cmという一定の速度での増加が認められた。一方、混交林では、5cm以下のセシウム137存在量が明確に増加しているにも関わらず、緩衝深度の経時変化は認められなかった。

キーワード：福島第一原子力発電所事故、森林土壌、セシウム137、スクレーパープレート、テンションフリーライシメーター
Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident , forest soil, Cs-137, scraper plate, tension-free lysimeter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新田川流域における除染による河川の放射性物質濃度・フラックスの変化とモデル化

Change of sediment sources in suspended sediments due to surface decontamination in the Niida river catchment area affected by the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident

*恩田 裕一[1]、山中 邑樹[1]、脇山 義史[2]、谷口 圭輔[3]、久保 貴旺[1]
*Yuichi Onda[1], Yuki Yamanaka[1], Yoshifumi Wakiyama[2], Keisuke Taniguchi[3], Takaaki Kubo[1]

1. 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、2. 福島大学環境放射能研究所、3. 福島県環境創造センター
1. Center for Research on Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, 2. Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, 3. Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation

福島第一原子力発電所の事故により放射性物質が多量に沈着した地域では，国谷地法自治体により，除染作業が行われてきた。このような除染により空間線量率の低下が期待される一方で，除染による地表面状態の変化から，下流へ土砂移動に変化がおこる可能性がある。そこで，本研究においては，除染による土砂動態の変化および^{137}Cs 動態との関係解明を目的として、新田川での観測および過去のデータの解析を行った。

新田川下流の原町地点では2012年から、鮭川橋地点、野手上北地点、蕨平地点では 2014 年から、浮遊土砂^{137}Cs 濃度、水流出量、浮遊土砂流出量の観測を行っている。浮遊土砂^{137}Cs 濃度はいずれの地点でも指数関数的な減少傾向を示した。原町地点では、浮遊土砂の年間流出量が、2013 年から 2015 年まで増加傾向を示したのち、2016 年から 2018 年にかけて減少傾向を示した。除染作業が 2012 年から 2016 年まで行われていたことから、除染によって浮遊土砂の流出が促進されたと考えられた。一方で同地点における^{137}Cs 流出量は 2015 年に最大となり、2016 年には除染地から^{137}Cs 濃度の低い土砂が流出したと考えられた。野手上北地点では除染期間中には陸上に土砂供給源があったことを示すヒステリシスループが見られたが、除染終了後にはそのようなヒステリシスループの頻度が小さくなった。さらに、USLEを用いて除染を行った場合と除染を行わなかった場合の土砂流出量を推定した結果、除染を行った場合の土砂流出量推定値の方が大きかった。以上のことから、除染は河川中の土砂の^{137}Cs　濃度を低下させる一方で、土砂流出が促進されたことが明らかになった。

キーワード：セシウム137、浮遊砂、新田川、除染
Keywords: Cs-137, suspended sediment, Niida river, Decontamination works

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新田川河口海域における台風Wilpaによる出水イベントに伴う懸濁態放射性セシウムの沿岸輸送について

Neasrshore transport of suspended radiocesium In the Fuksima Coast derived from Niida River induced by Typhoon Wipha

*徳永 夏樹[1]、内山 雄介[1]、津旨 大輔[2]、山田 正俊[5]、立田 穣[2]、伊藤 友加里 [3]、石丸 隆[3]、渡邉 豊[7]、池原 研[4]、福田 美保[6]
*Natsuki Tokunaga[1], Yusuke Uchiyama[1], Daisuke Tsumune[2], Masatoshi Yamada[5], Yutaka Tateda[2], Yukari Ito[3], Takashi Ishimaru[3], Yutaka Watanabe[7], Ken Ikehara[4], Miho Fukuda[6]

1. 神戸大学、2. 電力中央研究所、3. 東京海洋大学、4. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、5. 弘前大学、6. 放射線医学総合研究所、7. 北海道大学
1. Kobe University, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 5. Hirosaki University, 6. National Institute of Radiological Sciences, 7. Hokkaido University

The Fukushima Nuclear Power Plant (FNPP) accidentally leaked substantial amount of radiocesium to the environment in March 2011. The radiocesium is known to have three input pathways to the marine environment: atmospheric deposition,direct discharge from the FNPP, and river discharges. The last process has lagged behind the accident by occasional floods that have delivered terrestrial deposition through hydrological processes, while the other two processes occurred immediately after the accident. Therefore, the local coastal seas have suffered from continuous contamination due to riverine suspended radiocesium inputs that must be assessed carefully. Niida River,Fukushima,has been a source of riverine suspended radiocesium even after the FNPP accident, as its watershed was prominently covered with the atmospheric deposition at the accident.

In this study, we examined the oceanic dispersal and inventories of the sediments and suspended radiocesium deposited in the ocean floor derived from Niida River byusing a quadruple nested JCOPE2-ROMS 3D oceanic circulation model in a high-resolution configuration at the lateral grid spacing of 50 m.This model is coupled with a 3D multi-class sediment transport model along with a two-layer stratigraphy model of the marine bed,the iRIC-Nays 2DH river sediment transport model,the SWAN spectral wave model,and a static radiocesium absorption model. A particular attention was paid to the storm and subsequent flood event associated with Typhoon 201326 (Wipha)passed off the Fukushima Coast in October 2013,which provoked an enormous amount of precipitation,subsequent increase of the riverine freshwater discharge, and associated sediment and suspended radiocesium fluxes to the ocean. The model results were diagnosed with a guide of several in situ observed data collected in the Fukushima Coast after the storm. We found that the modeled and observed lateral and vertical distributions of sediment grain sizes and attached radiocesium concentrations were reasonably well correlated and consistent each other. We then investigated the accumulation and erosion of the sediments and resultant suspended radiocesium distribution around the river mouth and nearshore areas along the Fukushima Coast.

キーワード：懸濁態放射性セシウム、ROMS
Keywords: suspended radiocesium, ROMS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島県沖陸棚海域の海底近傍における高濁度層を構成する粒子の粒径分布ならびに放射性セシウム濃度

Particle size distribution and radiocesium concentration in suspended particles within the high turbidity layer at near sea bottom off Fukushima prefecture

*帰山 秀樹[1]、古市 尚基[2]、杉松 宏一[3]、重信 祐弥[1]、三木 志津帆[1]、森田 貴己[1]、安倍 大介[1]、市川 忠史[1]
*Hideki Kaeriyama[1], Naoki Furuichi[2], Kouichi Sugimatsu[3], Yuya Shigenobu[1], Shizuho Miki[1], Takami Morita[1], Daisuke Ambe[1], Tadafumi Ichikawa[1]

1. 水産研究・教育機構　中央水産研究所、2. 水産研究・教育機構　水産工学研究所、3. 水産研究・教育機構　西海区水産研究所
1. National Research Institute of Fisheries Science, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2. National Research Institute of Fisheries Engineering, Japan Fisheries Research and Education Agency, 3. Seikai National Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency

The Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident of March 2011 resulted in the release of radiocesium to the ocean. The concentration of Fukushima-derived ^{137}Cs in pelagic fishes had been decreased drastically during two years from the accident, associated with the concentration of dissolved ^{137}Cs due to the dispersion and dilution of seawater. The concentration of ^{137}Cs in demersal fishes had also been decreasing for eight years, although the decreasing rates of them are slower than those of pelagic fishes. The seabed sediment in the coastal region of Fukushima revealed higher concentration of ^{137}Cs than those observed before the accident. To elucidate the fate of Fukushima-derived radiocesium in the oceanic environment, the benthic ecosystem in the coastal region of Fukushima is the most important study area.

In this study, we focused on the high turbidity layer observed at near sea bottom as a possible source of radiocesium for the benthic organisms in the coastal region of Fukushima. Field observation was conducted in the coastal region off Fukushima and nearby prefectures during June–July 2018. The LISST-200X was used for obtaining the vertical profiles of volumetric concentration of particles and particle size frequency at 28 stations. LISST-HOLO was used concurrently at some stations shallower than 200 m to obtain holographic image of particle. To measure the concentration of ^{137}Cs in suspended materials, large volume *in-situ* pump was deployed on the sea bottom for collecting suspended materials just above the sea bottom (ca. 80 cm above bottom) at three stations.
The volumetric concentration of particle (especially >100 μm) was increased with depth and formed a peak at pycnocline and was decreased with depth. From holography images, diatom colonies and crustacean plankton (copepod) frequently observed at this peak may represent the sub-surface chlorophyll peak was developed around pycnocline. The increase of volumetric concentration of particle were also observed at near sea bottom at some stations located around continental shelf (ca. 100–200 m depth). The particles of 10–100 μm were abundant at this high turbidity sea bottom boundary layer, on the other hands the particles within this size range were less abundant in the above water column. The holography images of particles represented variable forms including crustacean plankton (copepod), rod shape fragment and amorphous detritus at the high turbidity sea bottom boundary layer. The ^{137}Cs concentration of suspended particle collected at near sea bottom ranged from 0.1 to 0.2 Bq g-dry^{-1} and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

was 2 to 13 times higher than that in the sea bottom sediment at same location. These results (10–100 μm particles abundant in sea bottom boundary layer and relatively high ^{137}Cs concentration in this particles) revealed the high turbidity layer at near sea bottom could be one of the sources for radiocesium uptake by the benthic organisms. Further studies needed to verify the role of this suspended particles not only the variability of ^{137}Cs concentration, but also portion of organic fraction, particle size distribution, and the horizontal distribution of particles in the continental shelf area off Fukushima.

キーワード：福島第一原子力発電所事故、放射性セシウム、高濁度層、粒径分布
Keywords: Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Radiocesium, high turbidity layer, particle size distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2017年夏季の北太平洋亜寒帯域における福島第一原子力発電所事故由来放射性セシウムの分布

Fukushima-derived radiocesium in the subarctic region of the North Pacific Ocean in the summer of 2017

*熊本 雄一郎[1]、青山 道夫[2]、浜島 靖典[3]、村田 昌彦[1]
*Yuichiro Kumamoto[1], Michio Aoyama[2], Yasunori Hamajima[3], Akihiko Murata[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 福島大学、3. 金沢大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Fukushima University, 3. Kanazawa University

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故によって、20--40 PBqの放射性セシウムが環境中に放出されたと推定されている。そのうちの7–8割は北太平洋に沈着・流出したと見積もられているが、それらのほとんどは海水に溶けた状態で存在する。そのため福島事故由来の放射性セシウムは、海水混合によって希釈されながら表層水の流れに沿って北太平洋全域に広がりつつある。これまでの研究によって、日本近海に沈着・流出した放射性セシウムは北太平洋の中緯度を表面海流に乗って東に運ばれ、事故から約4年が経過した2015年には北米大陸の西海岸に到達したことが分かっている。演者らは2017年夏季に北太平洋亜寒帯域において実施された海洋研究開発機構「白鳳丸」航海において海水試料を採取し、その中の放射性セシウム濃度を測定した。福島事故起源^{134}Csの濃度は、希釈と放射壊変（半減期は約2年）によって現在1 Bq m^{-3}以下まで低下しているため、濃縮しなければ測定することができない。濃縮には、仏国Triskem社製のCsレジン（potassium nickel ferrocyanate on polyacrylnitrile, KNiFC-PAN）を用いた。海水試料約40 Lを50 ml min^{-1}の流速で5 ml（約1 g）のCsレジンに通水することで、レジンに放射性セシウムを濃縮した。海水試料にはキャリアとして塩化セシウム（^{133}Cs）を加え（濃度約100 ppb）、その通水前と通水後の濃度差から放射性セシウムの回収率を約95%と見積もった。陸上実験室に持ち帰ったCsレジンは洗浄後、海洋研究開発機構むつ研究所、または金沢大学環日本海域環境研究センター低レベル放射能実験施設の低バックグランドGe半導体検出器を用いてγ線分析に供され、^{134}Csの放射能濃度が求められた。東部北太平洋のアラスカ湾を横断する東西（北緯47度線）と南北（西経145度線）の2本の観測線に沿った鉛直断面図によると、深度300mまでの表層において東側及び北側の観測点、すなわち北米大陸沿岸により近い観測点で事故起源^{134}Csの濃度が高くなっていた（放射壊変を補正した濃度で最高6 Bq m^{-3}）。これは北米大陸に到達した福島事故起源^{134}Csが北米大陸に沿って北上し、さらに北太平洋の高緯度（北緯50--60度）を西向きに運ばれていることを示唆している。本研究によって得られた結果から、今後数年以内に福島事故起源^{134}Csが北太平洋亜寒帯の反時計周りの循環流、すなわち北太平洋亜寒帯循環流に沿って日本近海に回帰してくることが予測された。

キーワード：福島第一原子力発電所事故、放射性セシウム、北太平洋
Keywords: Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, radiocesium, North Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Temporal and spatial variations of radiocaesium in the East China Sea and Sea of Japan until 2018

*青山 道夫[1]、猪股 弥生[2]、浜島 靖典[2]
*Michio Aoyama[1], Yayoi Inomata[2], Yasunori Hamajima[2]

1. 福島大学環境放射能研究所、2. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Institute of Environmnetal Radioactivity, Fukushima University, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

The temporal and spatial variations of radiocaesium activity concentrations in the Sea of Japan (SOJ) and the East China Sea were investigated. We also investigated transport process from the North Pacific Ocean to the SOJ through the East China Sea (ECS) during 2012–2018. Since 2012, increase of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant derived ^{137}Cs activity concentrations were observed in the East China Sea (ECS) and Sea of Japan (SOJ) and reached maxima in 2014/2015 in the ECS and in 2015/2016 in the SOJ. In the ECS, the FNPP1-^{137}Cs activity concentrations tend to decrease after 2016. In 2017 and 2018, decreasing trend of FNPP1-^{137}Cs activity concentrations were also found in the SOJ. The propagation of Fukushima-derived radiocaesium in surface seawater from the ECS into the SOJ required approximately one year. The maximum FNPP1-^{137}Cs activity concentration at each monitoring station was 0.9-1.4 Bqm^{-3}, which contribute to about 40-49% increase against those to the ^{137}Cs activity concentration derived from the global fallout. It appeared that ^{134}Cs/^{137}Cs activity ratios indicated that part of the FNPP1-derived ^{137}Cs and ^{134}Cs was transported with 4-5 years-time scale to the ECS and then to the SOJ via Subtropical Mode Water from the North Pacific southern part of Japan (Inomata et al., 2018). In the ECS, clear meridional distribution of radiocaesium was observed in 2018. ^{137}Cs activity concentrations was low at Yonaguni and Ishigaki, south of ECS and high at west of Kyushu, north of ECS.

キーワード：放射性セシウム、福島原発事故、日本海、東シナ海
Keywords: Radiocaesium, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Sea of Japan, East China Sea

©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-TT 計測技術・研究手法

2019年5月26日(日) 13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[M-TT48] 地球化学の最前線

コンビーナ:角野 浩史(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)、横山 哲也(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、小畑 元(東京大学大気海洋研究所海洋化学部門海洋無機化学分野)、座長:角野 浩史、小畑 元(東京大学大気海洋研究所)、横山 哲也(東京工業大学)

地球惑星科学は、新しい化学分析技術を導入し、化学の視点を取り入れることにより、大きな発展を遂げ、新たなフロンティアを開拓することに成功してきた。分析技術の発展により、我々は大量の情報、あるいは全く新しい測定結果を得ることが可能となったが、データは複雑化し、その解析にはより精密かつ高度な専門知識が必要となりつつある。そのため、日本の地球惑星科学がさらに大きく発展し、世界の先導的立場であり続けるためには、最先端の化学的手法を開発する研究者と、それを応用する研究者が分野の垣根を越えて知識を共有し、相互に意思疎通を図りながら新たなブレークスルーを目指していくことが必要である。 本セッションでは、萌芽的なものも含めた先端的分析技術、最新の研究成果を持ち寄って、その意義や問題点を検討し、将来の研究の方向性や研究協力の可能性を議論する機会を提供することを目的とする。 また、今後の地球化学をリードする研究計画の提案を含んだ発表や、地球化学の将来を長期的に展望した発表の申込みを歓迎する。地球惑星科学の様々な分野の研究者が参加し、分野を横断した議論を行うことを期待する。

13:45 ~ 14:00

[MTT48-01] データ科学の手法による地球化学データ解析

★招待講演

*上木 賢太[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[MTT48-02] SIMSによる玄武岩質ガラスの水素、硫黄同位体比分析法とその応用

*清水 健二[1]、牛久保 孝行[1]、村居 呂一[2]、松浦 史宏[2]、上野 雄一郎[2] (1.海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.東京工業大学)

14:15 ~ 14:30

[MTT48-03] 高速多点レーザーアブレーション-ICP-MS法による金属中の親鉄性元素分析

*槇納 好岐[1]、黒木 康生[2]、平田 岳史[1] (1.東京大学大学院　理学系研究科　地殻化学実験施設、2.Thermo Fisher Scientific)

14:30 ~ 14:45

[MTT48-04] Iron isotopic compositions of Luna 16, 20, 24 soils

★Invited Papers

*岡林 識起[1]、横山 哲也[1]、平田 岳史[2]、寺門 和夫[3]、Erick Galimov[4] (1.東京工業大学理学院、2.東京大学大学院理学系研究科、3.日本宇宙フォーラム、4.ロシア科学アカデミー地球化学研究所)

14:45 ~ 15:00

[MTT48-05] 非晶質炭酸カルシウムの結晶化による局所U–Pb年代測定のための標準カルサイトの合成

*宮嶋 佑典[1]、斉藤 綾花[1]、鍵 裕之[1]、横山 立憲[2]、平田 岳史[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.日本原子力研究開発機構東濃地科学センター)

15:00 ~ 15:15

[MTT48-06] Magnetic mapping of a speleothem from the southern Pacific with a scanning SQUID microscopy and its magnetic mineralogy

*福與 直人[1,2]、小田 啓邦[3]、横山 祐典[1,2]、Geoffrey Clark[4]、山本 裕二[5] (1.東京大学大気海洋研究所、2.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、3.産業技術総合研究所地質情報研究部門、4.オーストラリア国立大学アジア太平洋学部、5.高知大学 海洋コア総合研究センター)

データ科学の手法による地球化学データ解析
Data science approaches to geochemical data analysis

*上木 賢太[1]
*Kenta Ueki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

近年の計測時術の進展、データベースの急速な充実や計算機速度の向上を背景として、様々な分野で「データ科学」が急速に発展しつつある。地球科学においても、機械学習、多変量解析や人工知能といったデータ科学の手法を用いたデータ解析手法が発展しつつある。地球化学データは、多変量・多サンプルの複雑なデータである。データ科学の手法をもちいることで、多量のデータから、客観的かつ再現性がある形で特徴やパターンを抽出し、それらの特徴やパターンをもたらした地球科学プロセスの議論を行うことが可能となる。本講演では、著者らが進めてきた、異なるテクトニックセッティングに算出するマグマの化学組成に基づいた判別と特徴抽出や、岩石化学組成の統計的モデリングに基づいた日本列島地殻化学組成分布などの例を示しながら、地球化学におけるデータ科学の可能性について議論する。

キーワード：データ科学、地球化学データ
Keywords: Data science, Geochemical data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

SIMSによる玄武岩質ガラスの水素、硫黄同位体比分析法とその応用
Rapid *in situ* analyses of hydrogen and sulfur isotope ratios in basaltic glass by SIMS and their appilications

*清水 健二[1]、牛久保 孝行[1]、村居 呂一[2]、松浦 史宏[2]、上野 雄一郎[2]
*Kenji Shimizu[1], Takayuki Ushikubo[1], Tomokazu Murai[2], Fumihiro Matsuura[2], Yuichiro Ueno[2]

1. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、2. 東京工業大学
1. Kochi Core Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Tokyo Institute of Technology

We developed rapid and accurate *in situ* analyses of hydrogen and sulfur isotope ratios of basaltic glass using high-resolution, multi-collection secondary ion mass spectrometry (CAMECA IMS-1280HR). Hydrogen and sulfur isotopes of standard basaltic glasses were determined by a high-temperature conversion elemental analyzer/isotope ratio mass spectrometer (IRMS) and IRMS, respectively. For the *in situ* analysis of sulfur isotopes, a defocused Cs beam (~0.5 nA; ~10 μm diameter) was used, but for hydrogen isotopes, we used a larger defocused beam (~5 nA; ~15 μm diameter) to decrease the hydrogen background. For analyses of D/H ($^{34}S/^{32}S$) ratios, ^{16}OH (^{32}S) and ^{16}OD (^{34}S) were measured in multi-detection mode with a Faraday cup and an axial electron multiplier, respectively. Each measurement lasted 6–7 minutes. Precisions (2 standard errors) for D/H and $^{34}S/^{32}S$ ratios were ~6 ‰(H_2O > 1 wt%) and ~0.6 ‰(S > 1000 ppm), respectively. Our developed method for rapid and high spatial resolution analysis can determine concentrations of volatiles, hydrogen and sulfur isotopes in a single small melt inclusion of ~30 μm diameter. Using this method, we analyzed hydrogen and sulfur isotope ratios of submarine basaltic glasses from mid-oceanic ridges and oceanic islands of Hawaii and confirmed that their D/H and S isotope ratios were consistent with reported values.

キーワード：SIMS、水素同位体比、硫黄同位体比、玄武岩質ガラス
Keywords: SIMS, hydrogen isotope, sulfur isotope, basaltic glass

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高速多点レーザーアブレーション-ICP-MS法による金属中の親鉄性元素分析

Determination of siderophile elements in metallic materials using multiple spot laser ablation-ICP-MS technique

*槇納 好岐[1]、黒木 康生[2]、平田 岳史[1]
*Yoshiki Makino[1], Yasuo Kuroki[2], Takafumi Hirata[1]

1. 東京大学大学院　理学系研究科　地殻化学実験施設、2. Thermo Fisher Scientific
1. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Thermo Fisher Scientific

Abundances of siderophile elements in metallic phase of the meteorites can provide various cosmochemical information for the formation sequence of the core formation on the small planets including planetesimals[1]. Among the siderophile elements, fractionation pattern of Mo and W relative to other refractory siderophiles of similar volatility (Re, Os, Ir, Ru, Pt) reflects the oxygen fugacity or the partial pressure of oxygen in early solar system[2]. Despite this, sensitive and precise elemental analysis on metallic materials have been retarded mainly due to analytical difficulties, originating from low concentration of the elements and matrix effects.

Laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS) has been used as a method to directly determine trace elemental composition in a metallic iron[3, 4]. With the LA-ICP-MS technique, multi-element determinations for trace-elements can be achieved. Moreover, with the newly developed multiple spot laser ablation protocol, elemental sensitivity and analysis repeatability can be further improved, and now the elemental determinations for trace-elements with concentrations of lower than ng g^{-1} can be made.

One of the major analytical difficulty to obtain reliable abundance data for analytes would be the availability of calibration standard with proper concentration ranges. This is the main reason why resulting abundance values for the trace-elements became erroneous. Faced with this, we have developed new analytical protocol using multi-spot laser ablation technique using a Galvanometric optics (msLA-ICP-MS). With the multiple spot ablation, two or more solid samples can be ablated almost at a same time, and the laser ablation induced sample aerosol could be mixed and introduced into the ICP-MS, suggesting that mixing, dilution of analytes, and spiking of second elements can be made just like a treatment of solution samples. This suggests that concentration ranges of the analytes can be adjusted, and therefore, the ranges of the calibration curve can be fit to the concentration range of the analytes.

In this study, present msLA-ICP-MS was applied for elemental determinations of 35 trace elements (B, C, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Sn, Sb, La, Ce, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Pb) in 13 various metallic materials (iron meteorite, low alloy steel, stainless steel, tool steel). Hence, concentration range for the analytes were adjusted by mixing two standard materials (JSS 654 stainless steel and Hoba IV iron meteorite). To evaluate the accuracy of the measurements, abundances of Cr in various materials were measured by the msLA-ICP-MS technique. The resulting abundance values for Cr was 7080±120 $\mu g\ g^{-1}$ for NIST SRM 661 (low alloy steel), 15.78±0.41 % for JSS 650 (stainless steel), 23270±430 $\mu g\ g^{-1}$ for JSS 603 (tool steel). These results exhibited good agreement with the literature values within 5 %. The detection limit calculated from the calibration curve is about 1 $\mu g\ g^{-1}$, thus the measurement with about 6 orders of magnitude in dynamic range could be made. The precision of the

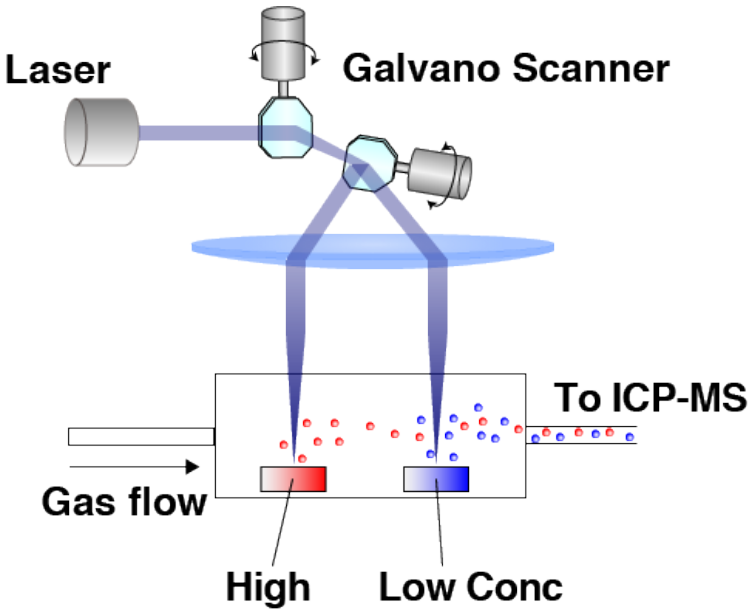
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

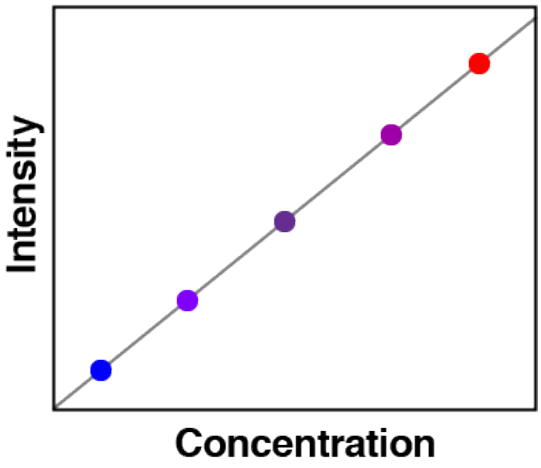
measurements defined by repeatability of the measurements from 5 times repeated analysis was better than 3 %. The precision and accuracy of the results obtained by the msLA-ICP-MS technique were comparable to those obtained by the solution based ICP-MS. In addition, similar accuracy and precision were obtained for other trace elements acquired simultaneously.

These data obtained here clearly demonstrate that msLA-ICP-MS can become a powerful tool for elemental analysis in solid samples. In this presentation, we will describe both the principle of msLA-ICP-MS and its application for the trace elemental analysis in metallic irons.

Reference
1. E R D Scott, GCA, 1205-1236, 36, 1972.
2. B Fegley and H Palme, EPSL, 311-326, 72, 1985.
3. A J Campbell and M Humayun, Anal Chem, 939-946, 71, 1999.
4. Okabayashi*et al.*, GCA, 197-215, 244, 2019.

キーワード：宇宙化学、レーザーアブレーション-誘導結合プラズマ質量分析法、微量元素、金属、親鉄性元素、隕石
Keywords: cosmochemistry, LA-ICP-MS, trace element, metal, siderophile element, meteorite





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Iron isotopic compositions of Luna 16, 20, 24 soils

*岡林 識起[1]、横山 哲也[1]、平田 岳史[2]、寺門 和夫[3]、Erick Galimov[4]
*Satoki Okabayashi[1], Tetsuya Yokoyama[1], Takafumi Hirata[2], Kazuo Terakado[3], Erick M. Galimov[4]

1. 東京工業大学理学院、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 日本宇宙フォーラム、4. ロシア科学アカデミー地球化学研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. The University of Tokyo, 3. Japan Space Forum, 4. Russian Academy of Science

Iron is one of the most abundant elements in the Moon. The Fe exhibits not only siderophile property but also lithophile and chalcophile properties, thus, it is included in most of the minerals and rocks that compose the Moon. Therefore, Fe isotopic composition of the Moon potentially record the fractionation process that occurred during the formation of the Moon and the differentiation or alteration after the Moon formation. Previous works on Fe isotopic analyses of lunar samples suggested that the observed Fe isotopic compositions record fractionation during evaporation of Fe related to giant impact [1], differentiation of lunar magma ocean [2]–[4], and space weathering [5]–[7].

At present, there are no lunar meteorites collected as fall, thus, returned samples of the Moon are important for lunar Fe isotopic studies. In this study, we have measured Fe isotopic ratios of soil samples from the Soviet Luna missions, Luna 16, 20, and 24, using MC-ICP-MS. A highly matured sample from Luna 16 shows clearly distinguished Fe isotopic compositions between the fine-grain and coarse-grain fractions, while such Fe isotopic discrepancies among different size fractions were much smaller in submature (Luna 20) and immature (Luna 24) samples. The Fe isotopic ratios of separated grains show that agglutinates have higher δ^{57}Fe values than the bulk and monomineralic grains, indicating the abundant np-Fe^0s in agglutinates and the partial evaporation of Fe during its melting.

The δ^{57}Fe value for the coarsest grain fraction of very low-Ti basalt from Luna 24 was found to be 0.08 ± 0.04‰, which is the first Fe isotopic composition reported for very low-Ti mare basalts. This value is clearly lower than previously reported δ^{57}Fe values for high-Ti and low-Ti basalts, and is nearly identical to those of Mg-suites. This observation is consistent with the Fe isotopic evolution model during differentiation of lunar magma ocean [3]. Furthermore, the Fe isotopic ratio of the very low-Ti basalt is indistinguishable from that of the Earth’ s mantle, thus, the bulk silicate Earth and Moon are considered to possess an identical or very close Fe isotopic composition.

References: [1] Poitrasson et al. (2009), *EPSL, 223*, 253-266. [2] Liu et al. (2010), *GCA, 74*, 6249-6262. [3] Sossi and Moynier (2017), *EPSL, 471*, 125-135. [4] Wang et al. (2015), *EPSL, 430*, 202-208. [5] Wiesli et al. (2003), *EPSL, 216*, 457-465. [6] Moynier et al. (2006), *GCA, 70*, 6103-6117. [7] Wang et al. (2012), *EPSL, 337-338*, 17-24.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

非晶質炭酸カルシウムの結晶化による局所U–Pb年代測定のための標準カルサイトの合成

Synthesis of calcite reference materials for *in situ* U–Pb dating through crystallization from amorphous calcium carbonates

*宮嶋 佑典[1]、斉藤 綾花[1]、鍵 裕之[1]、横山 立憲[2]、平田 岳史[1]
*Yusuke Miyajima[1], Ayaka Saito[1], Hiroyuki Kagi[1], Tatsunori Yokoyama[2], Takafumi Hirata[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2. 日本原子力研究開発機構東濃地科学センター
1. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

炭酸塩は生物殻や鍾乳石を構成するほか、断層沿いや海底の熱水・冷湧水域で地球史を通じて形成されてきた。それらの形成年代を直接求めることができれば、炭酸塩が記録する古環境情報やテクトニクス、地殻内の水・物質循環に詳細な時間軸を入れることができる。生層序やSr同位体層序が適用できない断層カルサイト脈などの年代測定には、レーザーアブレーション-誘導結合プラズマ質量分析計（LA-ICP-MS）を用いた高空間分解能なU–Pb放射年代測定が有効である（Roberts & Walker, 2016; Beaudoin et al., 2018）。LA-ICP-MSを用いた年代測定では、アブレーション時やICP内で起こるUとPbの元素分別が試料の主成分（マトリックス）に応じて異なるため、それを補正するための標準物質が必要である。天然のカルサイト標準物質として、Roberts et al. (2017) によりWC-1（254.4 ±6.4 Ma）が提案されているが、UやPbの濃度、同位体比が不均質であるという問題点がある。そこで本研究では、濃度・同位体比が均質なU、Pbを含むカルサイト標準物質の合成を行った。元素を添加した母液から非晶質炭酸カルシウム（ACC）を沈殿させ、それを加圧または加熱し結晶化させることで、Srなどの不適合元素をカルサイト中に取り込むことができる（Matsunuma et al., 2014; 斉藤ほか、2017）。この手法を応用し、UとPbを含む溶液を添加したACCを経ることで、U、Pbが取り込まれたカルサイトを合成した。LA-四重極型ICP-MS（LA-Q-ICP-MS）を用いて、合成したU、Pb添加カルサイト中の元素の均質性を評価したところ、10点分析の標準偏差（2SD）でU/Ca比は8%以下、Pb/Ca比は13%以下の均質性があることがわかった。LA-多重検出器型ICP-MS（LA-MC-ICP-MS）を用いて、合成カルサイトのU、Pb同位体比の均質性を評価した結果、$^{207}Pb/^{206}Pb$比は1%程度均質である一方、$^{238}U/^{206}Pb$比は3%〜11%の不均質があることがわかった。後者のU/Pb比の不均質は、未知試料の年代測定精度に伝播される。U、Pb添加カルサイトの元素分別補正への実用性を確かめるため、WC-1カルサイトの年代測定テストを行った。Caを内標準としLA-Q-ICP-MSで測定した合成カルサイトのU、Pb濃度から$^{238}U/^{206}Pb$比を計算し、これを参照値とした。参照値とLA-MC-ICP-MSで測定した同位体比とのずれから補正係数を求めてWC-1に適用したところ、参照年代と約3%の精度内で一致する年代値（246.6 ±7.3 Ma）が得られた。今後同位体希釈法によってU、Pb添加カルサイトの同位体比の正確な値付けを行うことで、少なくとも約10%以内の精度での年代測定が可能と期待される。

キーワード：非晶質炭酸カルシウム、LA-ICP-MS、標準物質、U–Pb年代測定
Keywords: Amorphous calcium carbonate, LA-ICP-MS, Reference material, U–Pb geochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetic mapping of a speleothem from the southern Pacific with a scanning SQUID microscopy and its magnetic mineralogy

*福與 直人[1,2]、小田 啓邦[3]、横山 祐典[1,2]、Geoffrey Clark[4]、山本 裕二[5]
*Naoto Fukuyo[1,2], Hirokuni Oda[3], Yusuke Yokoyama[1,2], Geoffrey Clark[4], Yuhji Yamamoto[5]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、3. 産業技術総合研究所地質情報研究部門、4. オーストラリア国立大学アジア太平洋学部、5. 高知大学 海洋コア総合研究センター
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 3. Institute of Geology and Geoinformation, 4. College of Asia and the Pacific,The Australian National University, 5. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

Speleothems can be an ideal record of paleomagnetism since they retain continuous geomagnetic records in stable condition as well as having applicability of high-precision radiometric dating via U-series and radiocarbon techniques. Although their weak magnetic signals hinder this archive to be widely used in the field, Lascu et al. (2016) successfully reconstructed paleomagnetic signatures during the Laschamp excursion from a stalagmite. A scanning SQUID Microscope (SSM) can image very weak magnetic fields at high spatial resolution, and hence could potentially solve this obstacle. However, only a primitive paleomagnetic mapping without interpretation has been made on a speleothem using SSM (Myre et al., 2019). In this study, we have conducted magnetic imagings at submillimeter scale with an SSM at Geological Survey of Japan, AIST on a speleothem collected at Anahulu cave in Tongatapu Island, the Kingdom of Tonga. The ^{14}C age of the surface part of the stalagmite is around 10 ka. The stalagmite block samples were cut perpendicular to the growing direction and shaped to a thickness of ca.0.2 mm before measurements with the SSM. The measured magnetic field is ~±1.5 nT at a senor-to-sample distance of ~200 μm. In association with the laminated structures of the speleothem, we observe stronger magnetic field for the surface layer compared with that of the inner layers. Furthermore, we conducted several magnetic experiments; i.e. first-order reversal curve (FORC) measurements, and low temperature magnetometry. We also conducted decomposition of Isothermal Remanent Magnetization (IRM) acquisition curves at a room temperature and a temperature below Verwey transition. These results show that the speleothem contains a mixture of magnetite and maghemite with different magnetic domain states. The proportion of magnetite and maghemite are shown to be different between the surface layer and the inner layers. These observations are consistent with the magnetic image of a rock magnetic parameter representing coercivity (S-ratio) calculated by inversion of a series of IRM measurements with the SSM.

キーワード：走査型SQUID顕微鏡、古地磁気、鍾乳石
Keywords: Scanning SQUID microscopy, paleomagnetism, speleothem

©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-TT 計測技術・研究手法

2019年5月26日(日) 15:30 ~ 17:00 | 201A 2F

[M-TT48] 地球化学の最前線

コンビーナ:角野 浩史(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)、横山 哲也(東京工業大学理学院地球惑星科学系)、小畑 元(東京大学大気海洋研究所海洋化学部門海洋無機化学分野)、座長:角野 浩史、小畑 元(東京大学大気海洋研究所)、横山 哲也(東京工業大学)

地球惑星科学は、新しい化学分析技術を導入し、化学の視点を取り入れることにより、大きな発展を遂げ、新たなフロンティアを開拓することに成功してきた。分析技術の発展により、我々は大量の情報、あるいは全く新しい測定結果を得ることが可能となったが、データは複雑化し、その解析にはより精密かつ高度な専門知識が必要となりつつある。そのため、日本の地球惑星科学がさらに大きく発展し、世界の先導的立場であり続けるためには、最先端の化学的手法を開発する研究者と、それを応用する研究者が分野の垣根を越えて知識を共有し、相互に意思疎通を図りながら新たなブレークスルーを目指していくことが必要である。 本セッションでは、萌芽的なものも含めた先端的分析技術、最新の研究成果を持ち寄って、その意義や問題点を検討し、将来の研究の方向性や研究協力の可能性を議論する機会を提供することを目的とする。 また、今後の地球化学をリードする研究計画の提案を含んだ発表や、地球化学の将来を長期的に展望した発表の申込みを歓迎する。地球惑星科学の様々な分野の研究者が参加し、分野を横断した議論を行うことを期待する。

15:30 ~ 15:45

[MTT48-07] Uptake and accumulation of methylmercury by marine phytoplankton

★Invited Papers

*多田 雄哉[1]、丸本 幸治[1] (1.国立水俣病総合研究センター)

15:45 ~ 16:00

[MTT48-08] 順相HPLC/ESI-MSによる古細菌コア脂質・極性脂質の一斉分析法

*宝来 俊育[1]、奈良岡 浩[1,2] (1.九州大学、2.惑星微量有機化合物研究センター)

16:00 ~ 16:15

[MTT48-09] Assessment of Northeastern Japan Tree-Ring Oxygen Isotopes for Reconstructing Early Summer Hydroclimate and Spring Arctic Oscillation

*坂下 渉[1,2,3]、横山 祐典[3]、宮原 ひろ子[2]、阿瀬 貴博[3]、オブラクタ スティーブン[4]、大山 幹成[5]、米延 仁志[6] (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.武蔵野美術大学、3.東京大学大気海洋研究所、4.秋田大学、5.東北大学、6.鳴門教育大学)

16:15 ~ 16:30

[MTT48-10] **Development of the rotational diamond anvil cell for high-pressure deformation experiments and its measurement systems**

★Invited Papers

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4] (1.東京工業大学、2.九州大学、3.京都大学、4.愛媛大学、5.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

16:30 ~ 16:45

[MTT48-11] 水圏での金属イオンのスペシエーション：HSAB理論における中程度にハードな配位子の更なる分類

*長澤 真[1]、田中 雅人[1]、宮地 亜沙美[2]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.広島大学)

16:45 ~ 17:00

[MTT48-12] ニッケルラテライト鉱床におけるスカンジウムと他の希土類元素の化学種と分配挙動の違い

Haibo Qin[1]、実松 健造[2]、Arcilla Carlo[3]、*高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.フィリピン大学)

Uptake and accumulation of methylmercury by marine phytoplankton

*多田 雄哉[1]、丸本 幸治[1]
*Yuya Tada[1], Kohji Marumoto[1]

1. 国立水俣病総合研究センター
1. National Institute For Minamata Disease

Introduction: Eating marine fish are the main source of the toxic and bioaccumulative methylmercury (MeHg) exposure in human. However, information about the accumulation process of MeHg through marine food webs is severely limited. Phytoplankton serve as a main entry for dissolved methylmercury (MeHg) into aquatic food webs. Thus, measuring uptake ratio and accumulation of MeHg by marine phytoplankton is critical for understanding mercury risks for marine organisms and human. To date, most research on the algal uptake of MeHg were conducted using freshwater phytoplankton, and there is few studies on marine species. In this study, we examined the uptake and accumulation of MeHg using 5 marine phytoplankton cultures affiliated with different algal lineages (2 diatoms, cyanobacteria, pelagophyte, and haptophyte), and evaluated that the differences of bioaccumulation between dead and live cells.

Materials and methods: Five axenic phytoplankton cultures *Thalassiosira pseudonana* (CCMP1335), *Thalassiosira oceanica* (CCMP1005), *Synechococcus* sp. (CCMP1334) *Pelagomonas calceolate* (CCMP1756), *Emiliania huxleyi* (CCMP374) were used for incubation experiments with MeHg addition. After preculture in L1 medium, all species were cultured axenically in the L1 medium with MeHg (ca. 1,000 pg / l) at 22ºC under light or light:dark (12 h: 12 h) conditions. Incubation time was varied from several hours (short term) to days (long term). During incubation experiments, we collected subsamples of cultures several times. Phytoplankton cells (particulate fraction) were collected using the GF-75 glass-fiber filter, and stored at -80 ºC until further analysis. Filtrate (dissolved fraction) was amended with H_2SO_4 and stored at 4 ºC. To evaluate the bioaccumulation of dead and live cells, we used the *T. pseudonana* cells killed by heating (100 ºC for 20 min). Particulate and dissolved MeHg concentration were analyzed using a combined technique of dithizone extraction and the EPA method 1630.

Results and discussion: Incubation experiments revealed that all phytoplankton cultures incorporated and accumulated MeHg during incubation. In addition, incorporated MeHg would not be released from phytoplankton cells during incubation experiment. Short term incubation experiments revealed that phytoplankton cells took up 60 to 87% of the amended MeHg within 1 hour. Cellular MeHg concentration varied among phytoplankton cultures, and those of *Synechococcus* sp. (0.1-0.2 ag MeHg / cell) were relatively lower than those of other cultures. Experiments using dead and live cells showed that MeHg concentrations of dead cells were obviously lower than those of live cells, suggesting that a active MeHg uptake for this culture. Our results suggest that phytoplankton cells could actively take up and accumulate MeHg, and bioaccumulation ratio varied among phytoplankton species.

キーワード：海洋、メチル水銀、植物プランクトン
Keywords: Marine, Methylmercury, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

順相HPLC/ESI-MSによる古細菌コア脂質・極性脂質の一斉分析法
A protocol for simultaneous analysis of archaeal core and intact polar lipids using normal-phase HPLC/ESI-MS

*宝来 俊育[1]、奈良岡 浩[1,2]
*Shunsuke Horai[1], Hiroshi Naraoka[1,2]

1. 九州大学、2. 惑星微量有機化合物研究センター
1. Kyushu University, 2. Research Center for Planetary Trace Organic Compounds

Isoprenoidal glycerol core lipids (CLs) from archaeal cell membranes have been utilized as proxies for paleo-environmental reconstruction (e.g., Schouten et al., 2002), and their intact forms (i.e., intact polar lipids: IPLs) can provide information on *in situ* archaeal activities in natural ecosystems (e.g., Lipp et al., 2008). Each form has been analyzed with normal phase (NP)-HPLC/ESI-MS for IPLs (Sturt et al., 2004) and with NP-HPLC/APCI-MS for CLs (Hopmans et al., 2000; Schouten et al., 2007) after the sample preparation (i.e. pre-separation of the total lipid extract into a polar and an apolar fraction, followed by acid hydrolysis of the polar fraction). However, such analytical protocols require relatively large amount of sample with great time and effort for the sample preparation. Furthermore, the acid hydrolysis of polar head groups and the APCI often cause degradation of labile lipids (e.g., hydroxyarchaeol) and byproduct formation (Liu et al., 2012; Sprott et al., 1990; Koga and Morii, 2005).

To overcome these shortcomings of traditional lipid analysis, we developed a novel NP-HPLC/ESI-MS protocol for simultaneous characterization of the distribution of CLs and IPLs from total lipid extracts in one analytical run. In order to cover the broad range of archaeal lipids in natural samples, the chromatographic separation and MS detection were optimized using the total lipid extracts of archaeal cultures having greatly different lipid compositions (*Methanosarcina barkeri* and *Sulfolobus acidcaldarius*).

With this protocol, CLs were separated according to structural variation of the alkyl chains and subsequently IPLs according to polar head group polarity into individual lipid classes. The distinct partitioning of separation part of CLs and IPLs is an important advantage when screening archaeal lipids in complex natural samples. Moreover, hydroxyarchaeol and their intact polar derivatives, which were lost in the conventional NP-HPLC/APCI-MS protocol, were detected in the total lipid extract from *M. bakeri*.

We also compared the quantitative accuracy and sensitivity on the detection of CLs between APCI and ESI-MS by using core GDGTs isolated and purified from a culture of *S.acidcaldarius*. As a result, the relative distributions of core GDGTs with NP-HPLC/ESI-MS were similar to those when analyzing with NP-HPLC/APCI-MS. This result suggests that our protocol can be applied to the study of core GDGT-based environmental proxies.

In addition to development of this protocol, we plan to apply the simultaneously chromatographic separation of this protocol to the preparation for compound-specific isotope analysis and structural identification of archaeal lipids, which will contribute for the study of archaeal activities in the environment that sample amounts are limited.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：古細菌、極性膜脂質、コア脂質、一斉分析法
Keywords: Archaea, Intact polar lipids (IPLs), Core lipids (CLs), Simultaneous analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment of Northeastern Japan Tree-Ring Oxygen Isotopes for Reconstructing Early Summer Hydroclimate and Spring Arctic Oscillation

*坂下 渉[1,2,3]、横山 祐典[3]、宮原 ひろ子[2]、阿瀬 貴博[3]、オブラクタ スティーブン[4]、大山 幹成[5]、米延 仁志[6]
*Wataru Sakashita[1,2,3], Yusuke Yokoyama[3], Hiroko Miyahara[2], Takahiro AZE[3], Stephen Obrochta[4], Motonari Ohyama[5], Hitoshi Yonenobu[6]

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. 武蔵野美術大学、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 秋田大学、5. 東北大学、6. 鳴門教育大学
1. Forestry and Forest Products Research Institute, 2. Musashino Art University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 4. Akita Univeristy, 5. Tohoku University, 6. Naruto University of Education

The spring Arctic Oscillation (AO) significantly affects the subsequent summer rainfall in the East Asian Summer Monsoon (EASM) region, and analysis of meteorological data indicates this teleconnection strength varied on interdecadal timescales during the late 20th century. Tree-ring records may be able to extend the relatively short observational record, but the extent to which these proxy reconstructions correspond to AO variability has yet to be explored in this region. Therefore, we present new tree-ring cellulose oxygen isotope ($\delta^{18}O$) records from northeastern Japan (Akita, northern limit of EASM), spanning AD 1950 to 2003 which overlaps with the instrumental record. Tree-ring $\delta^{18}O$ is used for reconstructing the past hydroclimate variability and allows us to consider whether tree-ring $\delta^{18}O$ has the potential to clarify the longer-term interdecadal changes in the spring AO-EASM relationship. Measurements and analyses show that our tree-ring $\delta^{18}O$ datasets have a significant negative correlation with May-June-July relative humidity, and the tree-ring $\delta^{18}O$ in northeastern Japan also significantly correlates with the summer EASM index. Temporal comparisons between our record and observed monthly AO index indicate that reconstructed following early summer relative humidity significantly correlates to the previous March-April-May AO. This linkage changes on interdecadal timescales, and the linkage is relatively strong during early 1970s through early 1990s. Similar results are also obtained using a separate tree-ring $\delta^{18}O$ record from a separate location about 200 km to the southeast, suggesting that tree-ring cellulose $\delta^{18}O$ in northeastern Japan is indeed useful for better understanding the long-term teleconnection between the spring AO and EASM.

キーワード：樹木年輪、酸素同位体、東北地方、北極振動、東アジア夏季モンスーン
Keywords: Tree-ring, Oxygen isotopes, Northeastern Japan, Arctic Oscillation, East Asian summer monsoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the rotational diamond anvil cell for high-pressure deformation experiments and its measurement systems

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4]
*Shintaro Azuma[1,2], Ryuichi Nomura[3,4], Kentaro Uesugi[5], Yu Nishihara[4], Doi Shunta[4], Takeshi Arimoto[4], Tetsuo Irifune[4]

1. 東京工業大学、2. 九州大学、3. 京都大学、4. 愛媛大学、5. 公益財団法人高輝度光科学研究センター
1. Tokyo Tech., 2. Kyushu Univ., 3. Kyoto Univ., 4. Ehime Univ., 5. JASRI

The mechanical properties of lower mantle materials are key to understanding the dynamics and evolution in the Earth’s interior. However, the pressure range of deformation apparatuses which can achieve large strain is limited to ~30–40 GPa due to a technical reason. We developed a new deformation apparatus named rotational diamond anvil cell (rDAC). This deformation apparatus can apply the torsional deformation to a sample, thus the rDAC can theoretically produces an infinite strain within the sample under ultra-high pressure conditions, corresponding to those of core-mantle boundary [Nomura et al., 2017]. The rDAC is the most suitable deformation apparatus with which to investigate the mechanical properties of deep-Earth materials. In this presentation, we will mainly present the measurement systems, technology and idea which were applied to the rDAC.

Deformation apparatuses used in Earth science need high-pressure and high-temperature techniques, the constant strain rate, and the measurement systems of the stress and strain. The rDAC can apply high pressure and torsional deformation to a sample with constant strain rate by a gearbox and diamond anvils with grooves [Azuma et al., 2018]. *In situ* strain measurements are conducted using X-ray laminography techniques at BL47XU, SPring-8 [Nomura and Uesugi, 2016]. High-temperature conditions and stress measurements have not been achieved in rDAC. Recently, however, the vacuum chamber newly designed for rDAC was installed for high temperature experiments, and stress measurements using X-ray Diffraction (XRD) were applied to deformation experiments in rDAC at SPring-8 (Japan).

To test the high temperature technique and stress measurements using XRD with the new vacuum chamber, the mixture of bridgmanite (Mg,Fe)SiO_3 and ferropericlase (Mg,Fe)O, which was synthesized from San Carlos olivine, was deformed under torsion geometry using the rDAC at BL47XU, SPring-8. The vacuum chamber has a removable Kapton window for incident and diffracted X-ray, and can keep the vacuum state (<~10 Pa) to prevent the diamond anvils from oxidation during high-temperature deformation experiments. Platinum wires were used as a resistance heater surrounding the sample and Rhenium gasket. Stress was measured by collecting X-ray diffraction pattern at twelve different azimuthal angles, Ψ= 0º, ±30º, ±60º, ±90º, ±120º, ±150º, and 180º.

In heating experiments using new vacuum chamber, temperature was monitored by Pt/Rh thermocouple placed close to the sample and we succeeded in increasing temperature up to ~1000 K. However, the resistance heater (Pt) was unstable in vacuum. In the future, high-temperature deformation experiments using rDAC will be performed in reducing atmosphere produced by inactive gas (e.g., Argon gas) or internal heating system should be developed for the rDAC .

Stress in bridgmanite was estimated by using diffraction peaks (110) and (112) at P= 50 GPa and T= 673 K. Shear stress in bridgmanite was relatively constant values, whereas uniaxial stress changed during deformation experiments. This preliminary experiment was performed under low-temperature and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

high-pressure conditions, thus the equivalent stress in bridgmanite was about three times higher than that in previous studies [e.g., Girard et al., 2016].

キーワード：高圧、変形、ダイヤモンドアンビルセル
Keywords: High pressure, Deformation, Diamond anvil cell

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水圏での金属イオンのスペシエーション：HSAB理論における中程度にハードな配位子の更なる分類

Speciation of metal ions in hydrosphere: Further classification of intermediately hard ligands in HSAB theory

*長澤 真[1]、田中 雅人[1]、宮地 亜沙美[2]、高橋 嘉夫[1]
*Makoto Nagasawa[1], Masato Tanaka[1], Asami Miyaji[2], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 広島大学
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Hiroshima University

Complexation of metal cations with oxygen donor ligands such as hydroxide ion, carbonate ion, phosphate ion, and carboxylate ion is one of the most important factors controlling their behaviors in hydrosphere. Turner (1981) classified these ligands as “intermediately hard ligands” in HSAB (hard and soft acids and bases) theory. However, we found that the reactivity of hydroxide ion greatly depends on cation’s ionic radius, which results in distinguishing this ligand from the other intermediately hard ligands. Taking divalent alkaline earth metal ions as an example, Mg^{2+} mainly precipitates as hydroxide (brucite), whereas Ca^{2+} prefers carbonate (calcite) or phosphate (apatite) to hydroxide, but quantitative discussion on the mechanism has not been performed.

In this study, we evaluated the standard Gibbs free energy change of reaction ($\Delta G^0_R = \Delta H^0_R - T\Delta S^0_R$) on the complexation of hydrated metal cations with above ligands, based on thermodynamic data. The results revealed that the entropic contribution to the stabilization was large for hydroxide complexes of smaller cations. Since the entropy in aqueous complexation reaction is controlled by the number of water molecules released to the solution possibly due to replacement of the water molecules by inner-sphere complexation, it is suggested that hydroxide complexes of larger cations are less stable due to the small effect of the dehydration.

In order to support this suggestion, we conducted quantum chemical calculation, using Gaussian 09. The distance between hydrated metal cation (M) and oxygen of ligand (O) was calculated for several ions. The results showed that the average M-O distance of hydroxide complex increased with the increase of cation’s ionic radius more remarkably than that of the other complexes such as carbonate ion. This means that hydroxide favors to form outer-sphere complex for larger cations, which is consistent with our suggestion based on the thermodynamic data.

キーワード：スペシエーション、HSAB理論、量子化学計算、内圏錯体、外圏錯体
Keywords: Speciation, HSAB theory, Quantum chemical calculation, Inner-sphere complex, Outer-sphere complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ニッケルラテライト鉱床におけるスカンジウムと他の希土類元素の化学種と分配挙動の違い

Difference in the partition behaviors and speciation between scandium and other rare earth elements in nickel laterite ore deposits

Haibo Qin[1]、実松 健造[2]、Arcilla Carlo[3]、*高橋 嘉夫[1]
Haibo Qin[1], Kenzo Sanematsu[2], Arcilla Carlo[3], *Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. フィリピン大学
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Institute for Geo-Resources and Environment, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 3. National Institute of Geological Sciences, College of Science, University of the Philippines

Scandium (Sc) is a critical metal with wide applications in modern industrial applications. Consequently, the enrichment of Sc at earth surface has been of great interest in resource geology. It has been reported that laterite enriched with nickel (Ni laterite) contained significant amounts of Sc (about 80-100 ppm). The vertical profile of Ni laterite mainly consists of bed rock, saprolite, and limonite layers from bottom to the top. Generally speaking, Ni remobilized downward during weathering processes leads to the enrichment of Ni in the saprolite layer, while maximum Sc enrichment is found in the limonite layer mainly consisting of goethite. However, distribution and speciation of Sc in the limonite layer are not clear at present, which was examined by μ-XRF mapping and X-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy in this study. In addition, similar information such as abundances and speciation was obtained also for other rare earth elements including yttrium (REY) to compare geochemical behaviors between Sc and REY.

Micro-XRF analysis revealed that Sc and Y are distributed to goethite in the limonite layer. Sequential extraction revealed that Sc remains in the residual phase which goethite is still present even after the treatments by reducing agents and aqua regia. XANES and EXAFS analyses for Sc in the limonite layer and its comparison with synthetic samples of Sc coprecipitated with goethite and Sc adsorbed on goethite revealed that Sc was incorporated within the goethite structure replacing Fe^{3+} site. This result is reasonable considering the similar ionic radii (6 coordination number) of Sc^{3+} (0.75 Å) and Fe^{3+} (0.65 Å). On the contrary, EXAFS for the Y samples synthesized similarly to Sc showed that Y cannot be incorporated within the goethite structure, possibly due to its large size (ionic radius of Y^{3+}: 0.90 Å) compared with Fe^{3+}. The sequential extraction showed that most of Y was present as ion-exchangeable species or Y in amorphous Fe and Mn oxides, which are consistent with the fact that Y is mainly present as adsorbed species on goethite. These results clearly explain fractionation of REY and Sc in limonite layer, with steep increase from Yb^{3+} to Sc^{3+} when we plot Sc at right of Lu in REY pattern.

The high concentration of Sc in Ni laterite is caused by (i) high concentration of Sc in the original rock (peridotite) and (ii) effective fixation of Sc^{3+} within goethite by substitution of Fe^{3+} site by Sc^{3+} during intense weathering to form laterite.

キーワード：スカンジウム、希土類元素、ラテライト
Keywords: scandium, rare earth elements, laterite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.