2019年5月30日(木)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[U-06] 100周年を迎えるIUGGへの日本の貢献

コンビーナ:中田 節也(研究開発法人 防災科学技術研究所)、佐竹 健治(東京大学地震研究所)、東 久美子(国立極地研究所)、座長:東 久美子(国立極地研究所)、中田 節也(防災科研)

9:00 ~ 9:20

[U06-01] **Centennial of the International Cooperation in Earth and Space Sciences**

★Invited Papers

*Alik Ismail-Zadeh[1,2,3] (1.Karlsruhe Institute of Technology、2.International Union of Geodesy and Geophysics、3.International Science Council)

9:20 ~ 9:40

[U06-02] IUGGと日本：過去、現在とこれからの方向

★招待講演

*河野 長[1] (1.東京工業大学)

9:40 ~ 9:55

[U06-03] 地球惑星科学分野の国際連携活動への日本学術会議の貢献

*中村 尚[1] (1.東京大学先端科学技術研究センター)

9:55 ~ 10:15

[U06-04] History and Japanese contribution to the International Association of Cryospheric Sciences IACS

★Invited Papers

*Ralf Greve[1] (1.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University)

10:15 ~ 10:30

[U06-05] **IAGへの日本の貢献**

*福田 洋一[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[U-06] 100周年を迎えるIUGGへの日本の貢献

コンビーナ:中田 節也(研究開発法人 防災科学技術研究所)、佐竹 健治(東京大学地震研究所)、東 久美子(国立極地研究所)、座長:東 久美子(国立極地研究所)、佐竹 健治(東京大学地震研究所)

10:45 ~ 11:00

[U06-06] 国際会議飽和時代のIAGA活動

*家森 俊彦[1] (1.京都大学)

11:00 ~ 11:15

[U06-07] 水分野における教育研究・社会的要請に果たすIAHSの役割と将来展望

*辻村 真貴[1] (1.筑波大学生命環境系)

11:15 ~ 11:30

[U06-08] 大気科学の100年：その成果と今後の課題

*中島 映至[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[U06-09] IAPSOへのわが国の貢献

*升本 順夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

11:45 ~ 12:00

[U06-10] IASPEIの活動と歴史ならびに日本の貢献

*佐竹 健治[1]、Lay Thorne[2]、Schweitzer Johannes[3] (1.東京大学地震研究所、2.IASPEI会長、3.IASPEI事務局長)

12:00 ~ 12:15

[U06-11] 日本におけるIAVCEIの最近の歴史、および、IUGGとIAVCEIに対する若手研究者の反応

*中田 節也[1] (1.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 U (ユニオン)：ユニオン

13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[U-08] 日本地球惑星科学連合の将来に向けた大会参加者からの意見と提言

コンビーナ:浜野 洋三(神戸大学海洋底探査センター)、田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎(金沢大学 理工研究域　地球社会基盤学系)、座長:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎

13:51 ~ 14:03

[U08-01] 日本学術会議地球惑星科学委員会からJpGUへの要望・提案

*藤井 良一[1] (1.情報•システム研究機構)

14:03 ~ 14:15

[U08-02] 日本地球惑星科学連合における地理学の位置づけと将来展望

*小口 高[1]、山田 育穂[2]、早川 裕弋[3]、河本 大地[4]、齋藤 仁[5] (1.東京大学空間情報科学研究センター、2.中央大学理工学部、3.北海道大学大学院地球環境科学研究院、4.奈良教育大学、5.関東学院大学経済学部)

14:15 ~ 14:27

[U08-03] インターフェースとしての地球生命科学

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

14:27 ~ 14:39

[U08-04] JpGUのカバーすべき領域

*高橋 幸弘[1] (1.北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)

14:39 ~ 14:51

[U08-05] ちょっと英語やり過ぎ違いますか？

*林 祥介[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)

14:51 ~ 15:03

[U08-06] 日本地球惑星科学連合の国際化について

*小田 啓邦[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

15:03 ~ 15:15

[U08-07] 日本地震学会のJpGUの運営に関するアンケート結果をふまえた提言

*山岡 耕春[1] (1.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[U-08] 日本地球惑星科学連合の将来に向けた大会参加者からの意見と提言

コンビーナ:浜野 洋三(神戸大学海洋底探査センター)、田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎(金沢大学 理工研究域　地球社会基盤学系)、座長:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎

15:30 ~ 15:42

[U08-08] 日本地球惑星科学連合の将来に向けた意見と提言：地球電磁気・地球惑星圏学会から

大村 善治[2]、渡部 重十[3]、*加藤 雄人[1]、津川 卓也[4]、大塚 雄一[5]、SGEPSS 運営委員会 (1.東北大学大学院理学研究科、2.京都大学生存圏研究所、3.北海道情報大学、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

15:42 ~ 15:54

[U08-09] 地球惑星科学と情報科学との連携　～学際領域における共存共栄の試み～

*出村 裕英[1] (1.公立大学法人会津大学)

15:54 ~ 16:06

[U08-10] 惑星科学分野の若手研究者からの意見

*鎌田 俊一[1]、濱野 景子[2]、村上 豪[3]、兵頭 龍樹[2]、仲内 悠祐[3] (1.北海道大学、2.東京工業大学、3.JAXA/ISAS)

16:06 ~ 16:18

[U08-11] 日本地球惑星科学連合は，個々の関連学協会の目線に立った運営を行い適切に説明責任を果たせ．

*小泉 尚嗣[1] (1.滋賀県立大学環境科学部)

16:18 ~ 16:30

[U08-12] 地球惑星科学総合所属１代議員からの意見：国内向け活動・事業強化を

*熊谷 英憲[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

16:30 ~ 16:42

[U08-13] Japan Geoscience Letters (JGL) の15年とこれから

*橘 省吾[1]、田近 英一[2] (1.東京大学大学院理学系研究科宇宙惑星科学機構、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

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

9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[P-PS08] 月の科学と探査

コンビーナ:長岡 央(宇宙航空研究開発機構)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、座長:田中 智、西野 真木(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

9:00 ~ 9:15

[PPS08-01] Observing simulations of impact-induced moonquakes combined with the lunar impact flash observation data for future lunar seismic explorations

*小野寺 圭祐[1,2]、川村 太一[3]、田中 智[2]、石原 吉明[4]、前田 拓人[5]、柳澤 正久[6]、内田 有紀[6]、阿部 新助[7]、山田 竜平[8]、岡本 尚也[2] (1.総合研究大学院大学、2.JAXA宇宙科学研究所、3.パリ地球物理研究所、4.国立環境研究所、5.弘前大学、6.電気通信大学、7.日本大学、8.会津大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS08-02] New Results from Restored Apollo Magnetic Field Records

*Peter J Chi[1] (1.University of California Los Angeles)

9:30 ~ 9:45

[PPS08-03] かぐや搭載スペクトロプロファイラ（SP）による高緯度領域データの解析：水氷の存在可能性の調査

經田 原弘[3]、*田中 智[1]、大竹 真紀子[1]、長岡 央[2]、仲内 悠祐[2]、小野寺 圭祐[4] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所固体惑星科学研究系、2.宇宙航空研究開発機構、3.東京大学複雑理工、4.総合研究大学院大学)

9:45 ~ 10:00

[PPS08-04] Detection of Dark Regions on the Lunar Surface with Shadow Masked Multiband Imager Data

*伊東 里保[1]、井上 博夏[2]、大竹 真紀子[2]、大嶽 久志[2]、中村 良介[1] (1.産業技術総合研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

10:00 ~ 10:15

[PPS08-05] GRAIL重力場データを用いた月大型盆地下のモホ面深さの推定

*西山 学[1]、並木 則行[2] (1.東京大学 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.国立天文台 RISE月惑星探査検討室)

10:15 ~ 10:30

[PPS08-06] Ejecta Thickness Distribution of Lunar Schrödinger Basin

*路媛 徐[1]、謝 明剛[1] (1.マカオ科学技術大学)

[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

10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[P-PS08] 月の科学と探査

コンビーナ:長岡 央(宇宙航空研究開発機構)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、座長:橋爪 光、長岡 央

10:45 ~ 11:00

[PPS08-07] 全球海洋モデルの潮汐応答に基づく月軌道進化の定量的検討

*元山 舞[1]、綱川 秀夫[1]、高橋 太[2] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.九州大学理学研究院地球惑星科学部門)

11:00 ~ 11:15

[PPS08-08] Geochemical and Petrological Investigations of Lunar Feldspathic Crust by Lunar Sample Studies and Remote Sensing Data

*長岡 央[1]、唐牛 譲[1]、大竹 真紀子[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[PPS08-09] 月模擬土壌への微量着氷実験装置の開発と近赤外スペクトル観測

*荻島 葵[1]、佐伯 和人[1] (1.大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻)

11:30 ~ 11:45

[PPS08-10] 月面揮発性物質学 - これまでと、これから

*橋爪 光[1] (1.茨城大学理学部)

11:45 ~ 12:00

[PPS08-11] 月極域探査ミッションの推進に向けた科学的アプローチ

*鹿山 雅裕[1]、橋爪 光[2]、長岡 央[3]、佐伯 和人[4]、山中 千博[4]、晴山 慎[5]、大竹 真紀子[3] (1.東北大学、2.茨城大学、3.宇宙航空研究開発機構、4.大阪大学、5.聖マリアンナ医科大学)

12:00 ~ 12:15

[PPS08-12] FDTD電磁界シミュレーションに基づくUHF帯GPRによる月表層の氷検出可能性の検討

*熊本 篤志[1]、宮本 英昭[2]、西堀 俊幸[3]、新原 隆史[2]、土屋 史紀[1]、石山 謙[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学、3.宇宙航空研究開発機構)

[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

13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[P-PS08] 月の科学と探査

コンビーナ:長岡 央(宇宙航空研究開発機構)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、座長:鹿山 雅裕(東北大学)、仲内 悠祐(JAXA/ISAS)

13:45 ~ 14:00

[PPS08-13] **Geology of the SLIM landing site on the Moon**

★Invited Papers

*Makiko Ohtake[1]、Kazuto Saiki[2]、Yusuke Nakauchi[1]、Hiroaki Shiraishi[1]、Yoshiaki Ishihara[3]、Hiroyuki Sato[1]、Chikatoshi Honda[4] (1.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency、2.Osaka University、3.National Institute for Environmental Studies、4.University of Aizu)

14:00 ~ 14:15

[PPS08-14] SLIM搭載マルチバンドカメラ観測シナリオ

*佐伯 和人[1]、五十嵐 優也[1]、仲内 悠祐[2]、本田 親寿[3]、大竹 真紀子[2]、白石 浩章[2]、佐藤 広幸[2]、石原 吉明[4]、前田 孝雄[5]、山中 千博[1] (1.大阪大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.会津大学、4.国立環境研究所、5.中央大学)

14:15 ~ 14:30

[PPS08-15] **Current status of a Japanese lunar polar exploration mission**

*星野 健[1]、大竹 真紀子[1]、唐牛 譲[1]、白石 浩章[1] (1.国立研究開発法人　宇宙航空研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[PPS08-16] HERACLES mission: Returning to the Moon by an ESA-JAXA-CSA Joint Study

*唐牛 譲[1]、長岡 央[1]、石原 吉明[2]、鹿山 雅裕[3]、山本 聡[4]、長谷部 信行[5]、橋爪 光[6]、小川 佳子[7]、矢田 達[1]、春山 純一[1]、安部 正真[1]、大竹 真紀子[1]、HERACLES サイエンスワーキンググループ、HERACLES 国際科学定義チーム (1.宇宙航空研究開発機構、2.国立環境研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.宇宙システム開発利用推進機構、5.早稲田大学理工学研究所、6.茨城大学理学部、7.会津大学)

14:45 ~ 15:00

[PPS08-17] **Lunar Science for Landed Missions – High-Priority Landing Sites Visualized with NASA's Moon Trek**

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

15:00 ~ 15:15

[PPS08-18] NASA SSERVI: Merging Science and Human Exploration

*Brad Eugene Bailey[1]、Kristina Gibbs[1]、Gregory Schmidt[1] (1.NASA)

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

13:45 ~ 15:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM17] 宇宙プラズマ理論・シミュレーション

コンビーナ:梅田 隆行(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、天野 孝伸(東京大学 地球惑星科学専攻)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、中村 匡(福井県立大学)、座長:梅田 隆行(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、天野 孝伸(東京大学 地球惑星科学専攻)

13:45 ~ 14:00

[PEM17-01] 多層ニューラルネットワークを用いた高次精度数値流束の予測

*松本 洋介[1] (1.千葉大学大学院理学研究科)

14:00 ~ 14:15

[PEM17-02] プラズマ粒子シミュレーションのための多重 Boris 解法の提案

*銭谷 誠司[1]、加藤 恒彦[2] (1.京都大学、2.国立天文台)

14:15 ~ 14:30

[PEM17-03] Contour Dynamics for Vlasov–Poisson Plasma with the Periodic Boundary

*佐藤 大樹[1]、渡邉 智彦[1]、前山 伸也[1] (1.名古屋大学)

14:30 ~ 14:45

[PEM17-04] 球内部のMHDシミュレーション手法と可視化ツール

*陰山 聡[1]、堀 久美子[1]、坂本 尚久[1] (1.神戸大学大学院システム情報学研究科)

14:45 ~ 15:00

[PEM17-05] Kármán Vortex Street, Strouhal Number, Hairpin Vortex in 3D global Magnetohydrodynamic MHD simulations in Northward IMF

*CAI DongSheng[1] (1.筑波大学)

15:00 ~ 15:15

[PEM17-06] Correlations between plasma density and magnetic field strength in MHD turbulence in space

*羽田 亨[1]、成田 康人[2]、成行 泰裕[3] (1.九州大学大学院総合理工学研究院環境理工学部門、2.オーストリア科学アカデミー宇宙科学研究所、3.富山大学人間発達科学部)

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

15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM17] 宇宙プラズマ理論・シミュレーション

コンビーナ:梅田 隆行(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、天野 孝伸(東京大学 地球惑星科学専攻)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、中村 匡(福井県立大学)、座長:中村 匡(福井県立大学)、成行 泰裕

15:30 ~ 15:45

[PEM17-07] Stochastic models of phase space diffusion via wave-particle interaction with parallel propagating electromagnetic waves

*成行 泰裕[1] (1.富山大学人間発達科学部)

15:45 ~ 16:00

[PEM17-08] Electron beam instability in collisionless magnetic reconnection with a strong guide field

*下村 和也[1]、渡邉 智彦[1]、前山 伸也[1]、石澤 明宏[2] (1.名古屋大学、2.京都大学)

16:00 ~ 16:15

[PEM17-09] Particle acceleration with precursor wave driven wakefield in relativistic shocks

*岩本 昌倫[1]、天野 孝伸[1]、星野 真弘[1]、松本 洋介[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.千葉大学大学院理学研究科)

16:15 ~ 16:30

[PEM17-10] ピッチ角異方性を伴った衝撃波遷移層における統計的ドリフト加速のモデリング

*加藤 拓馬[1]、天野 孝伸[1] (1.東京大学)

16:30 ~ 16:45

[PEM17-11] 宇宙空間プラズマ中の near-field

*中村 匡[1] (1.福井県立大学)

16:45 ~ 17:00

[PEM17-12] **ブラックホール2重星から提起される重力波の発生と重力起源の問題**

*大家 寛[1] (1.東北大学理学研究科地球物理学専攻)

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

9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

9:00 ~ 9:15

[AAS04-16] メタン・対流圏オゾンの放射強制力の低減を目指して：アジアにおけるCH_4, NO_x, NMVOCの排出削減目標

*秋元 肇[1]、永島 達也[1]、谷本 浩志[1]、Klomont Zig[2]、Markus Amann[2] (1.国立環境研究所、2.国際応用システム分析研究所)

9:15 ~ 9:30

[AAS04-17] **横須賀におけるPandora型太陽直達光分光器による大気NO_2カラム濃度決定：TROPOMI衛星観測検証の高度化**

*金谷 有剛[1]、高島 久洋[2,1]、野津 雅人[3]、関谷 高志[7]、宮崎 和幸[1]、Eskes Henk[4]、Pinardi Gaia[5]、Santana Diaz Daniel[6]、Müller Moritz[6]、Cede Alexander[6] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.福岡大学、3.首都大学東京、4.オランダ王立気象研究所、5.ベルギー宇宙航空研究所、6.LuftBlick、7.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

9:30 ~ 9:45

[AAS04-18] メガシティ規模の大気汚染解析に向けたTROPOMI NO_2データを含む複数衛星観測の全球高解像度データ同化

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、Henk Eskes[3]、Folkert Boersma[3]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[4,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3.オランダ王立気象研究所、4.名古屋大学　大学院環境学研究科)

9:45 ~ 10:00

[AAS04-19] 2013-2018年に千葉で観測されたNO_2、VOC、対流圏オゾン濃度のトレンド

*米川 大地[1]、入江 仁士[2] (1.千葉大学大学院　融合理工学府、2.千葉大学)

10:00 ~ 10:15

[AAS04-20] Long-term seasonal changes in tropospheric ozone over Japan

*河野 なつ美[1]、永島 達也[1]、菅田 誠治[1] (1.国立開発法人 国立環境研究所)

10:15 ~ 10:30

[AAS04-21] **Characteristics of Atmospheric Photochemical Pollution at a Comprehensive Site in Guangzhou, China**

*Yu Zou[1] (1.Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA,Guangzhou,China)

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

10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:竹谷 文一(海洋研究開発機構)、持田 陸宏(名古屋大学)

10:45 ~ 11:00

[AAS04-22] 冷温帯林における通年観測で採取された植物由来二次有機エアロゾル中に存在する分子マーカーのLC/MS分析

*佐藤 圭[1]、Sathiyamurthi Ramasamy[1]、猪俣 敏[1]、宮崎 雄三[2] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.北海道大学)

11:00 ~ 11:15

[AAS04-23] Surfactant Effects on Acid-Catalyzed Reactions at Aqueous Aerosol Surfaces

*石塚 紳之介[1]、羽馬 哲也[2]、江波 進一[1] (1.国立環境研究所、2.北海道大学低温科学研究所)

11:15 ~ 11:30

[AAS04-24] Roles of heterogeneous reactions in the tropospheric chemistry: a global modeling study

*Phuc Thi Minh Ha[1]、Fumikazu Taketani[2]、Yugo Kanaya[2]、Kengo Sudo[1,2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC)

11:30 ~ 11:45

[AAS04-25] 大気エアロゾルの粒径分布と吸湿性の呼吸器沈着率への影響に関する事例分析

*王 敏睿[1]、三原 利之[2,4]、梶野 瑞王[5]、川名 華織[2,6]、持田 陸宏[1,2,3] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.名古屋大学高等研究院、4.岐阜県工業技術研究所（現在の所属）、5.気象庁気象研究所、6.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター（現在の所属）)

11:45 ~ 12:00

[AAS04-26] 粒子状物質を介した大気海洋間の物質循環過程 －日本大気化学会奨励賞受賞記念講演－

★招待講演

*岩本 洋子[1] (1.広島大学　生物圏科学研究科)

12:00 ~ 12:15

[AAS04-27] 速度論的手法による対流圏ハロゲン不均一反応化学の定量的解明
－日本大気化学会奨励賞受賞記念講演－

★招待講演

*坂本 陽介[1,2] (1.京都大学大学院地球環境学堂、2.京都大学大学院人間・環境学研究科)

[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

15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[A-AS04] 大気化学

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

15:30 ~ 16:00

[AAS04-28] 惑星大気 - 火星・金星 -

★招待講演

*前澤 裕之[1] (1.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)

16:00 ~ 16:15

[AAS04-29] フーリエ変換型赤外分光計を用いた地上観測によるつくば上空メタン高度分布の精度検証

代 友輝[2]、*村田 功[1]、中島 英彰[3]、森野 勇[3] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立環境研究所)

16:15 ~ 16:30

[AAS04-30] **Retrieval of HFC-23 from FTIR observations at Syowa Station, Rikubetsu and Tsukuba**

*武田 真憲[1,2]、中島 英彰[2,1]、村田 功[1]、長浜 智生[3]、森野 勇[2] (1.東北大学 大学院環境科学研究科、2.国立環境研究所 地球環境研究センター、3.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

16:30 ~ 16:45

[AAS04-31] 全球大気光化学場における雲分布の役割

*松田 涼樹[1]、須藤 健悟[1,2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻、2.海洋研究開発機構)

16:45 ~ 17:00

[AAS04-32] 成層圏・対流圏オゾン交換の全球分布と経年変動の推定：気候場変動の影響

*須藤 健悟[1,2]、Xin Li[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.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

10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[A-CG36] 地球環境科学と人工知能

コンビーナ:冨田 智彦(熊本大学大学院 先端科学研究部)、福井 健一(大阪大学)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、小野 智司(鹿児島大学)、座長:冨田 智彦(熊本大学 大学院先端科学研究部 基礎科学部門)

10:50 ~ 11:20

[ACG36-01] ディープニューラルネットワークモデルの最近の発展とその応用

★招待講演

*白川 真一[1] (1.横浜国立大学)

11:20 ~ 11:35

[ACG36-02] 大気化学的知見に基づく学習データの最適化によるオキシダント機械学習予測精度の向上

*佐藤 知紘[1]、趙 培江[1]、是津 耕司[1] (1.情報通信研究機構)

11:35 ~ 11:50

[ACG36-03] Spatiotemporal Climate Forecasting with ConvLSTM

*Ekasit Phermphoonphiphat[1]、Tomohiko Tomita[3]、Masayuki Numao[2]、Ken-ichi Fukui[2] (1.Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University、2.The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University、3.Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University)

11:50 ~ 12:05

[ACG36-04] 深層学習に基づく説明変数を考慮した海氷密接度の短期予測手法

*川嶋 一誠[1]、神山 徹[1]、杉本 隆[1]、中村 良介[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

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

13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[A-CG36] 地球環境科学と人工知能

コンビーナ:冨田 智彦(熊本大学大学院 先端科学研究部)、福井 健一(大阪大学)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、小野 智司(鹿児島大学)、座長:冨田 智彦(熊本大学 大学院先端科学研究部 基礎科学部門)

13:45 ~ 14:00

[ACG36-05] **深層学習と三次元大気放射伝達モデルを用いた雲のリモートセンシング**

*岩渕 弘信[1]、増田 涼佑[1]、K. Sebastian Schmidt[2,3]、Damiani Alessandro[4]、工藤 玲[5] (1.東北大学大学院理学研究科、2.コロラド大学大気海洋学研究科、3.コロラド大学大気宇宙物理学研究所、4.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、5.気象研究所)

14:00 ~ 14:15

[ACG36-06] 全方位カメラ画像を用いた夜間の雲量時系列化

*宮部 花鈴[1]、小郷原 一智[1] (1.滋賀県立大学)

14:15 ~ 14:30

[ACG36-07] 全天空画像および基本気象要素を用いた雲量の時系列予測

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

14:30 ~ 14:45

[ACG36-08] 時系列データに基づく帰納的降水量予測の基礎検討

*松本 直樹[1]、冨田 智彦[1]、福井 健一[2] (1.熊本大学、2.大阪大学)

14:45 ~ 15:00

[ACG36-09] 機械学習を用いたSAR画像中の船舶の検出

*園家 俊[1]、出村 裕英[1] (1.会津大学)

[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 | 303 3F

[A-CG37] 北極域の科学

コンビーナ:漢那 直也(北海道大学北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)、中村 哲(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、鄭 峻介(北海道大学 北極域研究センター)、座長:中村 哲(北海道大学地球環境科学研究院)、鄭 俊介(北海道大学 北極域研究センター)

9:00 ~ 9:15

[ACG37-01] **Arctic midlatitude linkage modulated by the QBO**

*Jinro Ukita[1]、Kazuhiro Hoshi[1]、Meiji Honda[1]、Tetsu Nakamura[2]、Koji Yamazaki[2] (1.Niigata University、2.Hokkaido University)

9:15 ~ 9:30

[ACG37-02] **北極振動と南極振動とのシンクロ**

*立花 義裕[1]、井上 裕介[1]、小松 謙介[1]、中村 哲[2]、本田 明治[3]、緒方 香都[1,4]、山崎 孝治[2] (1.三重大学、2.北海道大学、3.新潟大学、4.気象庁)

9:30 ~ 9:45

[ACG37-03] Marginal ice zone sea ice observations in the refreezing Chukchi Sea

*野瀬 毅彦[1]、小平 翼[1]、早稲田 卓爾[1]、猪上 淳[2] (1.東京大学、2.国立極地研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG37-04] **東ユーラシアの5つの領域における機械学習を使った森林火災と大気汚染の予測**

*安成 哲平[1,2]、瀧川 一学[3]、Kim Kyu-Myong[4]、da Silva Arlindo[4] (1.北海道大学　大学院工学研究院、2.北海道大学　北極域研究センター、3.北海道大学　大学院情報科学研究科、4.NASA Goddard Space Flight Center)

10:00 ~ 10:15

[ACG37-05] Hydrological Changes in the Four Largest Siberian Arctic River Basins

*鈴木 和良[1]、檜山 哲哉[2]、市井 和仁[3]、飯島 慈裕[4]、松尾 功二[5]、山崎 大[6,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.千葉大学、4.三重大学生物資源学研究科、5.国土地理院、6.東京大学生産技術研究所)

10:15 ~ 10:30

[ACG37-06] LバンドSARによる中央ヤクーチアにおけるサーモカルストに伴う地盤沈下マッピング

*阿部 隆博[1]、岩花 剛[2,3]、田殿 武雄[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター、2.アラスカ大学フェアバンクス校 国際北極圏研究センター、3.北海道大学 北極域研究センター)

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

10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[A-CG37] 北極域の科学

コンビーナ:漢那 直也(北海道大学北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)、中村 哲(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、鄭 峻介(北海道大学 北極域研究センター)、座長:鄭 俊介(北海道大学 北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)

10:45 ~ 11:00

[ACG37-07] 東シベリア・バタガイ周辺における森林火災に伴う永久凍土の融解沈下と凍上量の時空間変化

*柳谷 一輝[1]、古屋 正人[2] (1.北海道大学大学院理学院、2.北海道大学大学院理学研究院)

11:00 ~ 11:15

[ACG37-08] 近年の気候変動に伴う凍土海岸変動ダイナミクス：西シベリア北極海カラ海の例

*Kioka A.[1,2]、Isaev V.S.[2]、Koshurnikov A.V.[2]、Pogorelov A.[2]、Amangurov R.M.[2]、Podchasov O.[2]、Sergeev D.O.[3]、Buldovich S.N.[2]、Aleksyutina D.M.[4]、Grishakina E.A.[5] (1.インスブルック大学地質学専攻、2.モスクワ大学凍土学専攻、3.ロシア科学アカデミーSergeev環境地球科学研究所、4.モスクワ大学北極域地生態研究センター、5.ロシア科学アカデミーVernadsky地球化学・分析化学研究所)

11:15 ~ 11:30

[ACG37-09] グリーンランド北西部Heilprin氷河の末端位置変動における基盤地形の影響

*浅地 泉[1,2]、榊原 大貴[3]、安藤 卓人[3]、杉山 慎[1] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.北海道大学北極域研究センター)

11:30 ~ 11:45

[ACG37-10] グリーンランド北西部カナック氷河における融解水の流出と洪水

*近藤 研[1,2]、榊原 大貴[3,2]、福本 峻吾[1,2]、杉山 慎[2] (1.北海道大学環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.北海道大学北極域研究センター)

11:45 ~ 12:00

[ACG37-11] グリーンランド北西部のシオラパルク付近におけるおろし風の出現頻度

*橋本 明弘[1]、山崎 哲秀[2]、青木 輝夫[3,1]、庭野 匡思[1]、山口 悟[4] (1.気象研究所、2.アバンナット北極プロジェクト、3.岡山大学　大学院自然科学研究科、4.防災科学技術研究所　雪氷防災研究センター)

12:00 ~ 12:15

[ACG37-12] Impacts of clouds on the Greenland ice sheet surface melt and mass balance

*庭野 匡思[1]、橋本 明弘[1]、青木 輝夫[2] (1.気象研究所、2.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 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 | 303 3F

[A-CG37] 北極域の科学

コンビーナ:漢那 直也(北海道大学北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)、中村 哲(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、鄭 峻介(北海道大学 北極域研究センター)、座長:漢那 直也(北海道大学 北極域研究センター)

15:30 ~ 15:45

[ACG37-13] 国際北極科学委員会プロジェクト「T-MOSAiC」紹介

内田 雅己[1]、*末吉 哲雄[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所)

15:45 ~ 16:00

[ACG37-14] ICESatならびにCryoSat-2 dataを用いたオホーツク海の氷厚ならびにice volumeの推定

*二橋 創平[1]、Kurtz Nathan[2]、豊田 威信[3] (1.苫小牧高専、2.NASA GSFC、3.北海道大学 低温科学研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG37-15] Arctic Sea Ice Changes in the DAMIP experiments using the MRI Earth System Model

*相澤 拓郎[1]、石井 正好[2]、大島 長[2]、行本 誠史[2]、羽角 博康[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象研究所)

16:15 ~ 16:30

[ACG37-16] **Oceanographic Observation in the Refreezing Warm Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise**

*小平 翼[1]、野瀬 毅彦[1]、早稲田 卓爾[1]、猪上 淳[2] (1.東京大学、2.国立極地研究所)

16:30 ~ 16:45

[ACG37-17] **Observed Waves in the refreezing eastern Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise**

*早稲田 卓爾[1]、野瀬 毅彦[1]、小平 翼[1]、Kohout Alison[2]、Gemmrich Johannes[3]、Shen Hui[4]、Inoue Jun[5] (1.東京大学、2.National Institute of Water and Atmospheric Research、3.University of Victoria、4.Bedford Institute of Oceanography、5.National Institute for Polar Research)

16:45 ~ 17:00

[ACG37-18] グリーンランド北西部ボードインフィヨルドにおけるカービング氷河末端付近での係留系観測

*藤支 良貴[1,2]、深町 康[1,3]、漢那 直也[3]、杉山 慎[1,3] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.北海道大学北極域研究センター)

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

13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-DS15] 人間環境と災害リスク

コンビーナ:青木 賢人(金沢大学地域創造学類)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:青木 賢人(金沢大学地域創造学類)

13:45 ~ 14:00

[HDS15-01] 空中写真判読と浅部物理探査結果の対比による埋土層の不均質分布とその液状化・流動化

*稲崎 富士[1]、小河原 敬徳[1] (1.土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ)

14:00 ~ 14:15

[HDS15-02] 2018年北海道胆振東部地震に伴い変動した谷埋め盛土造成地の分布形態

*中埜 貴元[1]、藤原 智[1]、宇根 寛[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[HDS15-03] 自然堤防の比高による液状化危険度の違いについて

*小荒井 衛[1]、内山 滉太[1]、中埜 貴元[2] (1.茨城大学理学部理学科地球環境科学コース、2.国土地理院)

14:30 ~ 14:45

[HDS15-04] **大規模水害時における社会的脆弱性の空間的分析−東京都葛飾区を事例に−**

*連 暁[1] (1.筑波大学)

14:45 ~ 15:00

[HDS15-05] 南海トラフ巨大地震に関する見通しの可視化の意義と方法

*福島 洋[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

15:00 ~ 15:15

[HDS15-06] リアルタイム防災情報を活用した効率的な津波避難の検討

*大石 裕介[1,2,3]、古村 孝志[2]、今村 文彦[3]、三原 宜輝[4]、牧野嶋 文泰[3]、山下 啓[3]、東山 孝生[5]、後藤 知範[5]、大村 誠[4]、永山 実幸[4] (1.富士通研究所、2.東京大学地震研究所、3.東北大学災害科学国際研究所、4.川崎市総務企画局危機管理室、5.富士通株式会社)

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

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

[H-TT23] 地理情報システムと地図・空間表現

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)、田中 一成(大阪工業大学工学部都市デザイン工学科)、中村 和彦(東京大学)、座長:小荒井 衛(茨城大学)、田中 一成(大阪工業大学)

10:45 ~ 11:00

[HTT23-01] **(Web)GISとRによる$PM_{2.5}$およびオキシダント濃度解析**

★招待講演

*山川 純次[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科)

11:00 ~ 11:15

[HTT23-02] 中国深圳市における城中村の空間構造と変容

*欒 雅蓉

11:15 ~ 11:30

[HTT23-03] 東京都全域における路地空間の立地特性に関する研究

*谷口 亮[1]、石川 剛[1]、岡 檀[2] (1.株式会社東京地図研究社、2.情報・システム研究機構 統計数理研究所)

11:30 ~ 11:45

[HTT23-04] 歌詞を用いた夜景写真の分析

*駒井 大輝[1]、田中 一成[1] (1.大阪工業大学)

11:45 ~ 12:00

[HTT23-05] 周辺との関係からみた看板設置に関する評価手法

*岸川 明弘[1]、田中 一成[1] (1.大阪工業大学)

12:00 ~ 12:15

[HTT23-06] 俯瞰景観における景観要素

*田中 伸明[1]、田中 一成[1] (1.大阪工業大学)

[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

9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[H-CG31] 原子力と地球惑星科学

コンビーナ:笹尾 英嗣(国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター)、幡谷 竜太(一般財団法人電力中央研究所)、竹内 真司(日本大学文理学部地球科学科)、座長:新里 忠史

9:00 ~ 9:15

[HCG31-01] **陸域からの外挿による沿岸海域の後期更新世の隆起量評価とその不確実性**

*幡谷 竜太[1]、濵田 崇臣[1]、清水 洋平[1] (1.一般財団法人　電力中央研究所)

9:15 ~ 9:30

[HCG31-02] 沿岸部における地下水流動性の地下水年代測定による調査

*長谷川 琢磨[1]、中田 弘太朗[1]、富岡 祐一[1]、太田 朋子[1]、丸井 敦尚[2]、町田 功[2]、井川 怜欧[2]、小野 昌彦[2]、松本 親樹[2] (1.一般財団法人　電力中央研究所 、2. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

9:30 ~ 9:45

[HCG31-03] 地下坑道での弾性・比抵抗測定に基づいた岩盤透水性の推定

*川口 草太[1]、後藤 忠徳[1]、柏谷 公希[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

9:45 ~ 10:00

[HCG31-04] 地下水および物質移行経路と花崗岩冷却過程の関係に関する検討

*笹尾 英嗣[1]、湯口 貴史[2]、石橋 正祐紀[1] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、2.山形大学　理学部)

10:00 ~ 10:15

[HCG31-05] 物質移行の観点から見た付加体中の不連続構造の特徴

*竹内 真司[1]、倉田 力[1]、丹羽 正和[2]、植木 忠正[2] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.日本原子力研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[HCG31-06] Retardation of Cs and Sr leachings by geopolymer matrices with zeolte and titanate adsorbent

*黒田 知眞[1]、Soonthornwiphat Natatsawas[1]、Chaerun Raudhatul Islam[1]、Hnin Wint Wint Two[1]、戸田 賀奈子[1]、小林 佑太朗[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2] (1.北海道大学工学院、2.北海道大学工学研究院)

[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

10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[H-CG31] 原子力と地球惑星科学

コンビーナ:笹尾 英嗣(国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター)、幡谷 竜太(一般財団法人電力中央研究所)、竹内 真司(日本大学文理学部地球科学科)、座長:竹内 真司

10:45 ~ 11:00

[HCG31-07] 地層処分における地下施設の閉鎖後モニタリングの留意点

*村上 裕晃[1]、渡辺 勇輔[1]、福田 健二[1]、岩月 輝希[1] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[HCG31-08] 福島県阿武隈山地の森林域における放射性セシウム環境動態に関する長期モニタリング

*新里 忠史[1]、渡辺 貴善[1]、佐々木 祥人[1]、三田地 勝昭[2]、伊藤 聡美[1]、阿部 寛信[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.エイ・ティ・エス株式会社)

11:15 ~ 11:30

[HCG31-09] 福島第一原発汚染水問題を踏まえた地層処分の問題点

*柴崎 直明[1] (1.福島大学)

11:30 ~ 11:45

[HCG31-10] 新潟県を例にHLRW科学的特性マップの非科学性の検証と、処分場検討の進め方の基本課題

*赤井 純治[1]、大野 隆一郎 (1.新潟大学名誉教授)

11:45 ~ 12:00

[HCG31-11] 埼玉県における「科学的特性マップ」の問題点と高レベル放射性廃棄物（HLW）の保管方法

*関根 一昭[1]、末永 和幸[2]、小林 忠夫 (1.埼玉県立秩父高等学校、2.末永環境地質調査事務所)

[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-CG34] 原子力災害被災地おける農業再生と風評被害払拭のための教育研究

コンビーナ:溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)、座長:溝口 勝(東京大学)、登尾 浩助(明治大学農学部)

15:30 ~ 15:45

[HCG34-01] 原子力災害被災地おける農業再生と風評被害払拭のための教育研究

*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

15:45 ~ 16:00

[HCG34-02] 飯舘村「農」の再生に向けて

★招待講演

杉岡 誠[2]、*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科、2.飯舘村復興対策課)

16:00 ~ 16:15

[HCG34-03] 土壌分画別セシウム吸収による作物毎の違い

*二瓶 直登[1]、大前 芳美[1]、古川 真[1]、吉田 修一郎[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:15 ~ 16:30

[HCG34-04] 福島県飯舘村における山菜とキノコによる農業再生

*登尾 浩助[1]、福山 雄大[2]、藤田 理子[1]、杉野 弘明[2]、溝口 勝[2] (1.明治大学、2.東京大学)

16:30 ~ 16:45

[HCG34-05] 被災地におけるスタディツアーが参加者の抱く訪問先への愛着に与える影響 ‐農学部学生を中心とした福島県飯舘村訪問を事例に‐

*蛯谷 夏海[1]、溝口 勝[1]、杉野 弘明[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

[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 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS12] 地殻構造

コンビーナ:中東 和夫(東京海洋大学)、座長:村井 芳夫(北海道大学)、豊国 源知(東北大学)

13:45 ~ 14:00

[SSS12-01] 収縮脱水する大陸下部地殻：地殻活動への応力・流体の二元的作用

*小山 岳人[1] (1.東京大学生産技術研究所)

14:00 ~ 14:15

[SSS12-02] 海陸地震観測から得られた北海道南部の島弧－島弧衝突帯から太平洋プレート沈み込み帯前弧域の地震波速度構造

*村井 芳夫[1]、勝俣 啓[1]、高波 鐵夫[2]、渡邊 智毅[3]、山品 匡史[4]、長 郁夫[5]、田中 昌之[6]、東 龍介[7] (1.北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センター、2.米国ワシントンDCカーネギー研究所、3.マリン・ワーク・ジャパン、4.高知大学理学部、5.産業技術総合研究所、6.気象研究所、7.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

14:15 ~ 14:30

[SSS12-03] Structural Complexity Associated with Arc-Arc Collision in Hokkaido Island, Japan - Review on Controlled-Source Seismic Researches in Western and Central Hokkaido -

★Invited Papers

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、佐藤 比呂志[1] (1.東京大学地震研究所、2.千葉大学大学院理学研究院、3.地震予知総合研究振興会、4.北海道総合地質学研究センター)

14:30 ~ 14:45

[SSS12-04] Seismic imaging of the eastern Japan forearc region using S-net data

*豊国 源知[1]、趙 大鵬[1]、内田 直希[1]、中山 貴史[1] (1.東北大・理・予知セ)

14:45 ~ 15:00

[SSS12-05] いわき地域における地殻内反射面と地震活動との関係

*飯高 隆[1]、酒井 慎一[1]、五十嵐 俊博[1]、小原 一成[1]、加藤 愛太郎[1]、武田 哲也[2]、中川 茂樹[1] (1.東京大学地震研究所、2.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[SSS12-06] 首都圏下における異常な地震波異方性分布（１）フィリピン海スラブマントル

*石瀬 素子[1]、酒井 慎一[1]、加藤 愛太郎[1]、青井 真[2]、松原 誠[2] (1.東京大学地震研究所、2.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

15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS12] 地殻構造

コンビーナ:中東 和夫(東京海洋大学)、座長:鶴我 佳代子(東京海洋大学)、山本 揚二朗(海洋研究開発機構)

15:30 ~ 15:45

[SSS12-07] 駿河湾横断海陸統合地殻構造探査

*佐藤 比呂志[1]、鶴我 佳代子[2]、馬場 久紀[3]、石山 達也[1]、川崎 慎治[4]、田中 康久[4]、林 俊史[2]、関野 善広[2]、篠原 雅尚[1]、岩崎 貴哉[1]、松原 誠[5]、平田 直[1,5] (1.東京大学地震研究所、2.東京海洋大学、3.東海大学、4.（株）地球科学総合研究所、5.防災科学技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS12-08] 東京海洋大学「神鷹丸」による駿河湾北部における反射法・屈折法地震探査（序報）

*鶴我 佳代子[1]、佐藤 比呂志[2]、馬場 久紀[3]、関野 善広[1]、林 敏史[1]、近藤 逸人[1]、青山 千春[1]、會川 鉄太郎[1]、石山 達也[2]、篠原 雅尚[2]、川崎 慎次[4]、田中 康久[4] (1.東京海洋大学、2.東京大学、3.東海大学、4.(株)地球科学総合研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS12-09] 駿河湾北部-富士川河口断層帯におけるエアガン-OBS構造探査（序報）

*馬場 久紀[1]、鶴我 佳代子[2]、佐藤 比呂志[3]、石山 達也[3]、篠原 雅尚[3]、西宮 隆仁[4]、阿部 信太郎[5] (1.東海大学海洋学部海洋地球科学、2.東京海洋大学、3.東京大学地震研究所、4.気象庁気象研究所、5.地震予知振興会)

16:15 ~ 16:30

[SSS12-10] 内浦湾における活断層イメージングのための三次元減衰プロファイリング

*鶴 哲郎[1]、清水 史緒[1]、小川 真由[1]、朴 進午[2]、古山 精史朗[1]、荒井 晃作[3]、井上 卓彦[3]、郭 晨[2] (1.東京海洋大学、2.東京大学大気海洋研究所、3.産業技術総合研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS12-11] 愛知県西尾市における高浜断層及び横須賀断層の延長部における重力探査

*竜沢 篤ノ助[1,2]、住田 達哉[2]、伊藤 忍[2]、阿部 朋弥[2] (1.早稲田大学大学院創造理工学研究科地球・環境資源理工学専攻、2.産業技術総合研究所)

16:45 ~ 17:00

[SSS12-12] Subduction geometry and seismicity around northern Ryukyu subduction zone

*山本 揚二朗[1]、高橋 努[1]、石原 靖[1]、尾鼻 浩一郎[1]、三浦 誠一[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2] (1.海洋研究開発機構、2.香川大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GL 地質学

9:00 ~ 10:30 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GL27] 地球年代学・同位体地球科学

コンビーナ:田上 高広(京都大学大学院理学研究科)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、座長:田上 高広、佐野 有司

9:00 ~ 9:30

[SGL27-01] 宇宙線生成核種を用いた地形および地表近傍構成物の年代測定: 適用性と限界

★招待講演

*松四 雄騎[1] (1.京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野)

9:30 ~ 9:45

[SGL27-02] 宇宙線生成核種法を用いた海成侵食段丘の離水年代の推定：宮崎県日向市の事例（速報）

*末岡 茂[1]、小松 哲也[1]、松四 雄騎[2]、代永 佑輔[1]、佐野 直美[1]、平尾 宣暁[1]、植木 忠正[1]、藤田 奈津子[1]、國分 陽子[1]、丹羽 正和[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.京都大学防災研究所)

9:45 ~ 10:00

[SGL27-03] Multi-OSL熱年代法による土岐花崗岩体の10万年スケールの熱履歴推定

*小形 学[1]、King Georgina[2]、Herman Frédéric[2]、末岡 茂[1] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センター、2.ローザンヌ大学)

10:00 ~ 10:15

[SGL27-04] 地震時に石英ガウジが光刺激ルミネッセンス（OSL）信号を消失する深度条件

*蓑毛 裕希[1]、大橋 聖和[1]、長谷部 徳子[2]、三浦 知督[3] (1.山口大学大学院創成科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター、3.金沢大学)

10:15 ~ 10:30

[SGL27-05] 北陸層群からいくつかの年代測定結果の報告

*長谷部 徳子[1]、上口 椋[2] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学地球学教室)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GL 地質学

10:45 ~ 12:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GL27] 地球年代学・同位体地球科学

コンビーナ:田上 高広(京都大学大学院理学研究科)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、座長:佐野 有司、田上 高広

10:45 ~ 11:15

[SGL27-06] Geochemical origin/cycle analysis with isotopologues and isotopomers

★Invited Papers

*吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学物質理工学院, 地球生命研究所)

11:15 ~ 11:30

[SGL27-07] カナダ・ラブラドールの堆積岩を用いた古環境の推定

*須藤 克誉[1]、佐野 有司[1]、小宮 剛[1]、Bakert David[2]、Michael Broadley[2]、Bernard Marty[2] (1.東京大学、2.CRPG-CNRS, Université de Lorraine)

11:30 ~ 11:45

[SGL27-08] 高圧合成試料に基づくメソシデライト・ジルコンのHf-W年代測定

*小山 雄大[1]、高畑 直人[1]、佐野 有司[1]、杉浦 直治[1]、小池 みずほ[2]、羽場 麻希子[3]、坂田 周平[4]、桑原 秀治[5]、入舩 徹男[5] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.東京工業大学、4.学習院大学、5.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

11:45 ~ 12:15

[SGL27-09] 放射年代と天文年代ー国際年代層序表における年代数値に関連して

★招待講演

*兼岡 一郎[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-MP 岩石学・鉱物学

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

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

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

9:00 ~ 9:15

[SMP32-19] Thermal interaction of the lithosphere and asthenosphere revealed from internal variations of pressure-temperature history in orogenic peridotite complexes

*小澤 一仁[1]、ガリド カルロス[2]、ヒダス カロリ[2]、ボディニエ ジャン・ルイ[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.アンダルシア地球科学研究所、3.モンペリエ地球科学研究機構)

9:15 ~ 9:30

[SMP32-20] **Hydration and Ca-metasomatism in Mantle Wedge: An evidence from the Alag Khadny Accretionary Wedge, Western Mongolia**

*OTGONBAYAR DANDAR[1]、Atsushi Okamoto[1]、Masaoki Uno[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

9:30 ~ 9:45

[SMP32-21] **Attenuated Total Reflection Infrared (ATR-IR) Spectroscopy of Antigorite, Chrysotile and Lizardite**

*Ilona Talvikki Sakaguchi[1] (1.Nagoya University)

9:45 ~ 10:00

[SMP32-22] 南西インド洋海嶺Marion transform断層において採取された変形かんらん岩の構造岩石学的特徴

*柿畑 優季[1]、道林 克禎[2]、Dick Henry[3] (1.静岡大学大学院総合科学技術研究科、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.ウッズホール海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[SMP32-23] 一ノ目潟産スピネルカンラン岩捕獲岩から読み解くリソスフェア-アセノスフェア境界領域の構造と形成機構

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

10:15 ~ 10:30

[SMP32-24] 変成岩の縞構造と塑性不安定

*鳥海 光弘[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-VC 火山学

13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC37] 火山噴火のダイナミクスと素過程

コンビーナ:鈴木 雄治郎(東京大学地震研究所)、座長:鈴木 雄治郎(東京大学　地震研究所)、志水 宏行(東京大学地震研究所)

13:45 ~ 14:00

[SVC37-01] 巨大地震による山体の共振は噴火を誘発したり阻止したりする

*並木 敦子[1]、Rivalta Eleonora[2]、Woith Heiko[2]、Willey Timothy[2]、Parolai Stefano[3]、Walter Thomas[2] (1.広島大学総合科学研究科 環境自然科学講座、2.GFZ、3.OGS)

14:00 ~ 14:15

[SVC37-02] **低水蒸気圧下における安山岩質軽石の石基結晶化実験**

*安川 宙葵[1]、無盡 真弓[1]、中村 美千彦[1]、大槻 静香[2] (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、2.産業技術総合研究所)

14:15 ~ 14:30

[SVC37-03] 斜長石斑晶から読み解く噴火前マグマ進化と水の挙動：富士山宝永噴火への応用

*飯塚 毅[1]、原田 智代[1]、清水 健二[2]、牛久保 孝行[2]、浜田 盛久[2]、吉本 充宏[3] (1.東京大学、2.海洋開発研究機構、3.富士山科学研究所)

14:30 ~ 14:45

[SVC37-04] Probing magmatic processes just prior to historic eruptions at Sakurajima volcano: Toward understanding “magma pre-charge”

*新谷 直己[1]、中村 美千彦[1]、奥村 聡[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)

14:45 ~ 15:00

[SVC37-05] 桜島火山ブルカノ式噴火前のマグマプロセス：岩石学・地球物理学の連携研究

*坂内 野乃[2]、中村 美千彦[2]、安田 敦[1]、奥村 聡[2]、新谷 直己[2]、井口 正人[3]、味喜 大介[3]、下司 信夫[4] (1.東京大学地震研究所、2.東北大学理学研究科地学専攻地球惑星物質科学講座、3.京都大学防災研究所火山活動研究センター、4.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

15:00 ~ 15:15

[SVC37-06] 新燃岳2018年噴火のドーム形成に伴う間欠的ガス放出

★招待講演

*山田 大志[1]、上田 英樹[1]、森 俊哉[2]、棚田 俊收[1] (1.防災科学技術研究所、2.東京大学大学院理学系研究科　地殻化学実験施設)

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

15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC37] 火山噴火のダイナミクスと素過程

コンビーナ:鈴木 雄治郎(東京大学地震研究所)、座長:鈴木 雄治郎(東京大学　地震研究所)、山田 大志

15:30 ~ 15:45

[SVC37-07] 回折音場を考慮した空振振幅の推定

*石井 杏佳[1]、横尾 亮彦[1] (1.京都大学大学院理学研究科)

15:45 ~ 16:00

[SVC37-08] 間欠泉アナログ実験における圧力変動のメカニズムと周波数支配要因

*手嶌 法子[1]、寅丸 敦志[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)

16:00 ~ 16:15

[SVC37-09] 大規模火砕流の到達距離に対する温度の影響: 二層重力流モデルによる数値シミュレーション

*志水 宏行[1]、小屋口 剛博[1]、鈴木 雄治郎[1] (1.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SVC37-10] **九重山54kaプリニー式噴火による降下軽石（Kj-P1）の粒度分布**

*辻 智大[1]、岸本 博志[2]、藤田 浩司[2]、中村 千怜[3]、長田 朋大[3]、木村 一成[3]、池田 倫治[1]、西坂 直樹[4]、大西 耕造[4] (1.株式会社四国総合研究所、2.アジア航測株式会社、3.株式会社ナイバ、4.四国電力株式会社)

16:30 ~ 16:45

[SVC37-11] 霧島火山，2018年新燃岳噴火のEAI法による火山灰堆積量推定手法－数少ない観測値からの分析方法

*田島 靖久[1]、中田 節也[2]、長井 雅史[2]、前野 深[3]、及川 純[3]、及川 輝樹[4]、宮縁 育夫[5]、長谷中 利昭[5]、川口 允孝[5] (1.日本工営(株)中央研究所、2.防災科学技術研究所、3.東京大学地震研究所、4.産業技術総合研究所、5.熊本大学)

16:45 ~ 17:00

[SVC37-12] 光学式ディスドロメータによる降灰測定：噴煙観測におけるレーダーパラメータへの制約
★招待講演

*小園 誠史[1]、井口 正人[2]、三輪 学央[3]、真木 雅之[4]、前坂 剛[3]、味喜 大介[2]、西村 太志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学防災研究所火山活動研究センター、3.防災科学技術研究所、4.鹿児島大学地震火山地域防災センター)

[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 | A11 東京ベイ幕張ホール

[S-TT43] 地震観測・処理システム

コンビーナ:前田 宜浩(防災科学技術研究所)、座長:篠原 雅尚(東京大学地震研究所観測開発基盤センター)

10:45 ~ 11:00

[STT43-01] 連続観測用ボアホール応力計の特徴に関するまとめと考察

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

11:00 ~ 11:15

[STT43-02] 海中浮遊ロボットMERMAIDによる地震観測

*大林 政行[1]、杉岡 裕子[2] (1.独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野、2.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

11:15 ~ 11:30

[STT43-03] 高温光ファイバーとDASテクノロジーを使った250℃を超える環境下の坑井内での地震観測

*木村 恒久[1] (1.シュルンベルジェ)

11:30 ~ 11:45

[STT43-04] DAS計測技術を用いた三陸沖光ケーブル観測システムにおける高密度海底地震観測の試み

*篠原 雅尚[1]、山田 知朗[1]、悪原 岳[1]、望月 公廣[1]、笠嶋 丈夫[2]、有岡 孝祐[2]、濱川 雅之[3]、久保田 俊輔[4] (1.東京大学地震研究所、2.富士通研究所、3.富士通、4.ワイケー技研)

[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 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-CG52] 岩石・鉱物・資源

コンビーナ:野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、齊藤 哲(愛媛大学大学院理工学研究科)、門馬 綱一(独立行政法人国立科学博物館)、土谷 信高(岩手大学教育学部地学教室)、座長:野崎 達生(海洋研究開発機構)、齊藤 哲

10:45 ~ 11:00

[SCG52-01] Coordinated sample preparation with cryo-FIB-SEM and X-ray CT: Applications to chemical analysis for fluid inclusions in minerals

*兒玉 優[1]、富岡 尚敬[2]、川本 竜彦[3]、黒田 潤一郎[4]、村山 雅史[5]、伊藤 元雄[2] (1.株式会社マリン・ワーク・ジャパン、2.海洋研究開発機構 高知コア研究所、3.静岡大学 理学部 地球科学科、4.東京大学大気海洋研究所、5.高知大学農林海洋科学部)

11:00 ~ 11:15

[SCG52-02] 粘土鉱物微粒子の全自動粒子画像解析とナノトラッキング解析を用いた精密粒子評価に関する可能性検討

*笹倉 大督[1]、早内 愛子[1]、木村 匠[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.琉球大学　農学部)

11:15 ~ 11:30

[SCG52-03] 天然産(Na,REE,Ca)(Ti, Nb)O_3ペロブスカイト型結晶の構造精密化とXAFS法による微量元素の局所構造

*北原 銀河[1]、吉朝 朗[1]、徳田 誠[1]、杉山 和正[2] (1.熊本大学、2.東北大学)

11:30 ~ 11:45

[SCG52-04] 新燃岳2011年噴火噴出物における石基輝石結晶の晶相に対する結晶サイズ分布

*奥村 翔太[1]、無盡 真弓[2]、土山 明[1]、下林 典正[1]、三宅 亮[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室、2.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)

11:45 ~ 12:00

[SCG52-05] 北上山地から見いだされた「ラテライト質」変成岩の化学組成とジルコンU-Pb年代について

*土谷 信高[1]、熊谷 大和[1]、足立 達朗[2]、中野 伸彦[2]、小山内 康人[2] (1.岩手大学教育学部地学教室、2.九州大学比較社会文化研究院)

12:00 ~ 12:15

[SCG52-06] 領家花崗岩類における同時性岩脈のできかた

*中島 隆[1]、神山 裕幸[2]、Williams Ian[3] (1.産総研地質調査総合センター、2.上山試錐工業（株）、3.Australian National University)

[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-CG53] 活断層による環境形成・維持

コンビーナ:小泉 尚嗣(滋賀県立大学環境科学部)、山野 誠(東京大学地震研究所)、笠谷 貴史(海洋研究開発機構)、濱元 栄起(埼玉県環境科学国際センター)、座長:小泉 尚嗣、後藤 忠徳(京都大学大学院工学研究科)

10:45 ~ 11:00

[SCG53-01] **滋賀県安曇川の水質に及ぼす花折断層・琵琶湖西岸断層の影響**

*小泉 尚嗣[1]、植田 雅大[1]、箕手 慎介[1]、田中 達也[1]、丸尾 雅啓[1]、三谷 寛人[2] (1.滋賀県立大学環境科学部、2.大黒天物産株式会社)

11:00 ~ 11:15

[SCG53-02] びわ湖深底部におけるベント活動

★招待講演

*熊谷 道夫[1] (1.立命館大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG53-03] 海域の断層近傍における熱流量異常に基づく流体流動の推定

*山野 誠[1]、後藤 秀作[2]、川田 佳史[3]、濱元 栄起[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.東北大学災害科学国際研究所、4.埼玉県環境科学国際センター)

11:30 ~ 11:45

[SCG53-04] 地球物理学的調査に基づいて、活断層の透水性は定量化できるのか？

*後藤 忠徳[1]、川口 草太[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SCG53-05] 1995年兵庫県南部地震後の野島断層帯の回復過程

*村上 英記[1]、大志万 直人[2]、吉村 令慧[2]、三浦 勉[2]、加茂 正人[2] (1.高知大教育研究部自然科学系、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SCG53-06] 活断層による環境形成・維持に関する総合討論

*小泉 尚嗣[1] (1.滋賀県立大学環境科学部)

[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 | A11 東京ベイ幕張ホール

[S-CG55] 地殻流体と地殻変動

コンビーナ:北川 有一(産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ)、小泉 尚嗣(滋賀県立大学環境科学部)、梅田 浩司(弘前大学大学院理工学研究科)、角森 史昭(東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)、座長:北川 有一(産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ)、角森 史昭(東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

9:00 ~ 9:15

[SCG55-01] 北勢観測点の地下水圧を用いた短期的SSEの断層モデルの推定

*北川 有一[1]、松本 則夫[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ)

9:15 ~ 9:35

[SCG55-02] 2018年北海道胆振東部地震における地下水位の変化

★招待講演

*柴田 智郎[1]、高橋 良[2]、高橋 浩晃[3]、鹿児島 渉悟[4]、佐野 有司[4]、Pinti Daniele[5] (1.京都大学大学院理学研究科、2.北海道立総合研究機構　地質研究所、3.北海道大学大学院理学研究科、4.東京大学大気海洋研究所、5.GEOTOP, Université du Québec)

9:35 ~ 9:50

[SCG55-03] 2016年熊本地震後の河川流量変化

*小泉 尚嗣[1]、箕手 慎介[1]、田中 達也[1] (1.滋賀県立大学環境科学部)

9:50 ~ 10:05

[SCG55-04] ガンマ線スペクトル計測による土壌ラジウム濃度測定システムの開発

*角森 史昭[1]、永井 滋一[2]、吉井 淳治[3]、木村 吉秀[4]、鎌倉 快之[5]、井上 雄紀[5]、佐藤 典仁[6]、櫻木 史郎[7]、志水 隆一[8]、V Gluchschenko[9] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.三重大学、3.福島県立医科大学、4.大阪大学、5.大阪工業大学、6.千代田テクノル、7.ユニオンマテリアル、8.大阪大学産連本部、9.カザフスタン核物理研究所)

10:05 ~ 10:25

[SCG55-05] 八代海海底活断層分布地域のラドン濃度分布

★招待講演

*川端 訓代[1]、角森 史昭[2]、北村 有迅[1]、白鳳丸 KH18-3次研究航海乗船者一同 (1.鹿児島大学理工学研究科、2.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

[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 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG58] 脆性延性境界と超臨界地殻流体：島弧地殻エネルギー

コンビーナ:土屋 範芳(東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻)、浅沼 宏(産業技術総合研究所・再生可能エネルギー研究センター)、小川 康雄(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、長縄 成実(国立大学法人秋田大学)、座長:土屋 範芳、岡本 敦

13:45 ~ 13:55

[SCG58-01] 沈み込み帯における物質とエネルギー輸送としての超臨界地熱資源

*土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻)

13:55 ~ 14:05

[SCG58-02] NEDO超臨界地熱プロジェクトの概要

*浅沼 宏[1] (1.産業技術総合研究所・再生可能エネルギー研究センター)

14:05 ~ 14:30

[SCG58-03] 静水圧下での温度降下に伴う水と塩水からの鉱物の沈殿と溶解

★招待講演

*星野 健一[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

14:30 ~ 14:45

[SCG58-04] 超臨界岩石—水相互作用のための溶存種の熱力学データ：溶解実験と密度を用いた外挿

*岡本 敦[1]、石井 肇[1]、大柳 良介[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.海洋研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SCG58-05] 有馬－高槻断層帯に沿って分布する高塩分温泉水に含まれるアンモニウムイオンの窒素同位体比

*網田 和宏[1]、中村 高志[2]、大沢 信二[3] (1.秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学専攻土木環境工学コース、2.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター、3.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）)

15:00 ~ 15:15

[SCG58-06] **岩石–水反応帯から見積もる地殻内の流体圧勾配と浸透率**

*宇野 正起[1]、Diana Mindaleva[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

[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

15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG58] 脆性延性境界と超臨界地殻流体：島弧地殻エネルギー

コンビーナ:土屋 範芳(東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻)、浅沼 宏(産業技術総合研究所・再生可能エネルギー研究センター)、小川 康雄(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、長縄 成実(国立大学法人秋田大学)、座長:土屋 範芳

15:30 ~ 15:45

[SCG58-07] 表面波トモグラフィ解析による火山地域の3次元S波速構造の推定

*二宮 啓[1]、池田 達紀[1]、辻 健[1] (1.九州大学)

15:45 ~ 16:00

[SCG58-08] ニューラルネットワークを用いた葛根田地熱地域の比抵抗構造を基にした温度及び浸透率分布の推定

*宇郷 翼[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3] (1.北海道大学工学部環境社会工学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大学大学院工学研究院環境循環システム部門)

16:00 ~ 16:15

[SCG58-09] Preliminary report on geothermal structure revealed by geological and MT surveys around Akayumatasawa river in Sanzugawa caldera, NE Japan

*布原 啓史[1]、Kuo Hsuan Tseng[2]、岡野 広樹[1]、小川 康夫[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.東京工業大学理学院)

16:15 ~ 16:30

[SCG58-10] 弾性波計測に基づく超臨界地熱環境における水圧破砕現象の特性評価

*三浦 崇宏[1]、渡邉 則昭[1]、坂口 清敏[1]、後藤 遼太、山根 宏太、駒井 武[1]、陳 友晴[2]、石橋 琢也[3]、土屋 範芳[1] (1.東北大学環境科学研究科、2.京都大学エネルギー科学研究科、3.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　福島再生可能エネルギー研究所)

16:30 ~ 16:45

[SCG58-11] サーマルクラックを含む花崗岩の輸送間隙径の測定と浸透率との関係性

*末吉 和公[1]、横山 正[2]、片山 郁夫[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.広島大学大学院総合科学研究科)

16:45 ~ 17:00

[SCG58-12] Geothermal reservoir evaluation by using TL of Quartz and Fluid Flow Simulation Model of the Kakkonda system in Japan

*Alvaro Josue Amaya[1]、Nobuo Hirano[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1] (1.Tohoku University. Graduate School of Environmental Studies)

[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 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-CG59] 地震動・地殻変動・津波データの即時把握・即時解析・即時予測

コンビーナ:小木曽 仁(気象庁気象研究所)、近貞 直孝(防災科学技術研究所)、川元 智司(国土交通省国土地理院)、干場 充之(気象研究所)、座長:干場 充之(気象研究所)、川元 智司(国土地理院)

13:45 ~ 14:00

[SCG59-01] Earthquake early warning in the United States and beyond

★Invited Papers

*Richard M Allen[1] (1.University of California Berkeley)

14:00 ~ 14:15

[SCG59-02] 地震計設置地点環境と早期地震諸元推定結果の関係に関する検討

*丹羽 健友[1]、岩田 直泰[1]、山本 俊六[1] (1.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

14:15 ~ 14:30

[SCG59-03] データ同化に基づく地中地震記録を用いた地表地震動の予測（２）

*石原 正也[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻固体地球物理学講座)

14:30 ~ 14:45

[SCG59-04] 長周期地震動の即時予測システムの開発及び実証実験

★招待講演

*青井 真[1]、木村 武志[1]、功刀 卓[1]、鈴木 亘[1]、Dhakal Yadab Prasad[1]、古謝 植之[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.気象庁地震火山部)

14:45 ~ 15:00

[SCG59-05] 南海トラフ地震における長周期地震動の即時予測: Green関数を併用したデータ同化手法の有効性

*大峡 充己[1]、古村 孝志[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

15:00 ~ 15:15

[SCG59-06] **リアルタイム震度と観測波形を送受信する緊急地震速報システムの開発**

*堀内 茂木[1]、佐藤 優子[1]、卜部 卓[2]、ニザムドン ヤリママット[3]、佐々木 和男[3] (1.株式会社ホームサイスモメータ、2.テレメトラ、3.株式会社チャレンジ)

[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 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-CG59] 地震動・地殻変動・津波データの即時把握・即時解析・即時予測

コンビーナ:小木曽 仁(気象庁気象研究所)、近貞 直孝(防災科学技術研究所)、川元 智司(国土交通省国土地理院)、干場 充之(気象研究所)、座長:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、小木曽 仁(気象研究所)

15:30 ~ 15:45

[SCG59-07] 自治体震度計ネットワークによるリアルタイム震度評価の高度化 −鳥取県の事例−

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

15:45 ~ 16:00

[SCG59-08] **地震防災のためのリアルタイム震度の'ライブ映像'および'最大震度分布図'の作成 -表層地盤増幅率を活用した面的震度表示-**

*神定 健二[1]、高橋 功[1]、篠原 芳紀[1]、Ibrahim Rami[2] (1.（株）高見沢サイバネティックス、2.東京大学地震研究所)

16:00 ~ 16:15

[SCG59-09] 実運用に向けた電子基準点リアルタイム解析システムREGARDの改良

*大橋 和幸[1]、阿部 聡[1]、撹上 泰亮[1]、川元 智司[1]、宗包 浩志[1] (1.国土交通省国土地理院)

16:15 ~ 16:30

[SCG59-10] MCMCによる震源断層モデル推定の不確実性リアルタイム評価手法の開発

*大野 圭太郎[1]、太田 雄策[1] (1.東北大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

16:30 ~ 16:45

[SCG59-11] 漂流フロートによる津波起因水中圧力変化観測

*大林 政行[1]、綿田 辰吾[2]、杉岡 裕子[3] (1.独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野、2.東京大学地震研究所、3.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

16:45 ~ 17:00

[SCG59-12] 海洋への隕石落下による津波の即時予測手法の開発

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

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-PT 古生物学・古生態学

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

[B-PT05] 地球生命史

コンビーナ:本山 功(山形大学理学部地球環境学科)、生形 貴男(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、守屋 和佳(早稲田大学 教育・総合科学学術院 地球科学専修)、座長:本山 功、生形 貴男、守屋 和佳

13:45 ~ 14:00

[BPT05-01] 地球生命進化の加速の原因；大量絶滅によって形成される四層構造の地下生物圏が支配するゲノム進化の加速

*丸山 茂徳[1]、金井 昭夫[2]、鳴海 一成[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.慶應大学、3.東洋大学)

14:00 ~ 14:15

[BPT05-02] 軟体動物における系統-殻微細構造-アミノ酸組成の対応関係
~アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた古生態系復元に向けて~

*湯上 直貴[1]、後藤（桜井） 晶子[2]、ジェンキンズ ロバート[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2.金沢大学理工研究域自然システム学系)

14:15 ~ 14:30

[BPT05-03] 正常巻頭足類のロッキング運動への殻形状の影響

*生形 貴男[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

14:30 ~ 14:45

[BPT05-04] 中期始新世の温暖化イベントMECOにおける環境変動

舛井 博紀[1]、*守屋 和佳[1] (1.早稲田大学 教育・総合科学学術院 地球科学専修)

14:45 ~ 15:00

[BPT05-05] 放散虫化石群集に基づいた中期ー後期中新世の北太平洋亜熱帯循環の変遷史

*上栗 伸一[1]、本山 功[2]、澤田 大毅[3] (1.茨城大学教育学部、2.山形大学理学部、3.石油資源開発（株）)

15:00 ~ 15:15

[BPT05-06] 滋賀県野洲川から産した鮮新世樹幹化石の化石化過程：有機地球化学分析によるアプローチ

*中村 仁哉[1]、沢田 健[2]、池田 雅志[1]、中村 英人[3]、塚腰 実[4] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.大阪市立大学大学院理学研究科、4.大阪市立自然史博物館)

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

13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[M-IS09] 最新の大気科学：ダスト

コンビーナ:石塚 正秀(香川大学)、黒崎 泰典(鳥取大学乾燥地研究センター)、関山 剛(気象庁気象研究所)、長島 佳菜(海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、座長:関山 剛

13:55 ~ 14:15

[MIS09-01] 大気から海洋へ供給される鉱物および燃焼起源鉄を含んだエアロゾルの全球モデル解析

★招待講演

*伊藤 彰記[1]、山本 彬友[1]、渡辺 路生[1]、相田 真希[1]、Ye Ying[2] (1.海洋研究開発機構、2.アルフレッドウェゲナー極地海洋研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS09-02] イラン7都市の降水中に含まれる不溶性物質の鉱物組成と元素組成の地域的特徴

*横尾 頼子[1]、阪本 千尋[1]、北村 篤志[1]、安間 了[2]、Mehrabani Shiva[3] (1.同志社大学理工学部、2.徳島大学、3.Kurdistan University)

14:30 ~ 14:45

[MIS09-03] Comparison of airborne microbial variations in air samples from Asian-dust source and arrival regions

*牧 輝弥[1]、藤田 達之[1]、松葉 悠真[1]、黒崎 泰典[2]、石塚 正秀[3]、河合 慶[4]、岩坂 泰信[5] (1.金沢大学理工研究域、2.鳥取大学乾燥地研究センター、3.香川大学工学部、4.名古屋大学大学院環境研究科、5.環境創造研究センター)

14:45 ~ 15:00

[MIS09-04] 気象庁エアロゾルモデル(MASINGAR)を用いた越境大気汚染物質による健康影響予測

*大西 一成[1]、関山 剛[2]、黒崎 泰典[3]、篠田 雅人[4] (1.聖路加国際大学公衆衛生大学院／臨床研究支援ユニット、2.気象庁気象研究所、3.鳥取大学乾燥地研究センター、4.名古屋大学大学院環境学研究科)

15:00 ~ 15:15

[MIS09-05] Dust layer captured by an inversion layer over the Gobi Desert on 29–30 April 2015

*河合 慶[1]、西尾 優汰[2]、甲斐 憲次[1,3]、能田 淳[4]、Erdenebadrakh Munkhjargal[1,5]、篠田 雅人[1]、杉本 伸夫[6]、清水 厚[6]、Enkhbaatar Davaanyam[5,7]、Dashdondog Batdorj[8] (1.名古屋大学、2.気象庁、3.茨城大学、4.酪農学園大学、5.モンゴル気象水文環境情報研究所、6.国立環境研究所、7.筑波大学、8.モンゴル気象環境監視庁)

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

15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[M-IS09] 最新の大気科学：ダスト

コンビーナ:石塚 正秀(香川大学)、黒崎 泰典(鳥取大学乾燥地研究センター)、関山 剛(気象庁気象研究所)、長島 佳菜(海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、座長:長島 佳菜

15:30 ~ 15:45

[MIS09-06] アンサンブルシミュレーションを用いた火星におけるダスト拡大地域の特定

*小郷原 一智[1]、磯田 祥吾[1] (1.滋賀県立大学工学部)

15:45 ~ 16:00

[MIS09-07] 原子間力顕微鏡を用いた個別エアロゾル粒子の付着力測定

*大野 耕平[1]、水島 悠希[4]、岩田 歩[3]、古家 正規[1]、土屋 望[1]、松木 篤[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター、3.慶應義塾大学理工学部、4.金沢大学理工学域)

16:00 ~ 16:15

[MIS09-08] Occurrence of micro-meso scale dust storms and its relationship to the vegetation and topography in Mongolian grassland and Gobi Desert

*甲斐 憲次[1]、河合 慶[2]、牧 輝弥[3]、能田 淳[4] (1.茨城大学教育学部、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.金沢大学理工研究域、4.酪農学園大学獣医学類)

16:15 ~ 16:30

[MIS09-09] A trial of elucidation for dust emission conditions in East Asia by synoptic data analyses and a field observation

*黒崎 泰典[1]、武 靖[1]、Buyantogtokh Batjargal[1]、石塚 正秀[2]、Batdelger Gantsetseg[3] (1.鳥取大学、2.香川大学、3.IRIMHE, Mongolia)

16:30 ~ 16:45

[MIS09-10] Monitoring and assessing aeolian desertification processes based on a dust erodibility index – A case study in the Xilingol grassland, China

*Jing Wu[1]、Yasunori Kurosaki[1]、Chunling Du[2]、Tao Wang[3] (1. Arid Land Research Center, Tottori University、2.School of Economics and Management, Inner Mongolia Agricultural University、3.Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences)

16:45 ~ 17:00

[MIS09-11] 中国内モンゴル草原における地表面状況と人間活動のダストに与える影響

*咏 梅[1]、篠田 雅人[2]、バンザラクチ ナンデンチチゲ[2] (1.中国内モンゴル師範大学、2.名古屋大学)

[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 | コンベンションホールB 2F

[M-IS12] 津波堆積物

コンビーナ:千葉 崇(秋田県立大学生物資源科学部)、篠崎 鉄哉(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、石村 大輔(首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室)、座長:石村 大輔(首都大学東京大学院都市環境科学研究科)

9:00 ~ 9:15

[MIS12-01] 北海道太平洋沿岸日高南部における海水準変動の影響を受けた津波・洪水履歴

*中西 諒[1]、岡村 聡[1,2]、嵯峨山 積[3]、横山 祐典[4]、宮入 陽介[4] (1.北海道教育大学　札幌校、2.北海道土質試験協同組合、3.北海道総合地質学研究センター、4.東京大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS12-02] 千島海溝沿岸の地震性バリアーシステムに認められる17世紀超巨大地震による海岸隆起と大津波の発生時期の前後関係

*七山 太[1,5]、渡辺 和明[1]、深津 恵太[2]、長谷川 健[4]、重野 聖之[3]、石井 正之[6]、石渡 一人[7]、猪熊 樹人[8] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.野付半島ネイチャーセンター、3.明治コンサルタント株式会社、4.茨城大学、5.熊本大学　くまもと水資源・減災研究教育センター、6.石井技術士事務所、7.別海町郷土資料館、8.根室市歴史と自然の資料館)

9:30 ~ 9:45

[MIS12-03] 北海道ホロカヤントウにおける2016年6月の低気圧による高波に伴う沿岸地形変化とウォッシュオーバー堆積物

*千葉 崇[1]、西村 裕一[2] (1.秋田県立大学生物資源科学部、2.北海道大学大学院理学研究院)

9:45 ~ 10:00

[MIS12-04] 国後島における津波堆積物調査：2015-2018年の成果

*西村 裕一[1]、高清水 康博[2]、菅原 大助[3]、圓谷 昂史[4]、千葉 崇[5]、中西 諒[6]、Alexander Shishkin[7]、Alexey Gorbunov[8]、Victor Kaistrenko[8]、高橋 明日香[9]、村松 弘規[10]、川添 安之[11]、高松 直史[11] (1.北海道大学大学院理学研究院、2.新潟大学人文社会・教育科学系、3.ふじのくに地球環境史ミュージアム、4.北海道博物館、5.秋田県立大学生物資源科学部、6.北海道教育大学、7.色丹島地球物理学研究所、8.ロシア科学アカデミー海洋地質地球物理研究所、9.気象庁、10.国土地理院、11.文部科学省)

10:00 ~ 10:15

[MIS12-05] 津波堆積物に基づく津波規模評価の試み：南海トラフ地震の例

*菅原 大助[1]、今井 健太郎[2]、岡田 真介[3]、前田 拓人[4] (1.ふじのくに地球環境史ミュージアム、2.海洋研究開発機構、3.東北大学、4.弘前大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS12-06] 水路実験から見た津波堆積物の多様性

★招待講演

*山口 直文[1] (1.茨城大学　広域水圏環境科学教育研究センター)

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

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[M-IS12] 津波堆積物

コンビーナ:千葉 崇(秋田県立大学生物資源科学部)、篠崎 鉄哉(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、石村 大輔(首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室)、座長:篠崎 鉄哉(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

10:45 ~ 11:00

[MIS12-07] **Inverse modeling of Tsunami deposit using Deep Learning Neural Network**

*Rimali Mitra[1]、Hajime Naruse[1] (1.Kyoto University, Graduate School of Science)

11:00 ~ 11:15

[MIS12-08] 宮古市摂待における2011年東北沖津波起源の巨礫を用いた津波規模推定法の検討

*竹井 達哉[1,4]、後藤 和久[2]、山田 昌樹[3] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東京大学地震研究所、4.東京大学大学院新領域創成科学科複雑理工学専攻)

11:15 ~ 11:30

[MIS12-09] 石巻平野における歴史津波堆積物の年代制約

*手塚 寛[1]、後藤 和久[2]、石澤 尭史[1]、菅原 大助[3]、横山 祐典[4]、宮入 陽介[4] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所、3.ふじのくに地球環境史ミュージアム、4.東京大学大気海洋研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS12-10] Non-destructive analyzes of sediments to discern tsunami-related mud cap and overlying muds to improve age determination of tsunami deposits

*石澤 尭史[1]、後藤 和久[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS12-11] 潮間帯泥底における高潮堆積物の堆積学的・古生物学的研究ー三浦半島江奈湾でのケーススタディー

*北村 晃寿[1]、山本 有夏[1]、豊福 高志[2] (1.静岡大学理学部地球科学教室、2.海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[MIS12-12] 浅海津波堆積物と生物撹拌

★招待講演

*清家 弘治[1] (1.産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

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

9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[M-IS16] 火山噴煙・積乱雲のモデリングと観測

コンビーナ:佐藤 英一(気象研究所)、前野 深(東京大学地震研究所)、前坂 剛(防災科学技術研究所)、座長:佐藤 英一(気象研究所)

9:00 ~ 9:15

[MIS16-01] 異なるタイプの気象レーダによる火山噴煙柱の観測

★招待講演

*真木 雅之[1]、小堀 壮彦[1]、キム ユラ[1]、藤吉 康志[2]、佐藤 英一[3]、徳島 秀彦[4]、井口 正人[5] (1.鹿児島大学、2.北海道大学、3.気象研究所、4.FRCコーポレーション株式会社、5.京都大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS16-02] 桜島におけるXバンドMPレーダーとライダー同時噴火観測と口永良部島噴火のレーダー観測

*中道 治久[1]、清水 厚[2]、下村 誠[1]、Syarifuddin Magfira[1]、井口 正人[1] (1.京都大学防災研究所火山活動研究センター、2.国立環境研究所地域環境研究センター)

9:30 ~ 9:45

[MIS16-03] 気象庁の気象レーダー網で観測した2018〜2019年口永良部島の噴煙・火山灰雲エコーについて

*佐藤 英一[1]、福井 敬一[2]、新堀 敏基[1] (1.気象研究所、2.気象庁)

9:45 ~ 10:00

[MIS16-04] 数値シミュレーションによる口永良部島火山の最近の爆発的噴火における噴煙の噴出条件の検討

*石峯 康浩[1]、及川 輝樹[2]、下司 信夫[2] (1.鹿児島大学地震火山地域防災センター、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

10:00 ~ 10:15

[MIS16-05] 霧島新燃岳2011噴火の映像解析

*小堀 壮彦[1]、木下 紀正[1]、飯野 直子[2]、真木 雅之[1]、福島 誠治[1] (1.鹿児島大学、2.熊本大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS16-06] 積乱雲発生の早期検知のための雲レーダーネットワーク

*前坂 剛[1]、大東 忠保[1]、岩波 越[1]、鈴木 真一[1]、出世 ゆかり[1]、櫻井 南海子[1] (1.防災科学技術研究所)

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

9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

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

9:00 ~ 9:15

[MIS19-17] 広島県産石筍の安定酸素・凝集同位体に記録された18.1–4.5 kaの気温・降水変動史

*加藤 大和[1]、雨川 翔太[1]、狩野 彰宏[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

9:15 ~ 9:30

[MIS19-18] 日本の太平洋側から採取された石筍の安定同位体比と凝集同位体に記録された過去8万年の陸域古気候

*雨川 翔太[1]、加藤 大和[1]、狩野 彰宏[1]、柏木 健司[2]、森 大器[3]、仙田 量子[3]、沈 川州[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.富山大学大学院理工学研究部（理学）、3.九州大学地球社会統合科学府、4.国立台湾大学地球科学研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS19-19] 二枚貝イタヤガイ殻のLi/C a比と日輪解析から推定される植物プランクトンの季節変動

*近藤 康生[1]、本藤 脩太郎、長谷川 精[1]、西尾 嘉朗[1]、廣田 隆吉 (1.国立大学法人　高知大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS19-20] Geological reconstruction of Antarctic Ice Sheet deglaciation on Soya Coast, East Antarctica since the Last Glacial Maximum

*川又 基人[1]、菅沼 悠介[2,1]、土井 浩一郎[2,1]、澤柿 教伸[3]、服部 晃久[1] (1.総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2.国立極地研究所、3.法政大学)

10:00 ~ 10:15

[MIS19-21] 南西太平洋ラウ海盆の遠洋性堆積物から復元された第四紀海水のOs同位体比とその全球的気候変動に対する示唆

*桑原 佑典[1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,3]、野崎 達生[4,3,5,2]、大田 隼一郎[2,6,3]、佐藤 峰南[2,4]、木村 純一[6]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2] (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、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構 海底資源研究開発センター、5.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、6.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

10:15 ~ 10:30

[MIS19-22] 最終氷期最盛期とそれに続く急激な氷床成長および崩壊と海水準変動

*横山 祐典[1]、エサット テザー[9]、トンプソン ウィリアム[10]、トーマス アレクサンダー[11]、ウェブスター ジョディ[2]、宮入 陽介[1]、沢田 近子[1]、阿瀬 貴博[1]、松崎 浩之[1]、奥野 淳一[3]、ファロン スチュワート[9]、ブラガ フアンカルロス[12]、マーク ハンブレ[4]、井龍 康文[5]、ポッツ ドナルド[13]、藤田 和彦[6]、鈴木 淳[7]、菅 浩伸[8] (1.東京大学　大気海洋研究所 高解像度環境解析研究センター、2.シドニー大学　、3.国立極地研究所、4.名古屋大学、5.東北大学、6.琉球大学、7.産業技術総合研究所、8.九州大学、9.オーストラリア国立大学　地球科学研究所、10.ウッズホール海洋研究所、11.エジンバラ大学、12.グラナダ大学、13.カリフォルニア大学　サンタクルーズ校)

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

10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

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

10:45 ~ 11:00

[MIS19-23] 海洋堆積物から検出された長鎖アルケンジオンとその不飽和比：アルケノン生合成経路とその進化の解明にむけて

*風呂田 郷史[1]、中村 英人[2]、沢田 健[3] (1.海洋研究開発機構生物地球化学研究分野、2.大阪市立大学大学院理学研究科、3.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

11:00 ~ 11:15

[MIS19-24] **Geomorphic and pedogenic forcing on the distribution of organic matter from vegetation to soil- a concern for paleoenvironment studies**

*Biswajit Roy[1]、Kanva Goyal[1]、Prasanta Sanyal[1] (1.Indian Institute of Science Education Research Kolkata)

11:15 ~ 11:30

[MIS19-25] Sea surface salinity of the Kuroshio Current along the Nansei Islands in the mid-Holocene inferred from fossil corals

*岨 康輝[1]、本郷 宙軌[2]、田中 健太郎[3]、藤井 琢磨[4]、坂井 三郎[1]、山口 耕生[6,5] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.琉球大学、3.東京大学、4.鹿児島大学、5.東邦大学、6.NASA Astrobiology Institute)

11:30 ~ 11:45

[MIS19-26] 完新世初期における日本海への対馬暖流の周期的流入に関する海洋力学モデル

*磯辺 篤彦[1] (1.九州大学応用力学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS19-27] 完新世におけるアリューシャン低気圧-偏西風ジェットの百年・千年規模変動

*長島 佳菜[1]、原田 尚美[1] (1.海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[MIS19-28] **Monsoon-related errors in paleotemperature estimation based on leaf margin analysis in central Japan**

*Wang Yuqing[1]、Momohara Arata[1]、Huang Yongjiang[2] (1.Graduate School of Horticulture, Chiba University、2.Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, CAS)

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

13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[M-IS26] 南北両極のサイエンスと大型研究

コンビーナ:野木 義史(国立極地研究所)、中村 卓司(国立極地研究所)、杉本 敦子(北海道大学 北極域研究センター)、杉山 慎(北海道大学低温科学研究所)、座長:末吉 哲雄(国立極地研究所)、野木 義史(国立極地研究所)

13:45 ~ 14:00

[MIS26-01] Antarctic Circumpolar Interdisciplinary Survey - ACIS

★Invited Papers

*Robin Elizabeth Bell[1]、Kirsteen Tinto[1]、Xiaojun Yuan[1] (1.Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University)

14:00 ~ 14:15

[MIS26-02] 「大型研究計画に関するマスタープラン」における極域科学の提案について

*中村 卓司[1]、杉本 敦子[2]、杉山 慎[2]、野木 義史[1]、末吉 哲雄[1] (1.国立極地研究所、2.北海道大学)

14:15 ~ 14:30

[MIS26-03] グリーンランドおよび南極氷床の質量収支変動の理解に向けて

青木 輝夫[1,2,4]、庭野 匡思[4]、*末吉 哲雄[2,3] (1.岡山大学、2.情報・システム研究機構　国立極地研究所、3.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、4.気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MIS26-04] Modelling Perspective for the Past and Future tipping points of ice-sheets and climate

*阿部 彩子[1,2,3]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1]、Greve Ralf[4]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.JAMSTEC、3.国立極地研究所、4.北海道大学)

14:45 ~ 15:00

[MIS26-05] 氷床変動に起因する海水準上昇予測 －無人・遠隔技術を活用した極域研究拠点形成－

*田村 岳史[1]、奥野 淳一[1]、菅沼 悠介[1]、末吉 哲雄[1]、野木 義史[1]、中村 卓司[1] (1.国立極地研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS26-06] Future Research Plan in the Polar region

*野木 義史[1]、末吉 哲雄[1]、中村 卓司[1] (1.国立極地研究所)

[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 | A10 東京ベイ幕張ホール

[M-AG39] 海洋地球インフォマティクス

コンビーナ:坪井 誠司(海洋研究開発機構)、高橋 桂子(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、金尾 政紀(国立極地研究所)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、座長:松岡 大祐、坪井 誠司

13:45 ~ 14:00

[MAG39-01] Future direction of Marine Earth Informatics

*高橋 桂子[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[MAG39-02] 深層学習によるカメラ画像からの気象情報の抽出

*杉山 大祐[1]、大西 領[1]、筆保 弘徳[2] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.横浜国立大学)

14:15 ~ 14:30

[MAG39-03] Automatic detection of weather front around Japan using deep convolutional neural network

*松岡 大祐[1,2]、杉本 志織 [1]、中川 友進[1]、荒木 文明[1]、川原 慎太郎[1]、尾上 洋介[4]、飯山 将晃[3]、小山田 耕二[3] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.日本大学、4.京都大学)

14:30 ~ 14:45

[MAG39-04] Detection of multiple earthquakes by using theoretical seismograms as training dataset of machine learning

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1] (1.海洋研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[MAG39-05] Classification with imbalanced cloud data using deep convolutional neural network

*松岡 大祐[1,2]、中野 満寿男[1]、杉山 大祐[1]、内田 誠一[3] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.九州大学)

15:00 ~ 15:15

[MAG39-06] discussion

*坪井 誠司[1] (1.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-AG 応用地球科学

15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[M-AG39] 海洋地球インフォマティクス

コンビーナ:坪井 誠司(海洋研究開発機構)、高橋 桂子(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、金尾 政紀(国立極地研究所)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、座長:坪井 誠司、松岡 大祐

15:30 ~ 15:50

[MAG39-07] Farmed fish management: integration of observation and simulation

★Invited Papers

*西川 悠[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

15:50 ~ 16:05

[MAG39-08] **Q-factor estimation for Greenland ice sheet using 3-D seismic waveform modeling**

*豊国 源知[1]、竹中 博士[2]、小松 正直[2]、高木 涼太[1]、金尾 政紀[3]、坪井 誠司[4] (1.東北大・理・予知セ、2.岡山大、3.極地研、4.JAMSTEC)

16:05 ~ 16:20

[MAG39-09] CLCL: CAVELib Compatible Library for Head-mounted Displays

*川原 慎太郎[1] (1.海洋研究開発機構)

16:20 ~ 16:35

[MAG39-10] Super-Resolution Simulation for Real-Time Prediction of Urban Micrometeorology

*大西 領[1]、杉山 大祐[1]、松田 景吾[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

16:35 ~ 16:50

[MAG39-11] 人間活動による排熱を上手に放出し街の暑熱環境を改善する手法

*杉山 徹[1]、仝 瀟然[2]、吉田 聡[2]、佐土原 聡[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球情報基盤センター、2.横浜国立大学　大学院都市イノベーション研究院)

[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

10:45 ~ 12:15 | 202 2F

[M-TT49] インフラサウンド及び関連波動が繋ぐ多圏融合地球物理学の新描像

コンビーナ:山本 真行(高知工科大学　システム工学群)、市原 美恵(東京大学地震研究所)、新井 伸夫(名古屋大学減災連携研究センター)、座長:山本 真行(高知工科大学)、齊藤 大晶(高知工科大学)

10:45 ~ 11:00

[MTT49-01] 海洋-大気系におけるインフラサウンド波の２段階増幅機構

★招待講演

*品川 裕之[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構)

11:00 ~ 11:15

[MTT49-02] Propagation of infrasound generated by an explosive eruption of Mt. Shinmoedake on 10 March 2018

*齊藤 大晶[1]、山本 哲生[2]、山本 真行[1] (1.高知工科大学 システム工学群、2.北海道大学)

11:15 ~ 11:30

[MTT49-03] Infrasound observations of atmospheric disturbances due to a sequence of 2018 explosive volcano eruptions in Japan.

*Mario Batubara[1]、Masa-yuki Yamamoto[1]、Saito Hiroaki[1] (1.Kochi University of Technology)

11:30 ~ 11:45

[MTT49-04] 建物内に設置された微気圧計と地震計で同時観測された地震波形についてPart2

*岩國 真紀子[1]、新井 伸夫[2]、乙津 孝之[1]、本橋 昌志[1]、坂本 豊実[1]、藤井 孝成[1]、江村 亮平[1]、野上 麻美[1]、村山 貴彦[1]、大井 拓磨[3] (1.一般財団法人　日本気象協会、2.名古屋大学減災連携研究センター、3.東邦マーカンタイル株式会社)

11:45 ~ 12:00

[MTT49-05] HFドップラーにより観測された台風・竜巻に伴う電離圏変動

★招待講演

*中田 裕之[1]、益子 竜一[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、細川 敬祐[2]、冨澤 一郎[3]、長尾 大道[4] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.電気通信大学大学院情報理工学研究科、3.電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター、4.東京大学地震研究所)

12:00 ~ 12:15

[MTT49-06] Two-year infrasound monitoring by using a prefectural-level sensor network in Kochi

*山本 真行[1] (1.高知工科大学　システム工学群)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月30日(木) 9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[U-06] 100周年を迎えるIUGGへの日本の貢献

コンビーナ:中田 節也(研究開発法人 防災科学技術研究所)、佐竹 健治(東京大学地震研究所)、東 久美子(国立極地研究所)、座長:東 久美子(国立極地研究所)、中田 節也(防災科研)

国際測地学・地球物理学連合（IUGG）は国際学術会議(ISC)にある40ユニオンの一つで，2019年に創設100周年を迎える。IUGGは地球内部や周辺に関する研究の促進と調整を行っている。IUGGには，８つ研究分野（雪氷，測地，電磁気，水文，気象，海洋，地震，火山，それぞれIACS, IAG, IAGA, IAHS, IAMAS, IAPSO,IASPEI, IAVCEI）のアソシエーションが存在し，それぞれ準自治的，かつ，お互いに連携しながら活発な活動を展開している。また，IUGGは自然災害の軽減、環境保全などの社会的ニーズに応える研究を奨励している。日本学術会議地球惑星科学委員会にあるIUGG分科会とその傘下の８小委員会は，IUGGの国内委員会として，これらの連合やアソシエーションへの日本の代表としての機能も果たしている。
　本セッションではIUGGが100周年を迎えるに当たって，IUGGの地球科学における役割，日本の研究者がIUGGになすべき貢献について各アソシエーションに関係する研究者が意見交換する。

9:00 ~ 9:20

[U06-01] **Centennial of the International Cooperation in Earth and Space Sciences**

★Invited Papers

*Alik Ismail-Zadeh[1,2,3] (1.Karlsruhe Institute of Technology、2.International Union of Geodesy and Geophysics、3.International Science Council)

9:20 ~ 9:40

[U06-02] IUGGと日本：過去、現在とこれからの方向

★招待講演

*河野 長[1] (1.東京工業大学)

9:40 ~ 9:55

[U06-03] 地球惑星科学分野の国際連携活動への日本学術会議の貢献

*中村 尚[1] (1.東京大学先端科学技術研究センター)

9:55 ~ 10:15

[U06-04] History and Japanese contribution to the International Association of Cryospheric Sciences IACS

★Invited Papers

*Ralf Greve[1] (1.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University)

10:15 ~ 10:30

[U06-05] **IAGへの日本の貢献**

*福田 洋一[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

Centennial of the International Cooperation in Earth and Space Sciences

*Alik Ismail-Zadeh[1,2,3]

1. Karlsruhe Institute of Technology, 2. International Union of Geodesy and Geophysics, 3. International Science Council

The International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) was established in 1919 under the umbrella of the International Research Council (later ICSU, and now the International Science Council) as one of the unions to promote activities of existing associations dealing with geodesy, terrestrial magnetism and electricity, hydrology, meteorology, physical oceanography, seismology, volcanology. This presentation describes the origin and the development of the Union for the last century and until today. During the initial period (1919-1939), the number of member countries increased from nine founding Member countries to 35 Member countries; general assemblies were held every three years, each in a different international venue, and the number of delegates attending the assemblies increased from a few dozen to several hundred scientists. The World War II (WWII) interrupted the cooperation, and international scientific activities were resumed in 1946. The Union continued cooperation with many international scientific organizations of ICSU, and began cooperation with new intergovernmental organizations such as UNESCO and the World Meteorological Organization, and their programs. The technologies developed during the WWII were brought to bear in the extraordinary global scientific effort that was the International Geophysical Year (1957-1958). Changes in the geopolitical landscape brought about changes in the IUGG’ s structure. International campaigns encompassing multiple disciplines became commonplace, and international scientific bodies were organized. At the beginning of the 21st century IUGG added an eighth association on cryospheric sciences, developed new grants, science education, and recognition programs, and added new commissions on geophysical risk & sustainability, climatic & environmental change, data & information, and planetary sciences to existing commissions on mathematical geophysics and study of the Earth’ s deep interior. IUGG has been initiating, developing, and implementing international cooperative programs, setting scientific standards, developing research tools, educating and building capacity, and contributing to science for policy. Today, IUGG is a vibrant modern scientific union of 72 nations and scientists from all over the world promoting research, linking scientific knowledge to societal needs, and working toward a sustainable Earth.

Keywords: international cooperation, IUGG, Earth and space sciences

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IUGGと日本：過去、現在とこれからの方向
IUGG and Japan: the past, the present, and the way to go from now

*河野 長[1]
*Masaru Kono[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

国際測地学地球物理学連合（IUGG）は1919年に創立、1922年に第1回の総会を開催した。以来これまで100年の歴史を刻んだわけだが、日本は9か国存在する創立以来の加盟国の一つである。創立時に日本を代表して出席したのは田中館愛橘東大教授で、彼は初代のIUGG Vice-Presidentにも選ばれている（1919－1922）。以来、戦後の一時期は敗戦国として総会に参加できない期間があったが、それを除けば日本は常にIUGGの強力なサポーターであったと思う。

戦後の冷戦の時代には、東西の科学者が一堂に会する機会は非常に限られており、そういう中でIUGGなどの国際科学組織は極めて重要な役割を担っていた。特に1957－58年に実施された国際地球観測年（IGY）は共同観測事業やデータ交換などを通じて、地球規模の諸現象を解明するために各国が協力した、きわめて意義の大きいものであった。日本もロケット観測など最新の技術を用いて国際計画に参加したが、中でも南極観測を各国の同意を得て開始したことは、日本の国際社会への復帰を印象付けるものであった。

以来数十年がたったが、この間IUGGの地位の低下が著しい。IUGGの総会は4年に1度で参加者は3000－4000人程度であるが、AGUのFall Meetingは毎年開催され、近年では3万人程度の参加者を集め、学問的レベルも極めて高い。AGUばかりでなくEGUやIpGUなどもそれぞれ1万人以上の参加者があり、いずれも引用度数の多い雑誌も抱えており、今や学問の面ではIUGGが競うことは無理のように思われる。

こうした中で、IUGGのような国際組織はどのような方向を目指すべきだろうか。一つの方向は一国ないし一地域だけでは取り扱いが不可能な地球全体の問題に取り組むことであろう。例えば地球温暖化の問題などはこのカテゴリーに入るであろう。現在この問題に対応する国際科学組織はIPCCであるが、そこに参加している科学者たちはIUGGのいくつかの協会（IAMAS, IAPSO, IAHSなど）にも関係を持っている。もう一つは科学的に重要であるが、一国の中で考えると関係する研究者が少なく適切な組織が存在しない場合である。この例としてはSEDIを挙げることが出来よう。これは核など地球深部に関する研究者が地震学、地球電磁気学などの分野を越えて集まる場を提供しており、分野横断型であることも学問的成果を上げるのに貢献している。

キーワード：IUGG、国際協力、今後の方向
Keywords: IUGG, International cooperation, Way to go from now

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球惑星科学分野の国際連携活動への日本学術会議の貢献
Contributions from the Science Council of Japan to international cooperation in the field of Earth and planetary science

*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

日本学術会議（SCJ）は1949年の設立以来，国際科学会議(ICSU；現国際学術会議ISC)の正式メンバーとして，理工系，生物･医学系，人文社会系の全分野において，国際連携推進への多様な取り組みを行っている。実際，SCJの予算が年々削減を被る中，国際関係は削減を免れた数少ない分野である。特に，地球惑星科学分野の研究遂行には国際協力が不可欠であることから，ICSUは国際地球観測年(IGY, 1957-58)，第4回国際極観測年(IPY，2007-08)などの活動を強く推進するとともに，IUGG（国際測地学・地球物理学連合）など同分野に深く関わる12の国際学術団体をもメンバーに迎え入れてきた。この枠組の下，日本政府からの拠出金がSCJ経由で出されてこれら国際学術団体の活動を支えるとともに，SCJ内の地球惑星科学委員会の下に12の国際対応分科会・小委員会が設けられ，国際学術団体の執行委員会等への代表委員の派遣や役員の推薦，関連する国内の学協会の活動との連携が図られている。さらには，SCJ国際委員会の審査・承認を経て，国際学術団体やその下部組織が日本で主催する科学総会をSCJ共催として財政支援する仕組もあり，IUGG関連では2017年神戸開催のIAG-IASPEI合同総会が記憶に新しい。SCJが設置する30の分野別委員会の１つに過ぎない地球惑星科学委員会が，SCJ経由での拠出金支給対象の国際学術団体43のうち実に28%を当委員会が抱えており，我々の国際連携活動がSCJから如何に大きな支援を得ているかが分かる。本講演では，地球惑星科学分野を中心に，SCJの国際連携活動について幅広く紹介する。

キーワード：日本学術会議、国際連携、国際測地学・地球物理学連合
Keywords: Science Council of Japan, international cooperation, IUGG

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

History and Japanese contribution to the International Association of Cryospheric Sciences IACS

*Ralf Greve[1]

1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The International Association of Cryospheric Sciences, or IACS, is the eighth association of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), launched by the IUGG Council on 2007-07-04. Despite being the latest of the IUGG associations, IACS looks back on a history of 125 years, starting with the International Commission on Glaciers (Commission Internationale des Glaciers) founded in 1894. It then evolved via the International Commission of Snow and Ice (ICSI) of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS) and the transitional Union Commission for the Cryospheric Sciences (UCCS) into its current constitution as an independent IUGG association, recognizing the increased importance of cryospheric sciences within the context of Global Change. In this presentation, we will outline the history of IACS and its precursor organizations, describe the current activities of IACS and highlight the Japanese links with IACS in the form of contributions to its governance, divisions and research activities.

Keywords: IUGG, IACS, Cryosphere, Cryospheric sciences, Earth sciences

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IAGへの日本の貢献
Japan's Contributions to IAG

*福田 洋一[1]
*Yoichi Fukuda[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

IAG (International Association of Geodesy)の歴史は、19世紀中頃の中央ヨーロッパでの孤長測量に関連した国際プロジェクトにまで遡り、1864年にはベルリンでその初の総会が開催されている。IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics)の 第1回総会は1922年にローマで開催されたが、IAGは、当初からIUGGを構成していた5協会の１つであり、IUGGの名前が示すように、その中でも特別な位置付にあったと言える。

測地学の歴史は紀元前のエラトステネスによる地球の大きさの測定にまで遡るが、その後もそれぞれの時代の要請に応じて発展してきた。さまざまな科学技術が高度に発展した現代にあって、測地学の目的は「測地学の三本柱」と呼ばれる「地球の形状、重力場、地球回転」および、これらの時間的変化を決めることとされているが、少し言葉を変えれば、「測地基準系、地球重力場、地球回転パラメータ」を維持・提供することである。IUGGの中でのIAGの役割、あるいは測地学の現代社会へのもっとも重要な貢献も、突詰めればここにあると言えるであろう。現在、IAGが最も注力していることの一つであるGGOS (Global Geodetic Observing System) は、その傘下にIAGのさまざまサービスを束ねることで、これら最も基本的な情報の提供と、それに必要なインフラストラクチャを持続的に発展させることを目指しているが、これは上記の目的を達成する具体的な手段といえるであろう。

具体的な例として、全球的な測地基準系を与えるITRF (International Terrestrial Reference Frames)は、宇宙測地技術を基に、IAGのサービスの一つであるIERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service)が維持・供給しているが、ITRFは地殻変動や海面上昇など地球科学的な研究はもちろん、すべての位置情報の基準として社会生活にとっても欠かせないものとなっている。また、地球重力場の情報は、IGFS (International Gravity Field Service) により重力データやそのメタデータとして提供され、IGETS（International Geodynamics and Earth Tide Service)では、高精度な重力の時系列データが、ICGEM　(International Centre for Global Earth Models)では、さまざまな地球重力場モデルに加え、GRACEによる地球重力場の時系列モデルも統一的に提供している。重力の時系列データによる質量移動の情報は、グローバルな水循環や氷床変動などの研究に欠かせなくなっていることは周知のとおりであり、地球環境研究にも大きく貢献している。さらに地球回転パラメータの一つであるLOD （Length of Day)　は、時計(UTC)の管理・維持に欠かせないものであると同時に、地球科学的には、地球表層流体と固体地球の相互作用や地球深部流体核のダイナミクスと密接に関連した大変重要な情報を与えてくれる。

このように現代測地学は現代社会のインフラとしての重要な役割を果たしており、他の地球惑星科学の広い分野と密接な関係をもっているが、そのことはIUGGのジョイント・セッションの多くにIAGが関わっていることにも伺われる。本講演では、以上のような観点から、現在のIAGの組織構造やその役割について紹介し、歴史的な部分も含め我が国のIAGへの貢献について述べる。

キーワード：国際測地学協会、GGOS
Keywords: International Association of Geodesy, GGOS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[U-06] 100周年を迎えるIUGGへの日本の貢献

コンビーナ:中田 節也(研究開発法人 防災科学技術研究所)、佐竹 健治(東京大学地震研究所)、東 久美子(国立極地研究所)、座長:東 久美子(国立極地研究所)、佐竹 健治(東京大学地震研究所)

国際測地学・地球物理学連合（IUGG）は国際学術会議(ISC)にある40ユニオンの一つで，2019年に創設100周年を迎える。IUGGは地球内部や周辺に関する研究の促進と調整を行っている。IUGGには，８つ研究分野（雪氷，測地，電磁気，水文，気象，海洋，地震，火山，それぞれIACS, IAG, IAGA, IAHS, IAMAS, IAPSO,IASPEI, IAVCEI）のアソシエーションが存在し，それぞれ準自治的，かつ，お互いに連携しながら活発な活動を展開している。また，IUGGは自然災害の軽減、環境保全などの社会的ニーズに応える研究を奨励している。日本学術会議地球惑星科学委員会にあるIUGG分科会とその傘下の８小委員会は，IUGGの国内委員会として，これらの連合やアソシエーションへの日本の代表としての機能も果たしている。
　本セッションではIUGGが100周年を迎えるに当たって，IUGGの地球科学における役割，日本の研究者がIUGGになすべき貢献について各アソシエーションに関係する研究者が意見交換する。

10:45 ~ 11:00

[U06-06] 国際会議飽和時代のIAGA活動

*家森 俊彦[1] (1.京都大学)

11:00 ~ 11:15

[U06-07] 水分野における教育研究・社会的要請に果たすIAHSの役割と将来展望

*辻村 真貴[1] (1.筑波大学生命環境系)

11:15 ~ 11:30

[U06-08] 大気科学の100年：その成果と今後の課題

*中島 映至[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[U06-09] IAPSOへのわが国の貢献

*升本 順夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

11:45 ~ 12:00

[U06-10] IASPEIの活動と歴史ならびに日本の貢献

*佐竹 健治[1]、Lay Thorne[2]、Schweitzer Johannes[3] (1.東京大学地震研究所、2.IASPEI会長、3.IASPEI事務局長)

12:00 ~ 12:15

[U06-11] 日本におけるIAVCEIの最近の歴史、および、IUGGとIAVCEIに対する若手研究者の反応

*中田 節也[1] (1.研究開発法人 防災科学技術研究所)

国際会議飽和時代のIAGA活動
IAGA activities in the era of too many international conferences

*家森 俊彦[1]
*Toshihiko Iyemori[1]

1. 京都大学
1. Kyoto University

21世紀に入り、AGUだけではなく、EGU やAOGSなどの国際学会が大規模化し、世界の研究者にとって、主要な研究発表の場となった。科学研究費による外国出張が容易になったことも相俟って、我が国の地球電磁気学・超高層物理学分野の研究者の多くは、最先端の研究情報の発信と収集のため、これらの会議に出席・発表する傾向が強まった。これらの大規模学会だけではなく、テーマ毎あるいは、分野横断型の国際会議の数も多くなり、かつてIAGAが地球電磁気学・超高層物理学分野の各国の代表的研究者が一堂に会する国際学会として果たしてきた役割も変化せざるを得ない。発表では、21世紀に入って以降のIAGA活動および我が国の貢献について振り返る。

キーワード：地球電磁気学・超高層物理学、国際学会
Keywords: geomagnetism and aeronomy, international conference

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水分野における教育研究・社会的要請に果たすIAHSの役割と将来展望
The role of IAHS in education, research, social issues concerning water and future perspective

*辻村 真貴[1]
*Maki Tsujimura[1]

1. 筑波大学生命環境系
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

IAHS (International Association of Hydrological Sciences；国際水文科学協会) は、1922年に欧州6カ国の水文研究者、技術者による会合に端を発し、現在はIUGG傘下の学協会として会員約5500人、10個の委員会、3つのワーキンググループを擁する。4年に1回開催されるIAHS Scientific Assemblyにおける発表論文をまとめたIAHS PublicationはRed bookと呼ばれ、いくつもの重要な論文が掲載されてきた。また、1993年のScientific Assemblyは横浜において開催されるとともに、2001年にはアジア地域から初めて竹内邦良・山梨大学名誉教授が会長に選出されるなど、我が国はIAHSにおいて重要な位置を占めてきた。

委員会は、Continental Erosion、Coupled Land-Atmosphere Systems、Groundwater、Remote Sensing、Statistical Hydrology、Snow and Ice Hydrology、Surface Water、Tracers、Water Quality、Water Resources Systemsからなり、水文学における主要な分野を包括している。また、2013年より、ワーキンググループ“PANTA RHEI –Change in Hydrology and Society”が、変化の著しい水循環システムと人間システムとの関係性に注目し、開始された。

我が国のIAHS小委員会は、日本ユネスコIHP (International Hydrological Programme) 国内委員会と連携しつつ、2012年10月にはJapan Water 2012：水に関する国際研究・教育プログラムへの日本からの発信ー若手研究者のキャリアアップとジャパン・イニシアティブーと題したシンポジウムを開催し、産官学連携による水関連の研究推進と人材育成について議論を行った。また、2017年より水文・水資源学会、日本地下水学会、日本水文科学会、および陸水物理研究会の共同により、日本惑星科学連合とパートナーシップにある学術誌として、Hydrological Research Letters (HRL) を発刊することになった。さらに、2019年3月には両委員会が共催し、IAEA (International Atomic Energy Agency) によるRegional Training Course on Isotopic Data Processing and Interpretation –Hands on Exercisesを、我が国において開催する。

一方、国内外における関連学協会および大学・研究機関を取り巻く環境変化等に伴い、IAHSおよびその国内委員会の果たす役割も変化を求められている。IHP国内委員会との連携強化、若手人材育成とキャリアパス開拓への貢献等が重要な課題として考えられる。

キーワード：国際水文科学協会
Keywords: IAHS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気科学の100年：その成果と今後の課題
Centenary of the atmospheric sciences: Its progress and future issues

*中島 映至[1]
*Teruyuki Nakajima[1]

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

IUGG（国際測地学及び地球物理学連合）の協会の一つであるIAMAS（国際気象学・大気科学協会）は、2019年にIUGGとともに設立後100周年を迎える。７月にモントリオールで開かれるIUGG総会等における記念行事や記念事業が行われる予定である。大気科学は、人類の生活に関わる様々な気象現象に関わる科学として古くから発展して来た。その成果にも社会に関わる重要な問題が多い。特に過去100年間には、気象予測基盤の確立、地球温暖化問題やオゾンホールなどの環境問題などへの対応などの大きな発展があり、その俯瞰は、我々が将来何をしてゆくべきかについて多くの示唆を得ることができる。本発表では、このような大気科学の過去と未来について語りたい。特に、この時代は、気候と環境変化の顕在化、災害の増加に伴って、観測と現象の理解がますます必要となっており、社会科学との協働などの他圏との協働などの課題が多い。その点についても議論したい。

キーワード：大気科学、100 years
Keywords: Atmospheric sciences, 100 years

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IAPSOへのわが国の貢献
Contributuins of Japan to IAPSO

*升本 順夫[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

国際海洋物理科学協会（IAPSO）は、国際測地学及び地球物理学連合（IUGG）に加盟している８学協会のなかで、海洋とその境界領域に関する広義の海洋物理科学研究を推進し、国際協力による海洋研究を促進・調整することを目的としている。その実現のため、2年に一度、学術総会を開催し、委員会やワーキンググループを通じた活動を進めるとともに、ユネスコの政府間海洋学委員会（IOC）や国際学術会議（ICS）傘下の海洋研究科学委員会（SCOR）とも緊密に連携している。

IAPSO学術総会には、日本の海洋科学コミュニティーから毎回多くの研究者が参加し、研究発表や議論を活発に行なっている。近年では、海洋の乱流混合過程や極域の海洋科学、西岸境界流の力学、津波、大気海洋系気候変動、インド洋の調査研究、海洋酸性化などのセッションにて、日本の研究者らがセッション提案をするとともに、多くの研究発表を通じて海洋物理科学の発展に貢献している。エルニーニョ/南方振動やインド洋ダイポール現象の理解への貢献により、2015年にThe Prince Albert I Medalが山形俊男氏に授与されたことは、日本の研究者による海洋科学研究の発展への功績が認められた一例として挙げられる。

また、若干のブランクがあるものの、半世紀以上にわたり日本の研究者がIAPSO執行委員を務めており、そのうち約20年間で副議長、さらに2003年からの4年間は今脇資郎氏が議長を務めるなど、IAPSOの運営にも大きく貢献して来た。現在は日比谷紀之氏が執行委員として活躍中である。

近年、地球環境変化への社会の関心の深まりとともに、海洋科学の裾野は物理学だけでなく生物地球化学分野にも大きく拡がっている。国連総会決議による「持続可能な開発のための海洋科学の10年」が2021年に始まろうとしている折から、わが国の研究者もより広い視野を持って研究を展開し、IAPSOやIUGGを通じた国際連携を更に促進する必要がある。

キーワード：海洋科学、国際海洋物理科学協会、持続可能な開発のための海洋科学の10年
Keywords: Ocean Sciences, IAPSO, the Decade of Ocean Science for Sustainable Development

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

IASPEIの活動と歴史ならびに日本の貢献
IASPEI- activities, history and Japan’s contribution

*佐竹 健治[1]、Lay Thorne[2]、Schweitzer Johannes [3]
*Kenji Satake[1], Thorne Lay[2], Johannes Schweitzer[3]

1. 東京大学地震研究所、2. IASPEI会長、3. IASPEI事務局長
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. IASPEI President , 3. IASPEI Secretary General

IASPEI (International Association of Seismology and Physics of the Earth’s Interior,国際地震学・地球内部物理学協会)はIUGG傘下の8つの協会の一つであり，震源，地震波の伝播，地球の内部構造・物性・プロセスなどの研究を推進している．IASPEIには以下の7つの委員会がある：地震観測と解釈，テクトノフィジックスと地殻構造，地震発生過程ー物理・モデリング・予測のためのモニタリング，地球内部構造とジオダイナミクス，地震ハザード・リスク・強震動，地震の震源メカニクス，教育とアウトリーチ．さらに，IASPEIの特徴として，ヨーロッパ（ESC, 1951年設立），アジア（ASC, 1996年設立），アフリカ（AfSC, 2011年設立），ラテンアメリカ（LACSC, 2013年設立）の地域毎の協会があり，それぞれが隔年に学会やトレーニングコースを開催している．

地震学は各地における地震現象やその影響についての記載的学問としてスタートした．各国の地震学に関する学会は，スイス（1878年），イタリア（1879），日本（1880年）で設立された．1889年に日本の地震からの地震波がドイツで記録されたことから，地震学は国際的になり，初の国際地震学会が1901年にStrasbourg（現在はフランス，当時はドイツ）で開催され，日本を含む8か国からの参加があった．1904年にはInternational Seismological Society（国際地震学協会）が設立され，1922年にはIUGGの一部となった．その後，1930年にIAS, 1951年にIASPEIと名称が変更になった．

IASPEIの重要な役割は地震観測の標準の設定，すなわち地震波の相の名前，検測方法や地震観測網の改善などであり，それらはManual of Seismological Observatory Practice（地震観測マニュアル）として刊行されている（最新版は2012年）．これらのIASPEI標準に基づいた地震のブレティン（観測データ）はInternational Seismological Centreが発行している．IASPEIはiasp91やak135といった全球的な地震波速度構造モデルも提供してきた．地球上の震源分布や標準的な内部構造モデルは，プレートテクトニクスや地球内部の構造やダイナミクスなどの研究のための基礎的なデータとしての役割を果たしてきた．IASPEIはまた，地震前兆現象に関して刊行された論文について，ピアレビューと評価を行ったこともある．このほか，地震学解析ソフトやInternational Handbook of Earthquake and Engineering Seismologyを刊行してきた．

IASPEI は，世界中のデジタル地震観測網の設置・維持を行う団体の組織FDSN (International Federation of Digital Seismograph Networks)や，地震学的手法も使って核実験探知を行うCTBTO (Comprehensive Test-Ban Treaty Organization)とも強く連携している．さらにIUGG内の他の協会との共同委員会，例えば，ILP (International Lithosphere Project), 津波，火山，衛星測地学の小委員会．も設置・サポートしている．

日本国内では，学術会議IUGG分科会のIASPEI委員会と地震学会のIASPEI委員会が表裏一体となって，IASPEIの窓口の役割を果たし，IASPEIに関する情報を地震学コミュニティに伝達するほか，IASPEIの役員や受賞候補者を推薦している．日本地震学会は，IASPEIやASCへの参加者への旅費の援助やASCの運営補助などの経済的援助を行っている．現在，日本から数名がIASPEIやASCの役員や小委員会の委員長を務めている．　最近のIASPEI学術総会は　IAGと共同で2017年に神戸で開催され，たいへん盛会であった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：IASPEI、地震学、IUGG
Keywords: IASPEI, Seismology, IUGG

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本におけるIAVCEIの最近の歴史、および、IUGGとIAVCEIに対する若手研究者の反応
Recent history of IAVCEI in Japan and young researchers' response to IUGG and IAVCEI

*中田 節也[1]
*Setsuya Nakada[1]

1. 研究開発法人 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

日本の火山研究者、特に若い科学者は、IAVCEIとIUGGの関係をよく認識していないようだ。その理由は、IAVCEIと比較して、IUGGが彼らには可視的ではないためである。彼らが最初に挑戦することができるという国際会議としてIAVCEIが指導教官から紹介されることが多い。IAVCEIの存在は彼らが会員である日本火山学会（VSJ）でもよく見えている。この100年間、IAVCEIに対しては、久野　久、荒牧重雄、中田節也らの会長など、日本の研究者がIAVCEI理事を務め、IAVCEI学術総会が1962年に東京、1981年に東京・箱根、2013年に鹿児島で開催された。IAVCEIの2番目に大きい会議である火山都市国際会議（COV）は、科学者と非科学者が集って火山災害を軽減するために議論するフォーラムで、1998年以降、IAVCEI総会と学術総会の合間の２年ごとに開催されるものであるが、1988年に鹿児島市で開催された国際火山会議に端を発するものである。2007年には島原市で第5回COVを開催した。

IUGG総会は2003年に札幌で開催されたが、それでもIUGGは若い火山研究者、ひょっとしたら中堅の研究者の間でもあまり知られていない。例えば、最近のIAVCEI学術総会は1000人以上の参加者を集めるが、IUGG総会時のIAVCEI総会には300人程度の参加者しかいない。この数は最近のCOVの約1000人の参加者よりはるかに少ない。この理由の1つはIUGG総会では組織される火山巡検がないということがあるかもしれないが、それよりも単純に会議の規模が理由であろう。IUGGの各アソシエーション自体の研究分野が十分に広いので、8アソシエーションの集まりは若い研究者が参加するには分野が広すぎる。彼らは、自分たちの学会では心地よく感じるが、AGUやEGUではビジネスライクに映るかもしれない。これはJpGUと個々の国内学会との関係にも似ているかもしれない。私たちは多くの分野のアソシエーションが集まって会議を開催することのメリットを確認し共有することが必要であろう。さらに、IUGGや国際学術会議（ISC）のような政府が分担金を払う団体の役割についても私たちの間で確認し直すべきである。この場合、会議への参加者数を増やすことが優先課題ではない。地球規模の気候変動、および大地震や火山噴火などの地域の地質学的危害は、リスクを軽減するために世界的に最優先課題となっている。このような状況の下で、国連は2030年までの持続可能な開発目標（SDGs）を明確にしており、政府によって活動が保証されているIUGGやISCの任務はこれらの課題解決でも拡大しているといえる。

キーワード：IAVCEI、IUGG、地質学ハザード、持続可能な開発目標
Keywords: IAVCEI, IUGG, geohazard, SDGs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月30日(木) 13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[U-08] 日本地球惑星科学連合の将来に向けた大会参加者からの意見と提言

コンビーナ:浜野 洋三(神戸大学海洋底探査センター)、田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎(金沢大学 理工研究域　地球社会基盤学系)、座長:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎

日本地球惑星科学連合2019大会は、連合設立後１５回目、その前身である地球惑星科学関連学会合同大会の開始から３０回目の大会になります。この間の大会参加者数の大幅な増加や国際化に向けた進展により、地球惑星科学コミュニティーにとって、JpGUはなくてはならないものになりつつあります。しかし、当初はコミュニティーの個人の意思を反映して出発した任意団体が、現在では会員数約１万人の巨大組織に成長したために、組織としての論理が優先され、個人としての要望や意見を反映し難い状況も起こっています。法人化によって公益法人法の制約を受けるようになったことも、学術的な組織としての運営を難しくしています。今後JpGUのさらなる発展を目指すにあたり、ぜひ大会参加者の皆様から、JpGUの将来に向けた、厳しいご意見と建設的な提案をお聞かせいただきたいと思います。大会参加者のご意見は、2020年以降のJpGUの方向性を考える際の貴重な材料になるはずです。サイエンスコミュニティの基本理念であるボトムアップの精神に立ち返り、大会参加者の皆さまのご意見をお聞かせいただきたく、本セッションへの参加をぜひお願いします。

13:45 ~ 13:51

Introduction

13:51 ~ 14:03

[U08-01] 日本学術会議地球惑星科学委員会からJpGUへの要望・提案

*藤井 良一[1] (1.情報•システム研究機構)

14:03 ~ 14:15

[U08-02] 日本地球惑星科学連合における地理学の位置づけと将来展望

*小口 高[1]、山田 育穂[2]、早川 裕弋[3]、河本 大地[4]、齋藤 仁[5] (1.東京大学空間情報科学研究センター、2.中央大学理工学部、3.北海道大学大学院地球環境科学研究院、4.奈良教育大学、5.関東学院大学経済学部)

14:15 ~ 14:27

[U08-03] インターフェースとしての地球生命科学

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

14:27 ~ 14:39

[U08-04] JpGUのカバーすべき領域

*高橋 幸弘[1] (1.北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)

14:39 ~ 14:51

[U08-05] ちょっと英語やり過ぎ違いますか？

*林 祥介[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)

14:51 ~ 15:03

[U08-06] 日本地球惑星科学連合の国際化について

*小田 啓邦[1] (1.産業技術総合研究所地質情報研究部門)

15:03 ~ 15:15

[U08-07] 日本地震学会のJpGUの運営に関するアンケート結果をふまえた提言

*山岡 耕春[1] (1.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

日本学術会議地球惑星科学委員会からJpGUへの要望・提案
Request and proposal from the Committee on Earth and Planetary Sciences of the Science Council of Japan to JpGU

*藤井 良一[1]
*Ryoichi Fujii[1]

1. 情報•システム研究機構
1. Research Organization of Information and Systems

広範で多様な地球惑星科学全分野の学協会の集まりである日本地球惑星科学連合(JpGU) と地球惑星科学関連の研究者の集まりである日本学術会議 地球惑星科学委員会は、どちらもサイエンスコミュニティのボトムアップの組織として協力しあい、地球惑星科学分野の発展を目指してきています。地球惑星科学委員会はボトムアップの議論・要望を基に提言や学術全体の施策立案・実施を行なっていますが、その際に研究個人の考えに加えて学協会や学術分野の考え・要望や将来計画を基盤とすることは必須であり、そのためJpGUとの協働は必須となっています。例えば、現在実施している夢ロードマップの改定においても、JpGUの５つのサイエンスセクションの分類の使用を継承し、セクションと学協会の皆様のご尽力により実施されているところです。また学術の大型研究計画についても本JpGUのユニオンセッションでヒアリングを行うなど学協会と研究者個人の評価やお考えを広くいただく場としても不可欠で有効に機能しています。その他にも教育や人材育成等でJpGUとの協働はますます重要になると考えます。

今後今まで以上に不離一体の協働を進め、ご要望や将来計画を提言や施策とし、実現へ結びつけていくために、JpGUへの要望とともに学術会議側として体制を含めこれからどのように変革されていくべきかについて、皆様と活発な議論・意見交換をさせて頂き、今後の改善に結びつけていきたいと考えております。

キーワード：Committee on Earth and Planetary Sciences 、closer collaborations、large-scale research program
Keywords: JpGU, Dream roadmap, Science Council of Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本地球惑星科学連合における地理学の位置づけと将来展望
Geography in JpGU: current status and future perspectives

*小口 高[1]、山田 育穂[2]、早川 裕弋[3]、河本 大地[4]、齋藤 仁[5]
*Takashi Oguchi[1], Ikuho Yamada[2], Yuichi S. Hayakawa[3], Daichi Kohmoto[4], Hitoshi Saito[5]

1. 東京大学空間情報科学研究センター、2. 中央大学理工学部、3. 北海道大学大学院地球環境科学研究院、4. 奈良教育大学、5. 関東学院大学経済学部
1. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, 2. Faculty of Science and Engineering, Chuo University, 3. Graduate School of Env.Science, Hokkaido University , 4. Nara University of Education, 5. College of Economics, Kanto Gakuin University

日本地球惑星科学連合（以下連合と記す）には、2005年の発足時から地理学に関連する学会が団体会員として参加している。2019年2月の時点において、連合の50の団体会員のうち学会名に地理の語を含む学会が6つある。他に学会の英語名に Geographical を含む学会や、地理学と関連が深い地図学や地形学の学会なども参加しており、地理学は連合の中で一定の役割を果たしている。特に、連合の地球人間圏セクションでは地理学の研究者が主体的に活動している。一方、地理学関連の諸学会の会員の中で、連合の大会や活動に参加している人の比率は低い。この理由として、地理学者の過半を占める人文地理学者が理系色の強い連合に親近感を持たないことや、各学会が独自の春季大会等を行っており、連合大会と重複感があることなどが挙げられる。しかし、連合と地理学が強く結びつくことは、双方にとってメリットがあると考える。近年、文科省などが科学における文理連携・融合を重視しているため、連合の活動を理系の研究以外にも広げることが望ましいが、この際には文理の連携を長年実践してきた地理学が貢献できる。一方、2022年度に高等学校の地歴科で必修となる新科目「地理総合」において、自然災害や地球環境問題が重視されていることに象徴されるように、地理学の関係者が地球科学の素養を高める必要も生じている。本発表では、連合と地理学が連携しつつ発展していくための検討を行う。発表者は連合大会に継続的に参加している3世代の自然地理学者、人文地理学者、および修士まで工学を学んだ後に地理学のPhDとなった研究者の5名であり、多様な側面からの考察を試みる。

キーワード：地理学、日本地球惑星科学連合、連携
Keywords: Geography, JpGU, Collaboration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インターフェースとしての地球生命科学
Biogeoscineces will connect everthing together

*掛川 武[1]
*Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

地球生命科学セクションは、他のセクションに比べて様々な面で特異的である。地球生命科学セクションには地震観測や宇宙探査、気候変動など国主導のプロジェクトのベースがない。そのためにセクションの中で中心的な柱を立てにくい。さらに地球生命科学セクションのカバーする学術的内容と他のセクションの内容がオーバラップするために、独立して存在する意義がわかりにくくなっている。例えばアストロバイオロジーは地球生命科学セクションでカバーすべき内容であるが、宇宙惑星科学セクションとも内容がオーバーラップしている。また現生生物から４６億年までの遡った大気、有機化学まで扱い、膨大なタイムスケールがあることから、地球生命科学セクション中でも科学的コミュニケーションが難しい。古生物学のような古典的学問とアストロバイオロジーのような新興学問が混在し主役や将来的リーディング分野が見えない。その一方でAGUなどでは地球生命関連のセクションの存在は大きく、JPGUと異なる様相を見せている。将来的な大学や科研費の構造変化を考えると、地球生命科学セクションの成長は見込めない。地球生命セクションは独立性を追求するのでなく積極的に他のセクションと共同作業（共同セッションの提案など）を積極的に行うことが重要であると考える。AGUのように生物や農学、地球工学にウィングを伸ばすことは可能であろうが、日本では会員増などはまず見込めないだろう。

キーワード：地球、生命
Keywords: Earth, Life

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

JpGUのカバーすべき領域
Coverage of JpGU

*高橋 幸弘[1]
*Yukihiro Takahashi[1]

1. 北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻
1. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

Geoscience unions originally started from classical several categories, namely, solid earth, atmosphere, land and ocean water, upper atmosphere and space, and plant. However, in AGU or EGU, adding to those conventional fields, many new science targets or methodologies are becoming important player in the union. Especially, biology including agriculture and natural hazard became one of the largest communities. On the other hand, such movement in JpGU is going at very slow speed. Here we discuss the strategy about this matter.

キーワード：領域、連合
Keywords: Coverage , Union

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ちょっと英語やり過ぎ違いますか？
Is he a bit overkill for English?

*林 祥介[1]
*Yoshi-Yuki Hayashi[1]

1. 神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）
1. Department of Planetology/CPS, Graduate School of Science, Kobe University

英語を英語で教えるとか, 専門科目も英語で教えるとか, はては, 小学校にまで英語が導入され, 大学入試の英語試験は4技能試験とか言われるようになってしまった今日, これをリードしてきた国民大衆の英語コンプレックス, その原因となる経団連のみならず学術コミュニティーをも含む指導層の「国際」重視, これらに対する個々人の射幸心の方向性, ..., そういった社会経済文化学術的背景のもとJpGUの諸相もその例外でないのはわからんではない.

しかし, ヨーロッパ言語以外でほぼ唯一, 研究レベルまでの教育と実践を母語で行えるよう明治以降営々と努力してきた日本語空間の涵養を止めてしまうことの影響を過小評価していないだろうか? 今ある日本語言語空間やその運用力は当たり前にそこにあり自然に身につくものだと思っていいないだろうか? 母語が鍛えられていることによって, 我々はごく「自然」に広い幅と深い奥行きをもった想像力理解力を身につけることができているが, あまりに「自然」なのでそのコストと威力をなかなか前景化できない. しかるにその力は急速に衰えつつあるように危惧される. 言語は涵養しなければならず, これを使いこなすためには鍛錬が必要あることはいうまでもない.

言語の収斂(英語化)がどこまで進展するのか予想はつかない. 中国の躍進がどこぞでブレーキをかけてくれるかもしれない. しかし, 現状, このまま推移すればあと数世代ぐらいで日本語は日常語にしか使えない言語に退化していくような勢いである. 欧州言語群の多言語化とは異なり, 言語システムが大幅に違う言語間の多言語化に高いレベルで対応することは容易ではない. 思考の幅や深さを担保しようとすれば特定の言語システムに集中せざるを得ず, 言語選択段階で切り替えるような選択がなされるようになるのかもしれない. 捨てられる言語の上にいるのは嫌なので雪崩的衰退もあり得るのだろう.

英語空間に先端知識が集積される今日, これに参加寄与していくことを担保する運営システムの日英対応とその改良は望ましいし, 英語セッションを許容できる運営体制の構築も素晴らしい. しかし, 要旨が英語でなければならないとか, 資料が英語でなければならないとかいう強制ははずしてもらいたい, 日本語言語空間を涵養しこれを母語とする人々への知見提供を重視する日本語セッションを排除するのではなく許容できるようにしてもらいたい, と強く思う.

ちなみに英語タイトルと予稿本文には生 google 翻訳を置いてみた. AIがこの問題への関与にはまだ少々時間が必要なようだ.

キーワード：英語化問題
Keywords: Englishization problem

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本地球惑星科学連合の国際化について
Globalization of Japan Geoscience Union

*小田 啓邦[1]
*Hirokuni Oda[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, Geological Survey of Japan, AIST

本発表では日本地球惑星科学連合（JpGU）の国際化について議論する。JpGUの活動は多岐にわたるが、毎年開催される連合大会と学術出版事業は2本の柱と考えることができる。また、特にこれら2本の柱について国際化の必要性が強調されてきた。学術出版事業については、日本学術振興会の研究成果公開促進費「国際情報発信強化」の支援によりPEPS誌が2014年に創刊され、2017年Impact Factorが付与されたことにより軌道にのった。連合大会については、2017年にAGUとの初の共同開催を成功させ、2020年にも共同開催の予定となっている。連合大会の国際化が推進されるいっぽうで、日本語対応も重視されており、英語と日本語の両方への対応によるJpGU関係者の負担は無視できない。また、英語セッションと海外参加者が少ないために海外研究者に連合大会への参加を勧める際に障壁を感じる。さらに、地球惑星科学関連の国際会議は増加傾向にあり、連合大会の世界における相対的重要性は低下しつつある。したがい、本発表ではJpGUの国際化の意義ならびに連合大会の英語セッションを大幅に増やす（すなわち、日本語セッションを大幅に減らす）可能性について検討する。

キーワード：国際化、学術出版事業、連合大会、海外参加者、AGU共同開催
Keywords: globalization, academic publishing, JpGU meeting, attendees from abroad, Joint meeting with AGU

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本地震学会のJpGUの運営に関するアンケート結果をふまえた提言
A proposal for JpGU based on the questionaires to SSJ members

*山岡 耕春[1]
*Koshun Yamaoka[1]

1. 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター
1. Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

日本地震学会（以下SSJ）は、現在のJpGUの前身となった学会グループの最初のメンバーです。このグループは、SSJを含むいくつかの学会で構成され、それまでは毎年4月上旬に独立に開催されていた大会の代わりに、合同大会を3月から4月に開催することにしました。このような歴史的な状況の中で、SSJは、秋の大会に加えて、JpGUの大会をSSJの定例大会の1つとみなしています。そのため、毎年開催されるJpGUのセッションには、SSJのメンバーが秋季大会と同じセッションを提案しています。

学会は、会員が学会に参加することで広い意味で恩恵を受けることが期待できるかぎり存在できます。同様にSSJのような学協会メンバーもJpGUに参加する恩恵を期待して参加しています。 JpGUは日本の地球惑星科学（地球科学とも呼ばれる）の学術界を代表するものとして期待されており、日本の社会における認識と認識を高めるためのものです。特に高校教育における地球科学の地位は、日本列島の地質学的不安定性にもかかわらず、依然として低いままです。地球の過程の複雑さ、不可逆性、そして再現不可能性に取り組むことを必然的に必要とする地球科学の学術的な特徴は、繰り返し実験をすることが可能な実験室における研究とは異なります。このような地球惑星科学分野の重要性と特徴を社会だけでなく他の分野にも理解してもらうべく情報発信するのもJpGUの役割です。JpGUは、従来の学術的境界を越えたセッションの運営などのよって、共同研究を奨励する役割もあります。

そのようなJpGUの機能ですが、その結果としての連合大会のあり方については、時に反対意見が表明されます。 最近SSJのメンバーの一人が、JpGU会議は長すぎる、高すぎる、英語言語に媚びている、として、JpGU連合大会の運営に反対意見を表明しました。最初の2つ主張は大学の最近の状況変化から来ています。大学のスケジュールはますます厳しくなり、時間的予算的に大会参加にかける余裕がなくなってきています。SSJではそのような意見が一般的かどうかを調べるためにアンケートを実施しました。その結果、回答の2/3がJpGU連合大会へ参加することに満足を表明しているものの、回答の半分は先の会員の意見を支持しています。少なくとも、JpGU期間中のセッションの関連セッションの日程調整についてはさらなる努力と工夫が必要でしょう。それでも、90%の回答は、独立した学会の大会では実現できないJpGUセッションを支持しています。科学界では英語は事実上の共通語であり、好むと好まざるに関わらず日本の定期的な大会においても英語言語によるセッションを行うことは必要でしょう。

JpGUに期待されるもう一つの機能は、学協会間のコミュニケーションの機会を提供することです。最近の多くの社会では、特に若い世代のメンバーが徐々に減少し、財政的にも厳しさが増しています。事務局機能の共有は、財政への対策の一つかもしれません。学協会の合併も解決策になります。学術の発展という共通目的のために、JpGUと各学協会との関係、また学協会間の関係のありかたを探る必要があります。

キーワード：日本地震学会、開催期間
Keywords: Seismological Society of Japan, questionnaire

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月30日(木) 15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[U-08] 日本地球惑星科学連合の将来に向けた大会参加者からの意見と提言

コンビーナ:浜野 洋三(神戸大学海洋底探査センター)、田近 英一(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎(金沢大学 理工研究域　地球社会基盤学系)、座長:和田 浩二(千葉工業大学惑星探査研究センター)、隅田 育郎

日本地球惑星科学連合2019大会は、連合設立後１５回目、その前身である地球惑星科学関連学会合同大会の開始から３０回目の大会になります。この間の大会参加者数の大幅な増加や国際化に向けた進展により、地球惑星科学コミュニティーにとって、JpGUはなくてはならないものになりつつあります。しかし、当初はコミュニティーの個人の意思を反映して出発した任意団体が、現在では会員数約１万人の巨大組織に成長したために、組織としての論理が優先され、個人としての要望や意見を反映し難い状況も起こっています。法人化によって公益法人法の制約を受けるようになったことも、学術的な組織としての運営を難しくしています。今後JpGUのさらなる発展を目指すにあたり、ぜひ大会参加者の皆様から、JpGUの将来に向けた、厳しいご意見と建設的な提案をお聞かせいただきたいと思います。大会参加者のご意見は、2020年以降のJpGUの方向性を考える際の貴重な材料になるはずです。サイエンスコミュニティの基本理念であるボトムアップの精神に立ち返り、大会参加者の皆さまのご意見をお聞かせいただきたく、本セッションへの参加をぜひお願いします。

15:30 ~ 15:42

[U08-08] 日本地球惑星科学連合の将来に向けた意見と提言：地球電磁気・地球惑星圏学会から

大村 善治[2]、渡部 重十[3]、*加藤 雄人[1]、津川 卓也[4]、大塚 雄一[5]、SGEPSS 運営委員会 (1.東北大学大学院理学研究科、2.京都大学生存圏研究所、3.北海道情報大学、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

15:42 ~ 15:54

[U08-09] 地球惑星科学と情報科学との連携　～学際領域における共存共栄の試み～

*出村 裕英[1] (1.公立大学法人会津大学)

15:54 ~ 16:06

[U08-10] 惑星科学分野の若手研究者からの意見

*鎌田 俊一[1]、濱野 景子[2]、村上 豪[3]、兵頭 龍樹[2]、仲内 悠祐[3] (1.北海道大学、2.東京工業大学、3.JAXA/ISAS)

16:06 ~ 16:18

[U08-11] 日本地球惑星科学連合は，個々の関連学協会の目線に立った運営を行い適切に説明責任を果たせ．

*小泉 尚嗣[1] (1.滋賀県立大学環境科学部)

16:18 ~ 16:30

[U08-12] 地球惑星科学総合所属１代議員からの意見：国内向け活動・事業強化を

*熊谷 英憲[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

16:30 ~ 16:42

[U08-13] Japan Geoscience Letters (JGL) の15年とこれから

*橘 省吾[1]、田近 英一[2] (1.東京大学大学院理学系研究科宇宙惑星科学機構、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

16:42 ~ 17:00

Discussion

日本地球惑星科学連合の将来に向けた意見と提言：地球電磁気・地球惑星圏学会から

Opinions and recommendations to the Japan Geoscience Union from Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

大村 善治[2]、渡部 重十[3]、*加藤 雄人[1]、津川 卓也[4]、大塚 雄一[5]、SGEPSS 運営委員会
Yoshiharu Omura[2], Shigeto Watanabe[3], *Yuto Katoh[1], Takuya Tsugawa[4], Yuichi Otsuka[5], SGEPSS steering committee

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 京都大学生存圏研究所、3. 北海道情報大学、4. 情報通信研究機構、5. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3. Hokkaido Information University, 4. National Institute of Information and Communications Technology, 5. Institute for Space–Earth Environmental Research, Nagoya University

地球電磁気・地球惑星圏学会(SGEPSS) では日本地球惑星科学連合（JpGU）の将来に向けた意見と提言について、所属会員からの意見を募った。寄せられた意見は二つに大別される。一つはJpGUの将来の方向性について、もう一つは連合大会の運営に関わる意見である。主な意見を以下に挙げる。

・JpGUが目指す方向（どのようなinternational meetingを目指すのか）とAOGSとの関係を明らかにしてほしい

・一つの学協会に閉じない、複数の学協会によるジョイントセッションを増やす仕組みが必要

・参加者やコンビーナから意見を吸い上げ、フィードバックをする公式なルートが必要
本講演では会員から寄せられた意見を紹介すると共に、SGEPSSからの意見と提言を述べる。

キーワード：意見と提言、地球電磁気・地球惑星圏学会
Keywords: Opinions and recommendations, Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球惑星科学と情報科学との連携　～学際領域における共存共栄の試み～
Collaboration between Earth & Planetary Science and Information Science ~A trial of mutual benefit in the interdisciplinary field~

*出村 裕英[1]
*Hirohide Demura[1]

1. 公立大学法人会津大学
1. The University of Aizu

地球惑星科学が学際領域科学であることは、地球惑星科学連合が「宇宙惑星科学」「大気水圏科学」「地球人間圏科学」「固体地球科学」「地球生命科学」で構成されていることから誰もが認めるものである。本連合に所属する者は、連合傘下ないしそれ以外の学会にも複数所属し、目的を同じくする学会や手法を同じくする学会でそれぞれ横断的に活動している例が多い。一方、日本学術会議をはじめ学問分野や大学および研究機関は、リソースの争奪局面においてどうしても縦割りになりがちであり、必ずしも地球惑星科学連合に閉じた範囲で調整できない困難な場面も現場では生じている。それどころか、地球惑星科学の中でも情勢を俯瞰的に見られなくなって、連合としての一体感が希薄化しているのではないかという危うさすら感じられる。ここでは、ICT教育に特化してスーパーグローバル大学に採択された会津大学を例にとって、いかにして地球惑星科学の研究と情報科学の教育研究とを連携して行なっているかを紹介し、地球惑星科学と情報科学ひいては学際領域としての地球惑星科学が共存共栄しつつ発展する道について議論したい。

1993年に開学したまだ若い会津大学はICTに特化したコンピュータ理工学部のみで、単科大学という色彩が強かった。しかし、情報科学周辺分野と連携し基礎研究だけでない応用先を開拓するため、出口重視の先端情報科学研究センターを2009年に設置した。そのセンターの下部組織である宇宙情報科学クラスターは、フロンティア分野で大型研究のひとつと位置付けられる宇宙開発／深宇宙探査への長期的な参画、ソフトウエアとデータを一体で研究者コミュニティに提供することでオープンデータに新たな価値を与えるアーカイブサイエンスの実践、この２つを旗印にしている。発足後１０年が経過した今では、はやぶさ２およびそのほかのJAXAミッションに関わるだけでなく、気象庁噴火予知連絡会の衛星解析グループの一員として福島県下の火山防災活動にも寄与している。地方大学は研究のみならず地域貢献活動としての産学連携や防災減災に取り組む側面が無視し得ないことの好例であり、また学際的であるがゆえに様々な分野と連携する糸口を見つけやすいことも意味している。なかなか論文業績にはなりにくい長期的かつ探索的な活動となりがちで、連携する成熟分野から見ると中途半端にしか見えないと思われるが、未成熟で試行錯誤の余地が大きくイノベーションを引き起こしやすい典型的な境界領域でもある。地球惑星科学を様々なレベルで粗視化し、それぞれのレベルの境界領域にも正しく目配りして縦割りでは収まらない連携の場を確保することこそが、裾野の広い学際領域が全体で発展する鍵ではないかと考えている。研究所と大学、都市部大規模大学と地方小規模大学、ほか様々な対立軸があると思われるが、会津大学の例を踏まえて、地球惑星科学連合の未来について率直な意見交換ができれば幸いである。

キーワード：地球惑星科学、情報科学、学際領域
Keywords: Earth and Planetary Science , Information Science, interdisciplinary field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星科学分野の若手研究者からの意見
Comments from young planetary scientists

*鎌田 俊一[1]、濱野 景子[2]、村上 豪[3]、兵頭 龍樹[2]、仲内 悠祐[3]
*Shunichi Kamata[1], Keiko Hamano[2], Go Murakami[3], Ryuki Hyodo[2], Yusuke Nakauchi[3]

1. 北海道大学、2. 東京工業大学、3. JAXA/ISAS
1. Hokkaido University, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. JAXA/ISAS

本発表では、JpGUに対する惑星科学分野の（自称）若手からの意見を紹介する。

キーワード：JpGU、将来
Keywords: JpGU, Future

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本地球惑星科学連合は，個々の関連学協会の目線に立った運営を行い適切に説明責任を果たせ.

Japan Geoscience Union should operate based on the perspective of individual academic society and fulfill accountability

*小泉 尚嗣[1]
*Naoji Koizumi[1]

1. 滋賀県立大学環境科学部
1. School of Environmental Science,the University of Shiga Prefecture

小泉（2017）は，日本地球惑星科学連合大会（以下連合大会）について，３つの問題をあげて，日本地球惑星科学連合（以下JpGU）に日本地震学会が参加する価値があるかどうかについて疑問を投げかけた．すなわち，1) 連合大会は高い：予稿投稿料・大会参加料といった直接経費が高いことに加え，開催期間が長いことから宿泊費等の間接経費も高くつく，2)連合大会は長い：開催期間が長く，聞きたいセッションが分散される結果，聞きたいセッションの一部しか参加出来ず，自分の発表を聞いて欲しい専門家の一部にしか聞いてもらえない，3）連合大会は英語偏重：英語が得意でない日本人研究者にとって，自分の専門に関しては深い議論ができず，他分野の英語はわからないから研究の幅も広げられないという3点である。なお，日本地震学会では，この件について昨年議論を行ったが，日本地震学会らしく多様な意見がでて，それでおしまいとなった．

さて，個人的には，上記の3)の英語偏重が最も気に入らないので，それについて述べる．日本地球惑星科学連合（以下，JpGU）のウエブサイトによれば，JpGUの目的は地球惑星科学全体の振興と普及に寄与する事であり，その手段として，a)国際連携，b)社会への情報発信，c)関連分野の研究活動と情報交換の促進が挙げられている．まさに，このa）国際連携のために，「英語偏重」が行われているのだと思うが，この英語偏重はb）やc)についてはマイナスである．この点について，JpGUの理事会にはきちんと説明してもらいたい．それなりの戦略があって，現状でa)を優先しているのならよいが，b)やc)におけるマイナスを過小評価していないだろうか？理事会のメンバーは，その所属先から考えて，ほとんどが，優秀な学生や研究者に囲まれている方々である．そのような環境にいると，例えば，理科好きな高校生にとって，英語がどんなに高い壁になっているか想像できないのではないか．高校生の地学離れを心配している筈のJpGUが，理科好きだが英語の苦手な高校生には情報発信しなくてよい（地球惑星科学には来なくて良い）としていてはダメだろう．

最後にJpGUの運営について述べる．本セッションのスコープにも「・・当初はコミュニティーの個人の意思を反映して出発した任意団体が、現在では会員数約１万人の巨大組織に成長したために、組織としての論理が優先され、個人としての要望や意見を反映し難い状況も起こっています。」とあるように，JpGUは，最早ボトムアップの組織ではなくトップダウンの組織である．それを認識した上で，各個人は無理にしても，個々の関連学協会の目線に立った運営を行い，説明責任を果たして欲しい．今回のようなセッションが開かれたことについては希望を感じている所である．

参考文献

小泉尚嗣，2017，「高い，長い，英語偏重」の日本地球惑星科学連合大会に日本地震学会が参加することの「罪」，日本地震学会ニュースレター, 70, 2, 35p.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：日本地球惑星科学連合
Keywords: Japan Geoscience Union

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球惑星科学総合所属１代議員からの意見：国内向け活動・事業強化を
A proposal from a representative of General Geoscience Sector on a possible direction to future JpGU: actions for domestic activities could be weighted

*熊谷 英憲[1]
*Hidenori Kumagai[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

地球惑星科学総合選出の代議員として、また、今後連合を個人としての学会活動の中心に位置づけていきたい立場から、連合が目指すべき１つの方向性として国内の地球科学コミュニティの活性化と多様化を通じた基盤の強化を図ること、そのための国内向けの活動の強化を提案する。そのために議論/考慮すべき点として以下を挙げる：

1: 過度な国際化を志向しない
2: 地方在住者や学協会に基盤を持たない会員が参加しやすい仕組みづくり
3: 参加学協会個々で抱えている困難/課題に対する支援
4: 連合体としての機能強化。

１については、AGUとの連携が真に連合の活動強化となっているかを立ち止まって考えるべきであるとの認識からである。母国語での高度な議論が可能であるというメリットも今一度認識する必要がある。プロフェッショナル団体の会合としてはいささかの疑問がある近年のAGU秋季大会が連携の志向先として適切かどうか、ということでもある。

２については１とも関連し、大会参加費の相次ぐ値上げの打開、それと表裏一体の参加登録料に依存した財政体質の改善を指摘したい。会員としては個々の学協会に支出する年会費さえ抑えたいのが人情である。学協会の背景を持たない代議員の活用が図られることとも関連しよう。

３については学協会それぞれに課題が異なっているやに思われ、演者の限られた経験では概括的な議論は難しいと感じるものの、例えば、学会誌への査読付論文の確保が難しい団体は必ずしも小規模学協会のみとは限られないであろうことは考慮すべき要素の１つであるように思える。会員数減少はより普遍的な課題であるだろう。異なる視点ではあるが、日本学術会議により2019年2月14日に公表された提言「学協会に係る法人制度ー運用の見直し、改善等について」でも小規模学協会が活動しやすい条件整備が重要との指摘がなされている(主に法人運営に関する法整備の視点ではあるが)。

４についても上述の提言にて、研究者コミュニティが社会の多様な要請に対応する際に重要な役割を果たしているとして、学協会連携組織体の顕著な活動に着目しつつ、事業運営の困難を打開する提案を行っている。これを踏まえ、「学術会議協力学術研究団体」としての要件に現在は個々の学協会が「論文等を掲載する機関誌を年１回継続して発行していること」が掲げられているところ、この緩和への期待に基づき、連合に加わっている学協会の機関誌発行を受託しいずれ統合して地球科学の基幹誌を発行していくことを提案したい。PEPSは高いインパクトを国際的に獲得することを志向しているが、これを補うものが必要ではないか、ということである。例えば、AAASによるScience誌の発行に倣うような地球科学総合誌が発行され、定着、成長していくならば、PEPSないしそのジャーナルが相応の影響力を持つこともあり得るかも知れない。であれば、N誌やS誌のような欧米の権威を借りての業績評価の風潮も打開されるだろう。

キーワード：地球惑星科学総合、地球科学コミュニティの多様化、国内向けの活動
Keywords: General Geoscience Sector, diversify earth science community, focus to domestic activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Japan Geoscience Letters (JGL) の15年とこれから
Fifteen years of Japan Geoscience Letters and its future

*橘 省吾[1]、田近 英一[2]
*Shogo Tachibana[1], Eiichi Tajika[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科宇宙惑星科学機構、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. UTokyo Organization for Planetary and Space Science, University of Tokyo , 2. Dept. Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Japan Geoscience Letters (JGL) は，JpGU発足時に地球惑星科学分野全体に情報を伝達する初めての媒体として創刊された．季刊誌として，これまでに15巻1号まで計55号が発行されている（2019年大会時には15巻2号が発行されている予定である）．

対象，手法が多岐にわたる地球惑星科学においては，時に互いの研究の理解が難しいこともあり，分野全体で興味を持たれそうな話題を共有することを目的に，JGLでは毎号最大4本のトピックス記事を掲載してきた．分野や著者の所属機関などのバランスを考慮しながら，編集委員会でトピックスを選定し，15巻1号までに157本の記事を掲載してきた．執筆依頼を快く引き受けてくださり，限られた誌面のなかで，地球惑星科学分野の様々な話題をわかりやすく紹介してくださったすべての著者の皆様に感謝したい．

これまでの15年の間に議論はされたものの実現できなかったことのひとつに，執筆いただいたトピックス記事をもとにして，一般向けの書籍を出版することがある．JGL誌面ではひとつの記事は4500文字程度で，図表が2-3枚含まれる．これに解説を加えたり，新たな成果を盛り込んだりしていただき，分量を倍にすれば，1万字となり，4-5年分の記事で新書一冊程度にはなる．地球惑星科学分野の研究最前線を一般の方に楽しんでもらう書籍として出版できれば，JpGUの広報普及活動としての新たな柱となるのではないかと考える．

国際化のために，英語版ニュースレターをつくってはどうかなどの意見もあるかもしれない．しかし，編集の現場は人手が足りず，現状では手が回らない．地球惑星科学全体をできるだけ広くフラットに見渡す意識で，編集作業に加わっていただける方がおられれば大変有難い．とはいえ，大学や研究機関が現在置かれている状況や，現在のJpGUの規模や今後の国際戦略を考えると，研究者だけで実現できることには限界がある．大学では昨今URAを導入し，大学マネジメントと研究者を繋ぐ活動の強化を進めているが，そのような仕組みをJpGUでも取り入れられないだろうか．地球惑星科学という研究コミュニティを代表するJpGUだからこそ，JGLをひとつの軸とした広報普及活動を発展させ，コミュニティ内の共通理解をさらに進め，社会とのつながりを強固にするために，そのような人材活用も考えるべきではないだろうか．

JGLの15年は，我が国における地球惑星科学分野全体をまとめるコミュニティの形成と発展の15年でもある．JGLは地球惑星科学コミュニティ全体をまとめることに対し，ある程度の貢献をしてきたと編集委員会では考えているが，JpGUの財政状況などを考慮し，今年からJGLの配付は希望する会員限定となっている．JGLではこれまでアンケート調査など読者の皆様からのフィードバックを受ける機会を設けてこなかったが，本講演の場ではぜひJGLのこれまでや今後のあり方について，参加者の皆様からのご意見を頂戴したい．

キーワード：Japan Geoscience Letters 、広報普及
Keywords: Japan Geoscience Letters , Outreach

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[P-PS08] 月の科学と探査

コンビーナ:長岡 央(宇宙航空研究開発機構)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、座長:田中 智、西野 真木(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

2019年に月周回衛星「かぐや（SELENE）」は、観測終了から10年を迎える。かぐやによる月の物理・化学・地質データは、世界的にも月科学における基準データとなった。また、その後のLRO、GRAIL、LADEEやChang'e3といった海外ミッションも新たな成果を生み出している。現在、日本を含め世界各国では、着陸探査やサンプルリターン計画を含めた次期月探査計画の検討が精力的に進められている。本セッションでは新しい月科学の構築に向けて、月探査データを用いた研究成果の報告、SLIM計画を含む将来の月探査計画に関する議論、今後の探査データの解析に向けた提案、関連する理論や実験，試料分析の結果、搭載機器開発など、月科学に関する発表を広く受け入れる。

9:00 ~ 9:15

[PPS08-01] Observing simulations of impact-induced moonquakes combined with the lunar impact flash observation data for future lunar seismic explorations

*小野寺 圭祐[1,2]、川村 太一[3]、田中 智[2]、石原 吉明[4]、前田 拓人[5]、柳澤 正久[6]、内田 有紀[6]、阿部 新助[7]、山田 竜平[8]、岡本 尚也[2] (1.総合研究大学院大学、2.JAXA宇宙科学研究所、3.パリ地球物理研究所、4.国立環境研究所、5.弘前大学、6.電気通信大学、7.日本大学、8.会津大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS08-02] New Results from Restored Apollo Magnetic Field Records

*Peter J Chi[1] (1.University of California Los Angeles)

9:30 ~ 9:45

[PPS08-03] かぐや搭載スペクトロプロファイラ（SP）による高緯度領域データの解析：水氷の存在可能性の調査

經田 原弘[3]、*田中 智[1]、大竹 真紀子[1]、長岡 央[2]、仲内 悠祐[2]、小野寺 圭祐[4] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所固体惑星科学研究系、2.宇宙航空研究開発機構、3.東京大学複雑理工、4.総合研究大学院大学)

9:45 ~ 10:00

[PPS08-04] Detection of Dark Regions on the Lunar Surface with Shadow Masked Multiband Imager Data

*伊東 里保[1]、井上 博夏[2]、大竹 真紀子[2]、大嶽 久志[2]、中村 良介[1] (1.産業技術総合研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

10:00 ~ 10:15

[PPS08-05] GRAIL重力場データを用いた月大型盆地下のモホ面深さの推定

*西山 学[1]、並木 則行[2] (1.東京大学 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.国立天文台 RISE月惑星探査検討室)

10:15 ~ 10:30

[PPS08-06] Ejecta Thickness Distribution of Lunar Schrödinger Basin

*路媛 徐[1]、謝 明剛[1] (1.マカオ科学技術大学)

Observing simulations of impact-induced moonquakes combined with the lunar impact flash observation data for future lunar seismic explorations

*小野寺 圭祐[1,2]、川村 太一[3]、田中 智[2]、石原 吉明[4]、前田 拓人[5]、柳澤 正久[6]、内田 有紀[6]、阿部 新助[7]、山田 竜平[8]、岡本 尚也[2]
*Keisuke Onodera[1,2], Taichi Kawamura[3], Satoshi Tanaka[2], Yoshiaki Ishihara[4], Takuto Maeda[5], Masahisa Yanagisawa[6], Yuki Uchida[6], Shinsuke Abe[7], Ryuhei Yamada[8], Takaya Okamoto[2]

1. 総合研究大学院大学、2. JAXA宇宙科学研究所、3. パリ地球物理研究所、4. 国立環境研究所、5. 弘前大学、6. 電気通信大学、7. 日本大学、8. 会津大学
1. SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 2. Institute of Space and Astronautical Science / Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Insitut de Physique du Globe de Paris, 4. National Institute for Environmental Studies, 5. Hirosaki University, 6. The University of Electro-Communications, 7. Nihon University, 8. University of Aizu

Over the past 50 years, the lunar interior has been investigated by analyzing the Apollo lunar seismic data (e.g. [1]-[3]). However, currently proposed models of the internal structure are not in accordance with each other although each model can explain the Apollo seismic data. This means there still exists a large uncertainty in the lunar internal structure because the Apollo data does not have enough quality to determine the inner structure precisely. Since the internal structure is a significant factor to elucidate the origin of the Moon, it is essential to obtain new seismic data in order to improve our knowledge of the lunar internal structure.

In particular, the lunar crustal structure (e.g. elastic velocity, density, layer-thickness) is significant when discussing the thermal environment at the initial stage of the lunar formation. From the observation results of KAGUYA (SELENE), it is suggested that the lunar crust consists of very pure anorthosite, which means the refractory element Al concentrates within the crust (e.g. [4][5]). Since the bulk amount of refractory elements gives a strong constraint on the thermal condition of the lunar formation, revealing the lunar crustal structure will lead to better understanding of the history of the Moon.

When determining the lunar crustal structure, impact-induced seismic waves are usually used [6]. Generally, at least 3 seismic stations are required to determine seismic source locations. In the case of the Apollo, although 4 seismic stations were placed and made a network on the nearside of the Moon, it was difficult to determine the impact locations (seismic source locations) precisely due to uncertain arrival time readings and unknown origin times. In future seismic explorations, it is required to carry out seismic observations even at a single point since it is difficult to deploy multi-seismic stations at once. In this situation, the precise determination of origin times and impact locations will play an important role in order to improve the crustal structure. However, as described above, it is considered that a single seismic station is not adequate for the precise determination of origin times and impact locations. This is one of the serious problems when performing a future seismic exploration.

In order to overcome this problem, it has been proposed to apply ground observation data of lunar impact flashes to seismic observations on the Moon [7][8]. Since the basic recording system of the impact flash observation allows us to determine impact times and locations more precisely compared to seismological approaches, it will enable to realize seismic observation at single point. However, these fields of study (lunar impact flash and lunar seismology) have been carried out independently in the past. In this study,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

we bring these two field together by performing observing simulations of impact-induced seismic waves by combining a seismological simulation with the lunar impact flash observation data as a first step for the consideration of a future seismic exploration.

In the presentation, we will report the simulation results of the lunar seismic observations and discuss the requirements for a future seismic instrument and landing site.

References

[1] Toksöz et al. (1974), *Rev. Geophys. Space Phys.*, 12, 539-567.
[2] Lognonné et al. (2003), *Earth Plant. Sci. Lett.*, 211, 27 –44.
[3] Garcia et al. (2011), *Phys. Earth Planet. Inter.*,188, 96 –113.
[4] Ohtake et al. (2009), *nature*, 461, 236-241.
[5] Yamamoto et al. (2012), *Geophys. Res. Lett.*, 39, L13201.
[6] Chenet et al. (2006), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 243, 1-14.
[7] Tanaka et al. (2018), *Proc.NVM2-Asia*, #6025.
[8] Yamada et al. (2019), *Proc.Lunar Planet. Science Conf., 50*th, #1770.

キーワード：月、月震、将来探査、衝突、月面衝突閃光
Keywords: Moon, Moonquake, Future Exploration, Impact, Lunar Impact Flash

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New Results from Restored Apollo Magnetic Field Records

*Peter J Chi[1]

1. University of California Los Angeles

Three Apollo missions collected digital magnetic field measurements by the Lunar Surface Magnetometers on the surface (Apollo 12, 15, and 16) and by Subsatellite Biaxial Magnetometers in orbit surrounding the Moon (Apollo 15 and 16). After approximately a half century, the Apollo 15 and 16 missions are still the only lunar missions conducting simultaneous surface and orbital magnetic field experiments. The Apollo magnetic field experiments enabled many first discoveries, such as the lunar magnetic anomalies and the electrical conductivity of the Moon.

A recent effort has restored all the Apollo magnetic field records from the archaic data format originally archived. The restored LSM data have revealed many narrowband ion cyclotron waves in the Earth’s magnetotail that were not investigated during Apollo years. The restored data also allow re-analyses for the Moon-solar wind interaction and magnetic sounding of the lunar interior. We find that the observed transfer function responses in both tangential and radial components on the lunar surface are consistent with theoretical expectations at least for frequencies greater than 10^{-4} Hz. The comparison between SBM and LSM data indicates that, when the Moon is in the solar wind, the surface magnetic field is slightly enhanced on the sunward side. This paper summarizes the recent findings from the restored Apollo magnetic field data and discusses the unexplored topics for future magnetic field measurements on the lunar surface.

Keywords: Moon, Apollo magnetic field experiments, plasma waves at the Moon, magnetic sounding of lunar interior, solar wind interaction with the Moon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

かぐや搭載スペクトロプロファイラ（SP）による高緯度領域データの解析：水氷の存在可能性の調査

Analysis of the High Latitude Region of the Moon with Spectral Profiler Data: Possible Presence of Water Ice

經田 原弘[3]、*田中 智[1]、大竹 真紀子[1]、長岡 央[2]、仲内 悠祐[2]、小野寺 圭祐[4]
Haramitsu Kyoda[3], *Satoshi Tanaka[1], Makiko Ohtake[1], Hiroshi Nagaoka[2], Yusuke Nakauchi[2], Keisuke Onodera[4]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所固体惑星科学研究系、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 東京大学複雑理工、4. 総合研究大学院大学
1. Department of Solid Planetary Sciences Institute of Space and Astronautical Science, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Department of Complexity Science and Enginnering, the University of Tokyo, 4. Department of Space and Astronautical Science, SOKENDAI

Recently, space agencies such as NASA and JAXA are actively planning to explore the polar region of the Moon since its usability as lunar base and possible existence of volatile elements([1],[2]). Landing site selection should be taken into consideration of the sunshine rate, existence of volatile materials in the vicinity [3], and so on. Therefore, geological and geomorphological studies in the polar region of the Moon have become more important. In this paper, we focused on detecting of water ice in the polar region using Spectral Proler(SP) data obtained by KAGUYA. Li et al.,(2018)[4] reported exposed water in the permanently shaded area by M^3 data. It is possible to detect more distinct feature of water absorption by the SP data with high S/N ratio. Data analysis by the SP data in the polar region is still difficult due to the large solar incidence angle, however, we reported that the data could be handled with high-accuracy by estimation of insolation area for each spectrum using deep learning method [5]. Based on the SP data in the fully shaded area classied by the method above, we investigated the spectrum having absorption at 1260 nm and 1500 nm both of which are featured by ice and frost of water. As a result, we found about 300 spectrum data having distinct water absorption. One of the data with this absorption obtained in the middle of April, 2009 was located at around (lat. , lon.)=(-85, 50) at where Li et al., (2018) indicated the presence of water ice, but most of the data locations are not overlapped. Moreover, the solar incident angles of all selected data are too high to detect the direct nor the secondary reflected light from the surface of the target area. It is possible that the floating dust at a distance of several tens of kilometers the Moon originated from the impacts or levitation may have been detected[6].

References

[1] Heldmann et al., (2016) Acta Astronautica, 127, 308-320.
[2] Ivanov et al., (2015) Planetary and Space Science, 117, 45-63.
[3]Sanin et al., 2016, Icarus 283 20{30.
[4]Li et al., 2018, PNAS 115 (36) 8907-8912.
[5]Kyoda et al., 2018, 49th Lunar and Planetary Science Conference 2018 (LPI Contrib. No. 2083).
[6]Wooden et al., 2016, Nature Geoscience volume 9, pages 665{668

キーワード：月、スペクトルプロファイラー、水氷
Keywords: Moon, spectral profiler, water ice

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detection of Dark Regions on the Lunar Surface with Shadow Masked Multiband Imager Data

*伊東 里保[1]、井上 博夏[2]、大竹 真紀子[2]、大嶽 久志[2]、中村 良介[1]
*Riho Ito[1], Hiroka Inoue[2], Makiko Ohtake[2], Hisashi Otake[2], Ryosuke Nakamura[1]

1. 産業技術総合研究所、2. 宇宙航空研究開発機構
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Japan Aerospace Exploration Agency

Dark Mantle Deposit (DMD)、鉄またはチタンが特に多い地域、年代が古く風化の進んでいる海など、月面上に存在する反射率が特に低い領域は、月の進化過程に関わる重要な情報を持っている。そのため、そういった暗い領域を新たに発見することは月科学の分野において重要な課題の一つとされている。高分解能な月探査データの蓄積により、月全球においてこれまで見逃されていた可能性のある比較的小規模な暗い領域の探索を行えるようになった。本研究の目的は、このような高解像度月探査データから月面上の最も暗い領域の候補を網羅的に探索することである。一方で、例えば月周回衛星かぐやのMultiband Imager(MI)画像から暗い領域の自動検出を試みた場合、MI画像内にある影が妨げとなることが予想される。そこで本研究では、前処理としてMI画像内から影領域を除去したうえで影以外の暗い領域の探索を行った。

太陽光は入射しているが入射角が低いため相対的に周囲よりも暗く見えている影領域も異常値を持つ可能性がある。そのため影検出タスクにおいては地形の影響により太陽光が完全に入射しない日陰だけでなく日陰と影両方を検出対象とする。日陰はDEMを用いた日照シミュレーションによって検出することもできるが、日陰と影の両方をMI画像に即した形で検出するには、実際のMI画像から得られる反射率の相対的な差や影の形状などの特徴を用いて検出する必要がある。影領域除去処理のための影マスク作成には、conditional Generative Adversarial Network(cGAN)を用いた。画像認識に用いられるディープラーニング手法の多くは、教師データからオブジェクトの形状やスペクトル方向の特徴を捉え、タスクを解くための最適な特徴量を自動的に学習することができる。GANはGeneratorとDiscriminatorと呼ばれる２つのネットワークを競合させながら学習を行う。GeneratorはDiscriminatorを騙せるような精巧な模擬画像を生成することを、そしてDiscriminatorはGeneratorが生成した模擬画像と正解画像を正しく識別できることを目標としている。cGANの学習を行うために、MI画像とMI画像に対する正しい影マスクのペア（教師データ）を用意した。本研究では、Generatorが入力されたMI画像に即した影マスクを生成するように学習を行った。学習済みのGeneratorによって生成された影マスクを目視で確認したところ、教師データとして用意したようなクレータなどによる影やコントラストがはっきりした影は概ね検出できていた。一方で、今回用意した影の正解データに含まれていないような小さい影の検出精度は高くなかった。また、MI画像内に含まれる無効値は決められた値が設定されているが、無効値周辺は異常値を示す場合があり、それに影響される形で影の検出精度も低い結果となった。

次のステップでは、学習済みのGeneratorが生成した影マスク画像を用いて影の影響を取り除いたMI画像から、暗い領域を探索する。ただし、無効値を多く含む画像については影検出の精度が安定しないため、無効値が比較的多い±６０よりも高緯度の領域は探索対象から除外し、対象領域内に含まれる無効値の周辺も異常値を持つことが多いためマスク（除外）の対象とした。最初の試みとして、暗い領域の検出は単純な閾値処理にて行った。閾値は影除去後のMI画像のバンド２（波長７５０nm）から算出した反射率のヒストグラムから決定し、反射率が閾値を下回る領域を暗い領域候補とした。また、検出された候補の内サイズが小さい領域は、学習済みのGeneratorにより検出・除去できなかった細かい影である可能性が捨てきれない。そのため領域のサイズが約９００画素以下の場合は、暗い領域候補から除外することとした。この処理によって影ではない暗い領域の候補を除外してしまう可能性はあるが、今回はより確実に暗い領域だと判断できる候補を探し出すことを重視した。閾値処理やノイズ除去手法は、最終的な候補地点の検出に大きく影響する重要な要素である。今回は影検出精度に依存して、ノイズとして除去する領域のサイズを大きめに設定した。今後研究を進めるうえで改善・検討を重ねていき、より小規模な暗い領域の検出を目指す。

本手法を適用した結果、若干のノイズは残るものの、既存のDMDである熱の入江やタウラス・リトロー、蒸気の海などが候補として検出された。他に検出された地点についても、ほとんどが高チタンの領域に位置して

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

いた。本発表では検出された領域に関する解析結果と検出手法の妥当性について議論する。

キーワード：ディープラーニング、影検出、マルチバンドイメージャ、Dark Mantle Deposit
Keywords: deep learning, shadow detection, Multiband Imager, Dark Mantle Deposit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GRAIL重力場データを用いた月大型盆地下のモホ面深さの推定
Estimation of Moho depth under lunar basins by using only the GRAIL gravity data

*西山 学[1]、並木 則行[2]
*Gaku Nishiyama[1], Noriyuki Namiki[2]

1. 東京大学 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2. 国立天文台 RISE月惑星探査検討室
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. RISE Project, National Astronomical Observatory of Japan

太陽系の形成史を紐解く上で惑星・衛星の地下構造は内部進化や形成に制約を与えるという点で重要であり、例えば月などの固体天体においては地殻の厚さから形成時のマグマオーシャンのおおよその規模を推測することができる。地殻の厚さを推定する際に有効な手法のひとつが探査機の軌道データ等から計算された重力異常の測定データを用いた手法であり、これまでDownward continuation filterを使用する手法が広く用いられてきている。モホ面の平均の深さ，もしくはある地点での深さを地震データから与え、観測値のブーゲー異常とモホ面の作る重力が等しくなるようにモホ面の起伏を推定している。しかし、この手法では原理的に計算が発散してしまうことを我々は見出した。この発散を作為的に抑えようと作成したフィルターがDownward continuation filterであり、従来の手法でインバージョンされた推定モホ面起伏には，理論的正当性がない。

今回、Downward continuation filterを用いず、また地殻の厚さの基準値を仮定せずに、月大型盆地地下のモホ面の隆起形状を仮定して推定を行うという新手法を試行した。Crisium盆地の直下ではモホ面が円柱状に盛り上がっているとし、ブーゲー異常をFourier-Bessel級数に展開して北緯17.0°東経59.1°を中心とした軸対称円筒座標系で考える。円柱の半径・上面深度・下面深度を変数としてモホ面の作る重力と海の影響を除いたブーゲー異常のフィッティングを行うと、下面の深さは37.9±7.7 kmと求まる。この値はモホ面の平均的な深さと対応していると考えられるが、Apollo12・14で観測された月震データから推測されるモホ面の深さと整合性がある。我々の試行した新手法を用いることでDownward continuation filterを用いず、また地殻の厚さが未知の場合にも重力のデータのみでモホ面の深さを推定できる。今後はモホ面の形状の影響や、モホ面のたわみなどを定量的に評価する必要がある。

キーワード：月、地殻、重力、GRAIL、モホロビチッチ不連続面
Keywords: moon, crust, gravity, GRAIL, Moholovicic discontinuity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ejecta Thickness Distribution of Lunar Schrödinger Basin

*路媛 徐[1]、謝 明剛[1]
*Luyuan Xu[1], Minggang Xie[1]

1. マカオ科学技術大学
1. State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology

A hypervelocity impact on a target with solid surface forms an impact crater, and a fraction of debris is ejected and emplaced ballistically from the crater. The thickness distribution of primary ejecta gives insight into the processes of impact cratering, the stratigraphy of planetary crust, the evolution of planetary surface, and the source of lunar samples. However, the widely used empirical ejecta thickness distribution model of McGetchin et al. (1973) is inconsistent with recent observations of complex craters and the Orientale basin.

As a typical case to address this problem, here we conducted detailed measurements of ejecta thickness distribution for Schrödinger Basin, which is a large impact basin located near the lunar south pole, the best-preserved peak-ring basin, and the second youngest one on the Moon.

Based on LROC WAC, Kaguya TC, and LOLA DTM data, the thickness of primary ejecta is estimated indirectly from the measurements of partially filled pre-basin craters using crater morphometry and the effect of crater degradation is taken into considerations. The results show that the ejecta thickness distribution of Schrödinger Basin is more consistent with Pike (1974)’s model rather than McGetchin et al. (1973)’s, the excavation of Schrödinger basin-forming impact does not penetrate through lunar crust, and the rim relief of Schrödinger Basin consists mostly of rim uplift rather than the primary ejecta.

キーワード：Impact ejecta、rim uplift、Schrödinger Basin
Keywords: Impact ejecta, rim uplift, Schrödinger Basin

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[P-PS08] 月の科学と探査

コンビーナ:長岡 央(宇宙航空研究開発機構)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、座長:橋爪 光、長岡 央

2019年に月周回衛星「かぐや（SELENE）」は、観測終了から10年を迎える。かぐやによる月の物理・化学・地質データは、世界的にも月科学における基準データとなった。また、その後のLRO、GRAIL、LADEEやChang'e3といった海外ミッションも新たな成果を生み出している。現在、日本を含め世界各国では、着陸探査やサンプルリターン計画を含めた次期月探査計画の検討が精力的に進められている。本セッションでは新しい月科学の構築に向けて、月探査データを用いた研究成果の報告、SLIM計画を含む将来の月探査計画に関する議論、今後の探査データの解析に向けた提案、関連する理論や実験，試料分析の結果、搭載機器開発など、月科学に関する発表を広く受け入れる。

10:45 ~ 11:00

[PPS08-07] 全球海洋モデルの潮汐応答に基づく月軌道進化の定量的検討

*元山 舞[1]、綱川 秀夫[1]、高橋 太[2] (1.東京工業大学理学院地球惑星科学系、2.九州大学理学研究院地球惑星科学部門)

11:00 ~ 11:15

[PPS08-08] Geochemical and Petrological Investigations of Lunar Feldspathic Crust by Lunar Sample Studies and Remote Sensing Data

*長岡 央[1]、唐牛 譲[1]、大竹 真紀子[1] (1.宇宙航空研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[PPS08-09] 月模擬土壌への微量着氷実験装置の開発と近赤外スペクトル観測

*荻島 葵[1]、佐伯 和人[1] (1.大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻)

11:30 ~ 11:45

[PPS08-10] 月面揮発性物質学 - これまでと、これから

*橋爪 光[1] (1.茨城大学理学部)

11:45 ~ 12:00

[PPS08-11] 月極域探査ミッションの推進に向けた科学的アプローチ

*鹿山 雅裕[1]、橋爪 光[2]、長岡 央[3]、佐伯 和人[4]、山中 千博[4]、晴山 慎[5]、大竹 真紀子[3] (1.東北大学、2.茨城大学、3.宇宙航空研究開発機構、4.大阪大学、5.聖マリアンナ医科大学)

12:00 ~ 12:15

[PPS08-12] FDTD電磁界シミュレーションに基づくUHF帯GPRによる月表層の氷検出可能性の検討

*熊本 篤志[1]、宮本 英昭[2]、西堀 俊幸[3]、新原 隆史[2]、土屋 史紀[1]、石山 謙[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学、3.宇宙航空研究開発機構)

全球海洋モデルの潮汐応答に基づく月軌道進化の定量的検討
Possible evolution paths of the lunar orbit based on tidal response in the global ocean model of the early Earth

*元山 舞[1]、綱川 秀夫[1]、高橋 太[2]
*Mai Motoyama[1], Hideo Tsunakawa[1], Futoshi Takahashi[2]

1. 東京工業大学理学院地球惑星科学系、2. 九州大学理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

地質学的な証拠や地球の固化過程の研究によると、地球・月系が誕生してから数百万年後に地球の海洋が誕生したことが示唆される（Hamano et. al., 2013、Watson & Harrison, 2005、他）。多くの大陸成長モデルは、30-45億年前の大陸地殻は非常に小さかったことを示唆しており（Stein & Ben-Avraham, 2007、他）、初期地球の海洋は全球的に分布していたと考えられ、また全球的に海洋に覆われていたと示唆される期間は約15億年間と比較的長期間である。月軌道進化は、地球の固体潮汐と海洋潮汐による影響が大きいが、海洋の潮汐応答を定量的に組み込んだ軌道進化計算はあまり試みられていない。その理由の一つとして、従来の月軌道計算のほとんどは、現在の月の位置と地球自転等を初期値として、時間的に逆方向に遡っており、大陸移動などは未だに不定性が大きいことがあげられる（Abe et. al, 1997、他）。また潮汐進化に伴う海洋応答は摂動論や数値計算から見積もられてきたが（Webb, 1980、他）、その物理メカニズムは不明瞭である。従って、全球規模の海洋が月軌道進化に及ぼす効果の特徴を明らかにし、海洋に関するパラメーターを容易に取り入れることのできるモデルが必要である。

本研究では、月軌道進化に伴い変化する地球海洋の応答進化を定量的に見積もり、軌道進化を時間に対して順方向に約20億年間に亘り計算した。地球・月は2体問題として扱った。地球・月系形成後、月の軌道は急速に円軌道へ近づき軌道傾斜角は小さくなったことが示唆されているため（Cuk et. al., 2016他）、月軌道は円軌道（離心率＝0）で、地球の赤道面上（軌道傾斜角＝0）とした。海洋の形成時期を地球・月系の形成からt_0年後とし、全球海洋を仮定し海洋深度は全球的に一定とした。固体地球潮汐の影響として、Q値を100 （$t<t_0$） 及び230 （$t>t_0$）とした。地球岩石の水素同位体比から、海水量は現在の2倍以上存在した可能性が指摘されたが（Kurokawa et. al., 2018、他）、進化過程における海洋量の変化度合いは不定性が大きい。ここでは、進化中に継続的に一定とした場合と、ある期間に減少する場合を検討した。また近年の衛星観測データから、現在の深海域では海底地形によって発生する内部重力波（内部潮汐）に伴うエネルギー散逸が卓越していることが示された（Egbert & Ray, 2000、他）。潮汐流から生じる内部重力波によるエネルギー散逸を考慮したラプラスの潮汐方程式から、数値的に海洋応答による潮汐トルクを計算し、軌道進化を見積もった。

本研究で得られた結果からは、月軌道半径は滑らかに大きくなるのではなく、階段状に時間進化することがわかった。本モデルでは月軌道傾斜角をゼロと固定したが、固有モードが共振する条件は、同一の潮汐力振動数下で生じるため、月軌道傾斜角がゼロでない場合でも階段状進化が生じうると考えられる。この階段状進化のメカニズムを調べるため、海洋の潮位変化を固有モードで展開し、それぞれの固有モードがお互いに及ぼす影響は小さく独立に応答すると仮定し、半解析的に応答関数を導出した。数値解と応答関数によるトルクは明瞭に対応し、海洋の応答は固有モードの応答で構成されていることが明らかとなった。また軌道進化に対する影響として、例えば2600mの海洋深度一定の場合にみられる階段状道進化は、固有モード（8,2）や（6,2）の共振が原因で生じることがわかった。海洋深度が5200mから2600mへ変化する場合は、共振が生じるだけでなく、固有モード(6,2)の共振付近に比較的長期間留まり、それによって生じるトルクが、月軌道進化を継続的に加速し続けることがわかった。ここで、海洋深度に対して各固有モードが共振しうる地球の自転角速度を求め、共振線（固有モード共振の自転角速度及び海洋深度依存性）を得た。これに、数値計算による地球・月系進化トラックをプロットすると、進化経路に応じた海洋応答の状態がわかり、月軌道進化への影響が明らかになる。例えば、進化トラックと共振線が交差すると、そのモードの共振が生じる。解析の結果、本研究で計算

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

したパラメーターの範囲では、固有モード共振が少なくとも1回は生じた。共振する固有モード、及び回数や発生する時期等は、主として海洋深度と内部潮汐係数に依存する。海洋深度が減少する場合は、その効果として、共振線の対応する自転角速度は小さくなる。その結果、進化トラックが共振線付近に留まる状態が、比較的長期間維持されることがわかった。以上のことから、潮汐力進化に伴う海洋応答は、地球・月系の初期共進化に大きな影響を及ぼしたことが示唆される。

キーワード：月、地球、海洋、潮汐、共振、軌道
Keywords: Moon, Earth, ocean, tide, resonance, orbit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical and Petrological Investigations of Lunar Feldspathic Crust by Lunar Sample Studies and Remote Sensing Data

*長岡 央[1]、唐牛 譲[1]、大竹 真紀子[1]
*Hiroshi Nagaoka[1], Yuzuru Karouji[1], Makiko Ohtake[1]

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

Feldspathic highland crust deriving from ferroan anorthosite (FAN) have been assumed to be formed by the lunar magma ocean (LMO) model, whose the early crust was accumulated by the crystallization and flotation of plagioclase (Warren, 1985). However, the studies of lunar meteorites which originated from the highlands not covered by the Apollo missions, found more magnesian anorthosites than FAN (e.g., Takeda et al., 2006). Furthermore, Kaguya observation revealed feldspathic crust with higher Mg# (= molar 100 ×Mg/(Mg + Fe)) than FAN (Ohtake et al., 2012).
Furthermore, purest anorthosite (PAN) (>98% plagioclase) lithology was found in central peak of several large craters by Kaguya observation. On the basis of Kaguya results, the massive PAN layer are assumed to be distributed under mafic-rich mixing layer in highlands (Ohtake et al., 2009; Yamamoto et al., 2012). Like this, lunar meteorite studies and global remote sensing data have provided new global information on geological features of lunar crust.

Feldspathic meteorites from lunar highlands are brecciated by impacts on the lunar surface. The 10-30% mafic minerals (pyroxene and olivine) are included in the meteorites. These feldspathic meteorites is similar with the surface composition of mafic-rich mixing layer of feldspathic crust in elemental composition (e.g., FeO, Th). On the other hand, several highly pure anorthosite (PAN) clasts were found among some of feldspathic lunar meteorites (Nagaoka et al., 2014). They are correspond with PAN lithology observed by Kaguya.

In this work, we have measured and summarized the elemental and mineral composition of feldspahtic lunar meteorites, by bulk chemical analyses, electron micro-probe analyses, and UV-VIS-NIR reflectance spectroscopy. In this presentation, we report and discuss geochemical and petrological features of lunar crust on the basis of recent geochemical and petrological studies combined the above lunar samples analyses data and the recent remote sensing data.

キーワード：月斜長岩地殻、月隕石、リモートセンシング
Keywords: Lunar Feldspathic Crust, Lunar Meteorites, Remote Sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月模擬土壌への微量着氷実験装置の開発と近赤外スペクトル観測
Development of frosting system for lunar simulant and the detectability of ice growing on the simulant by NIR measurement

*荻島 葵[1]、佐伯 和人[1]
*Aoi Ogishima[1], Kazuto Saiki[1]

1. 大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University

近年、月の極域において水氷の存在を示唆する報告がいくつも上がっているが、水の形態や量に関しては議論が続いている。1998年に打ち上げられたLunar Prospector の中性子分光観測によって、極域での水素の濃集が確認された(Feldman et al., 2001)。2009年打ち上げのLunar Crater Observation and Sensing Satellite(LCROSS)では南極のCabeusクレーターに衝突した際のダストを分光観測することで、5.6±2.9wt%の水氷の存在が示唆された(Colaprete et al., 2010)。2008年のChandrayaan-1ではスペクトルの吸収が0.077wt%の水によるものに相当すると報告された(Pieters et al., 2009)。これらを受け、2017年12月に宇宙航空研究開発機構(JAXA)とインド宇宙研究機関(ISRO)によって月極域での水資源探査計画の検討が始まった。この極域探査において、我々は近赤外画像分光によるその場観測を提案しており、月面または掘削した穴の側面の近赤外スペクトルから水の含有量を推定することを目指している。本研究ではこの探査に向けて、極低温で鉱物表面に霜として水が付着している状態を想定した、実験室での月模擬土壌への着氷実験と近赤外分光観測を行なった。模擬土壌試料としては、San Carlos産かんらん石（Fo90、砕いてからふるいを用いて125-250umに揃えたもの）や清水建設のシミュラント（FJS-1)を用いた。着氷には、自作の着氷実験装置を用いた。これは液体窒素で冷却した模擬土壌を小型のケースに入れ、湿潤空気を通しながら振るという装置で、冷たい土壌試料鉱物一つ一つの粒の表面に空気中の水蒸気が凝結する着氷機構をイメージし作製したものである。ケース上部は近赤外領域にほとんど吸収のないシリカガラスで出来ているため、密封したままスペクトル観測を行なうことができる。分光観測には佐伯が開発した近赤外画像分光装置を用い、波長範囲は950-1600nmで入射角30°、観測角0°で観測を行なった。スペクトル観測の後、霜の質量を計測した。ひょう量は自作のビニールハウス内で行なった。質量計測時に新たに水蒸気が凝結してしまうことがないように、窒素充填して水蒸気をなくしたビニールハウス内で霜付き鉱物の一部をすくい取り質量を計測し、その後ヒーターで加熱して霜を蒸発させ、再び質量を計測することで、減少分を霜の質量とした。この計測値から着氷量を質量分率で計算した。現状での成果として1wt%以下の着氷を達成しているが、この着氷装置では着氷が均質とは言えず、着氷量の制御も難しい。そこで、これらを解決するため新しい「落下式」装置の開発を進めている。この装置は冷却された模擬土壌試料が、湿潤空気の中を落下することで均等に微量の氷が着氷する仕組みで、0.1wt%台の着氷を制御することを目指して落下距離・湿潤空気量の試行錯誤を続けている。最新の開発状況を報告する。

キーワード：月極域探査、着氷実験
Keywords: Lunar polar mission, frosting experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月面揮発性物質学 - これまでと、これから
Volatile studies on Moon - A review toward future exploration programs

*橋爪 光[1]
*Ko Hashizume[1]

1. 茨城大学理学部
1. Faculty of Science, Ibaraki University

月面に人類が始めて降り立って以来長らく、月は、その表面も、天体そのものも、完全に無水の天体であると考えられてきた。ところが、ここ十年余りにおいて、その認識の急転換を迫る重要な発見が相次いだ。月面にも、月岩石圏にも水が発見されたのである。本講演では、まず、月面において最近発見された水を始めとした揮発性物質の観測を概観し、その起源やそれぞれの量、更には、月面における揮発性物質の挙動について手短に紹介する。最終的に、月面揮発性物質の科学は今後どのように進むべきか、以下の2項目について、議論をしたい。（１）宇宙物質サンプラーとしての月面：月面は、月地殻形成以来、太陽や様々な太陽系天体を起源とする様々な物質の降着履歴を記録しているかもしれない。この履歴が解読できれば、月ー地球軌道を横切る物質フラックス、また、その経年変化が解明できるかもしれない。どのように読み取れば、それが解読でき、それに対して現在どのような課題に直面しているのか？将来の探査において、その課題は克服できるだろうか？（２）月面水の挙動：月面の水は、地球の水とは異なる起源を持つ可能性がある。地球の水が、おそらくは、二次大気、つまり、地球に集積した惑星形成材料物質から脱ガスした成分、であるのに対して、月面の水は、月面に供給された様々な起源の揮発性元素から、月面において合成された可能性が高い。このことは、月面における揮発性元素の挙動を正確に解明しないと、月の水を正しく理解出来ない事を意味する。月面のどこで、どのようなエネルギーで揮発性元素が供給され、その後、月面でどのように挙動・反応し水が作られるのか？この一連の過程を理解するには、今後どのような取り組みが必要だろうか？今後の複数の月探査において、系統的に進めるべき長期的課題を整理するきっかけとするための議論を展開する。

キーワード：月探査、同位体組成、揮発性物質
Keywords: Exploration, Isotope Compositions, Volatile Compounds

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月極域探査ミッションの推進に向けた科学的アプローチ
Scientific approach for the promotion of lunar polar exploration mission

*鹿山 雅裕[1]、橋爪 光[2]、長岡 央[3]、佐伯 和人[4]、山中 千博[4]、晴山 慎[5]、大竹 真紀子[3]
*Masahiro KAYAMA[1], Ko Hashizume[2], Hiroshi Nagaoka[3], Kazuto Saiki[4], Chihiro Yamanaka[4], Makoto Hareyama[5], Makiko Ohtake[3]

1. 東北大学、2. 茨城大学、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 大阪大学、5. 聖マリアンナ医科大学
1. Tohoku University, 2. Ibaraki University, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Osaka University, 5. St. Marianna University School of Medicine

月周回衛星LCROSSやDeep Impactによる観測から、月極域の表層において様々な水の化学種（氷や構造水、分子水、含水相など）が検出されている。また、理論計算や月隕石を対象とした物質科学的研究により、表層だけに限らず月の地下においても氷が埋蔵する可能性が示されている。その起源については太陽風や隕石・小惑星・彗星の衝突、内部由来の火山噴出が想定されており、いずれのものが主たる要因となるかはいまだ議論の渦中である。このように、月の極低温環境において水氷の存在が示唆されていることから、将来の月のミッションとして日本を含む各国で2020年代に月極域での着陸探査が検討されている。この月極域探査は、将来の月での有人活動や居住、さらには他天体への宇宙探査を想定した資源利用（飲料水や水素燃料の確保など）の足掛かりであると共に、月の水の起源や月の進化史に伴う揮発性物質の変遷を明らかにすることを科学目的とした重要なミッションに位置付けられている。従ってここでは、月極域探査計画の推進に向けて、水氷のその場観察に活用できると目される基礎データの取得と月極域環境を模擬した地上室内実験に関する重要性を提言すると共に、月極域での水氷の観測に重要と考えられるモデルミッション機器について検討を行う。

赤外反射分光器は様々な探査観測機に搭載されており、1.5–2.0 μmもしくは2.8–3.0 μmの波長範囲において水の吸収帯を検出することが可能である。月探査観測機で得られた分光データを、地上実験で予め分析された月の主要構成鉱物（カンラン石や輝石、長石など）に対応する地球物質のデータと比較することで、月の土壌に内在する水の化学種の同定と含有量の推定が期待される。水の吸収帯は温度に依存することが知られているものの、現状では、月の極域や地下の極低温環境（30から400 K）に相当するデータは少ない。よって、月極域探査におけるその場観察で取得された分光データをさらに高い精度・確度で有効に活用するためには、月の土壌や岩石に含まれる主要構成鉱物に相当する地球物質を対象に、実験室でできるだけ低温かつ高真空の条件で月環境を模擬した赤外分光測定を行うことが重要である。加熱・液体窒素冷却ステージとガスパージ可能な高真空ポンプを搭載した赤外分光装置を用いて、BaF_2窓に固定した各試料を30 Kから400 Kの範囲で赤外反射・透過スペクトルを取得し、各温度に対応した吸収係数を算出することが重要なアプローチとして挙げられる。試料は月探査観測や月試料分析により水の存在が示唆されているカンラン石、輝石、斜長石及び含水鉱物（サポナイトなど）を想定し、構造水や分子水の含有量を異にする地球産の各鉱物を実験に供する。これにより、これまでの探査観測機で取得された分光データを再検証すると共に、月極域探査ローバーに搭載された赤外反射分光器による水の化学種の同定や含有量の推定を高い精度かつ信頼性で実現することが期待される。

熱重量分析器や微量水分計（CRDS: cavity ring-down spectroscopy）については、加熱機構の搭載を想定と、その場観察で取得されるデータがより高精度になることが期待される。水の脱水温度は化学種や含まれる鉱物の種類ごとに異なることが知られている。従って、各装置を用いた段階過熱実験がもし可能となれば、各種信号の温度特性から水の化学種の同定や含有量をより高い精度で定量評価することが期待される。各装置を搭載するとして、加熱機構の設置を仮定すると、その性能、特に上限温度を検討することがペイロードの観点からも重要と考えられる。そこで月極域に存在が目される各種鉱物に相当する地球物質に対して、先行研究に

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

よるデータや地上室内実験による脱水温度の決定を事前に各装置で実施し、基礎データを構築することが今後のミッションの推進に繋がると期待される。

月極域での着陸探査によるその場観察から表層や地下に存在する水氷を探索する上で、モデルミッション機器の種類や性能、特性などを十分に精査することが重要である。前述した赤外反射分光器や熱重量分析器、CRDSでは土壌や鉱物、岩石に内在する水の化学種や含有量を推定することが可能である。また、中性子分光計では表層から深さ1m以内の水を空間的に連続な分布として定量評価でき、さらに他の搭載機器から取得された水の含有量に関するデータを基に、中性子分光の含水量を較正することで、より高確度で水の空間分布を解析することが期待される。各々の機器では、検出限界や空間分解能、決定できる化学種の制限などに違いがあるものの、相互に活用することでより信頼性の高いデータを取得することが考えられる。また、直接的に水の検出を可能にする機器だけに限らず、水の空間分布解析、特に表面から地下に及ぶ広い範囲で水の探索を実現する物理探査機器も重要であると目される。さらに各装置の連携も重要と考えられ、例えば、地中レーダーと共に赤外反射分光器によるイメージング分光計や中性子分光計などの観察を合わせて行うことで、月の表面から地下に至るまでの深さ方向の水氷の分布を明らかにすることが期待される。

キーワード：月着陸探査、月の水、赤外分光、熱重量分析器、微量水分計、中性子分光
Keywords: Lunar polar exploration mission, Lunar water, Infrared spectroscopy, Thermogravimetric analysis, Cavity ring-down spectroscopy, Neutron spectrometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

FDTD電磁界シミュレーションに基づくUHF帯GPRによる月表層の氷検出可能性の検討

Feasibility study of detection of the lunar subsurface ice with UHF-band GPR based on FDTD electromagnetic simulation

*熊本 篤志[1]、宮本 英昭[2]、西堀 俊幸[3]、新原 隆史[2]、土屋 史紀[1]、石山 謙[3]
*Atsushi Kumamoto[1], Hideaki Miyamoto[2], Toshifumi Nishibori[3], Takafumi Niihara[2], Fuminori Tsuchiya[1], Ken Ishiyama[3]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京大学、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Tohoku University, 2. University of Tokyo, 3. JAXA

Detectability of the subsurface ice by UHF-band (0.5-3 GHz) ground penetrating radar (GPR) onboard the rover in the lunar polar region was investigated based on electromagnetic simulation using finite-difference time-domain (FDTD) method. The water brought on the lunar surface is lost within 1 day due to photodissociation. However, if a part of water molecules jump to polar region within 1 day, they can be kept in the polar shadowed region [Arnord, 1979]. Some observations such as impact experiment in LCROSS mission [Colaprete et al., 2010] and SAR polarization measurements in Chandrayaan mission [Spudis et al., 2010] suggests the existence of the water in the lunar polar region.

In this study, we used Meep code [Oskooi et al., 2010] for FDTD simulation. The simulation space with a size of 0.25 m x 1.25 m is divided into meshes with a size of 0.3 mm x 0.3 mm. The uppermost part with a height of 0.5 m is filled with vacuum (permittivity: 1). The second part with a thickness of 0.5 m is filled with dry regolith, basalt (permittivity: 7) including voids (vacuum). The lowermost part with a thickness of 0.25 m is filled with several kind of media such as (i) cavity (vacuum), (ii) rocks (basalt without pores), (iii) pure ice (permittivity: 3), and (iv) icy regolith, regolith whose voids are filled ice. The porosity of the dry and icy regolith layers was determined based on the report from Apollo missions on the vertical profile of the bulk density of the lunar subsurface soils up to depth of 3 m [Carrier et al., 1991]. Chirp pulse in a frequency range from 0.5 to 3 GHz was transmitted for 167 ns from 0.4 m above the dry regolith surface. The electromagnetic fields in simulation space were evolved with time step of 0.52 ps. At the transmission point, the waveform of electric field component of the echoes was recorded at an interval of 33 ps.

Calculation results suggests that subsurface echoes from (i) cavity, (iii) rocks, and (iv) icy regolith at a depth of 0.5 m can be detected with enough echo powers while the echo power from (iii) pure ice were as large as volume scatters due to inhomogeneity in the regolith. They are a little different from the results of our previous calculation performed in a frequency range 1-15 GHz with subsurface materials at a depth of 0.1 m: The echo powers from ice and icy regolith were as large as volume scatters. We can consider that the difference is from (a) the decrease of the volume scatters power by changing the operation frequency range, and (b) the depth dependence of permittivity contrast in inhomogeneous regolith.

キーワード：月極域探査、月の氷、地中レーダ (GPR)、有限差分時間領域法 (FDTD法)
Keywords: Lunar polar exploration, Lunar water ice, Ground penetrating radar (GPR), Finite difference time domain (FDTD) method

©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30日(木) 13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[P-PS08] 月の科学と探査

コンビーナ:長岡 央(宇宙航空研究開発機構)、鹿山 雅裕(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、西野 真木(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、諸田 智克(名古屋大学大学院環境学研究科)、座長:鹿山 雅裕(東北大学)、仲内 悠祐(JAXA/ISAS)

2019年に月周回衛星「かぐや（SELENE）」は、観測終了から10年を迎える。かぐやによる月の物理・化学・地質データは、世界的にも月科学における基準データとなった。また、その後のLRO、GRAIL、LADEEやChang'e3といった海外ミッションも新たな成果を生み出している。現在、日本を含め世界各国では、着陸探査やサンプルリターン計画を含めた次期月探査計画の検討が精力的に進められている。本セッションでは新しい月科学の構築に向けて、月探査データを用いた研究成果の報告、SLIM計画を含む将来の月探査計画に関する議論、今後の探査データの解析に向けた提案、関連する理論や実験，試料分析の結果、搭載機器開発など、月科学に関する発表を広く受け入れる。

13:45 ~ 14:00

[PPS08-13] Geology of the SLIM landing site on the Moon

★Invited Papers

*Makiko Ohtake[1]、Kazuto Saiki[2]、Yusuke Nakauchi[1]、Hiroaki Shiraishi[1]、Yoshiaki Ishihara[3]、Hiroyuki Sato[1]、Chikatoshi Honda[4] (1.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency、2.Osaka University、3.National Institute for Environmental Studies、4.University of Aizu)

14:00 ~ 14:15

[PPS08-14] SLIM搭載マルチバンドカメラ観測シナリオ

*佐伯 和人[1]、五十嵐 優也[1]、仲内 悠祐[2]、本田 親寿[3]、大竹 真紀子[2]、白石 浩章[2]、佐藤 広幸[2]、石原 吉明[4]、前田 孝雄[5]、山中 千博[1] (1.大阪大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.会津大学、4.国立環境研究所、5.中央大学)

14:15 ~ 14:30

[PPS08-15] Current status of a Japanese lunar polar exploration mission

*星野 健[1]、大竹 真紀子[1]、唐牛 譲[1]、白石 浩章[1] (1.国立研究開発法人　宇宙航空研究開発機構)

14:30 ~ 14:45

[PPS08-16] HERACLES mission: Returning to the Moon by an ESA-JAXA-CSA Joint Study

*唐牛 譲[1]、長岡 央[1]、石原 吉明[2]、鹿山 雅裕[3]、山本 聡[4]、長谷部 信行[5]、橋爪 光[6]、小川 佳子[7]、矢田 達[1]、春山 純一[1]、安部 正真[1]、大竹 真紀子[1]、HERACLES サイエンスワーキンググループ、HERACLES 国際科学定義チーム (1.宇宙航空研究開発機構、2.国立環境研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.宇宙システム開発利用推進機構、5.早稲田大学理工学研究所、6.茨城大学理学部、7.会津大学)

14:45 ~ 15:00

[PPS08-17] Lunar Science for Landed Missions – High-Priority Landing Sites Visualized with NASA's Moon Trek

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

15:00 ~ 15:15

[PPS08-18] NASA SSERVI: Merging Science and Human Exploration

*Brad Eugene Bailey[1]、Kristina Gibbs[1]、Gregory Schmidt[1] (1.NASA)

Geology of the SLIM landing site on the Moon

*Makiko Ohtake[1], Kazuto Saiki[2], Yusuke Nakauchi[1], Hiroaki Shiraishi[1], Yoshiaki Ishihara[3], Hiroyuki Sato[1], Chikatoshi Honda[4]

1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Osaka University, 3. National Institute for Environmental Studies, 4. University of Aizu

Introduction: Smart Lander for Investigating Moon (SLIM) is a Japanese technology demonstration mission to pinpoint landing within a hundred meters in radius, which will be launched in fiscal year 2021. The lander carries one small instrument (high-resolution Multiband Camera; see Saiki et al. in this conference) to derive the detailed mineralogy of the olivine-rich exposure to investigate a olivine bearing lithology for understanding their origin and investigating the composition of the lunar unsampled mantle or deep crustal material. To directly explore this unexplored lithology, one of the small fresh craters just outside of the Theophilus crater is selected as a landing site for the SLIM mission. In this study, we analyzed geology of Theophilus crater and the selected landing site.

Crater Theophilus (11.4˚S, 26.4˚E) is located in the immediate vicinity (northwest) of the Mare Nectaris on the Moon. It is on the ring of the Nectaris basin. Its diameter is 110 km, and it has a clear central peak at the center of the crater. Previous study revealed the central peak’ s compositional diversity [1][2]. However, the origin of other lithologies and the relation of these rare geologic lithologies in this unique central peak are still not clear. In addition to their geological (mineralogical) diversity.

Data and Results: We used remote sensing reflectance spectra and spectral images obtained by the SELENE (Kaguya) Spectral Profiler (SP) and Multiband Imager (MI). Olivine-dominant lithology at the central peak have clear diagnostic absorption of olivine. Percentage of olivine among olivine and pyroxene of the olivine dominant lithology is estimated to be more than 70. The FeO abundance of the olivine-dominant lithology estimated ranges from 5 to 8 wt.%. Olivine-dominantlithology appears to be present as a basal lithology of the central peak blocks. Olivine dominantlithology is also observed as localized exposures at many small but fresh craters throughout the wall and ejecta region. These fresh craters commonly have a very clear olivine absorption feature, and the FeO abundance of these localized olivine exposures ranges up to 12 wt.%,which corresponds to a nearly pure olivine rock, if Mg# (Mg/(Mg+Fe) in mole per cent) of the olivine is assumed to be similar to the olivine-rich rock types (troctolite and dunite) among the Apollo samples.

Discussion: Based on the modal abundance, FeO abundance, distribution, and morphological information of the observed lithologies, we believe that the central peak of Theophilus crater mainly consists of olivine-dominant lithologies with lesser amounts of purest anorthosite (PAN) and Mg-spinel bearing lithologies. Distribution of Mg-spinel bearing lithology is limited in our datasets and they tend to have a relatively sharp vertical boundary with the adjacent lithology. Therefore, we interpret it is not presented as a laterally extensive unit before the formation of the Theophilus crater as suggested [1]. Observed olivine-rich composition comparable to dunite and a sharp boundary with the adjacent PAN lithology suggest that it is not a part of the continuous crustal material. Instead, it is probably mantle (or the lower part of the crustal) origin, which is excavated by the Nectaris basin forming impact as suggested by the global distribution of the olivine-rich sites [2], well before the formation of the Theophlius.

References:[1] Dhingra D. et al. (2011) *Geophys. Res. Let., 38*, L11201, doi:10.1029/2011GL047314. [2]

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Yamamoto S. et al. (2012) *Geophys. Res. Let., 39*, L13201, doi:10.1029/2012GL052098.

Keywords: Moon, olivine, SLIM, mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

SLIM搭載マルチバンドカメラ観測シナリオ
Observing scenario for the Multi-Band Camera onboard SLIM

*佐伯 和人[1]、五十嵐 優也[1]、仲内 悠祐[2]、本田 親寿[3]、大竹 真紀子[2]、白石 浩章[2]、佐藤 広幸[2]、石原 吉明[4]、前田 孝雄[5]、山中 千博[1]
*Kazuto Saiki[1], Yuya Igarashi[1], Yusuke Nakauchi[2], Chikatoshi Honda[3], Makiko Ohtake[2], Hiroaki Shiraishi[2], Hiroyuki Satoh[2], Yoshiaki Ishihara[4], Takao Maeda[5], Chihiro Yamanaka[1]

1. 大阪大学、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 会津大学、4. 国立環境研究所、5. 中央大学
1. Osaka Univ., 2. JAXA, 3. Univ. Aizu, 4. National Institute for Environmental Studies, 5. Chuo Univ.

小型月着陸実証機（SLIM)計画がJAXAにより計画されている。SLIMは重力天体への軟着陸に関する様々な技術を実証するための着陸機である。鍵となる技術は精密航法制御アルゴリズム、画像認識航法、衝撃吸収脚などである。SLIM計画を実行することにより、天体着陸技術に関して「降りやすいところに降りる」着陸から、「降りたいところに降りる」着陸へのパラダイムシフトが起こると期待される。SLIMで実証する重力天体へのピンポイント着陸技術を活かす観測機器として、我々はマルチバンドカメラ（MBC)を開発している。MBCは小型の可視・近赤外カメラで、InGaAsのイメージングセンサーと、10バンドのバンドパスフィルターを持つホイール、そして、パンやチルトをするための可動ミラーからなる。MBCの科学目的は、着陸機周辺の岩石の岩石種や造岩鉱物の同定、および、着陸地点に存在すると期待されるマントル由来カンラン石のMg#(=Mg/(Mg+Fe) atomic ratio) の推定である。

MBCは望遠光学系を持ち、さらにレゴリスという粉体ではなく岩石を分光観測するという新しいコンセプトのカメラなので、運用にも様々な工夫が必要とされている。そのうち、スキャン画像の作成、現地校正、オートフォーカス機構、岩石の分光観測、Mg#推定方法について紹介する。

SLIMは岩石で覆われた場所に降りることは危険であるので、岩石分布が着陸の障害にならず、かつ、岩石が観測できる程度に分布している着陸場所が慎重に選択された。MBCは1回の撮影画像の水平視野角が4度という望遠光学系なので、ランダムに撮影したのでは岩石は映らない。そこで、解像度を落とした状態で、観測できる全視野を300ショット前後の画像の組み写真としてマップを作製する機能を持つ。観測すべき岩石の場所を特定してから効率的に分光観測するようにしている。小型無人探査機であるSLIMは有人ロケットよりも長時間をかけて月に到着するため、はるかに高いレベルの放射線を浴びる。撮像素子のバックグラウンド信号が増加したり、フィルターの透過率が変化する可能性があるため、月面での校正を計画している。具体的には、深宇宙の撮影画像を暗時バックグラウンドデータとして取得し、観測画像から引き算する機能を持っている。また、標準拡散反射板を搭載して輝度校正を行うことも計画している。MBCは望遠光学系のため、フォーカス調整機構も必須である。ベストフォーカスに近づくと取得画像の圧縮率が低くなることを利用した自動フォーカス調整機能を持たせた。岩石の分光観測は、近赤外領域では本来困難と思われているが、天然の岩石や模擬岩石の観測実験により得られた観測可能な条件を活かした運用を計画している。また、離散的な観測波長のデータをスプラインフィットして、Fe^{2+}の吸収ピークの微妙な波長変化を検出してカンラン石のMg＃を推定する。以上について紹介する。

キーワード：月、SLIM、マルチバンドカメラ
Keywords: Moon, SLIM, multiband camera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Current status of a Japanese lunar polar exploration mission

Current status of a Japanese lunar polar exploration mission

*星野 健[1]、大竹 真紀子[1]、唐牛 譲[1]、白石 浩章[1]
*Takeshi Hoshino[1], Makiko Ohtake[1], Yuzuru Karouji[1], Hiroaki Shiraishi[1]

1. 国立研究開発法人　宇宙航空研究開発機構
1. Japan Aerospace Exploration Agency

Introduction:

Recently, it has been suggested that water ice might be present in the lunar polar region based on spectral measurements of artificial-impact-induced plumes in the permanently shadowed region, and remote sensing observation of the lunar surface using a neutron spectrometer [1], [2] and visible to infrared spectrometer [3]. In addition to the scientific interest about the origin and concentration mechanism of the water ice, there is strong interest in using water ice (if present) as an in-situ resources. Specifically, using water ice as a propellant will significantly affect future exploration scenarios and activities because the propellant generated from the water can be used for ascent from the lunar surface and can reduce the mass of the launched spacecraft of lunar landing missions.

However, currently it is unclear if water ice is really present in the polar region because of the currently limited available data. Therefore, we need to learn that by directly measuring on the lunar surface. If there is water ice, we also need to know it’ s quantity (how much), quality (is it pure water or does it contain other phases such as CO_2 and CH_4), and usability (how deep do we need to drill or how much energy is required to derive the water) for assessing if we can use it as resources. Therefore, JAXA is studying a lunar polar exploration mission that aims to gain the above information and to establish the technology for planetary surface exploration [4]. JAXA is also studying possibility of implementing it within the framework of international collaboration with Indian Space Research Organisation (ISRO).

Spacecraft configuration:

The spacecraft system comprises a lander system and a rover system. The system does not have a communication relay satellite but is based on direct communication with the Earth. The minimum target for the landing payload mass is several-hundred kilograms. The launch orbit is the lunar transfer orbit (LTO). After the spacecraft reaches the Moon it is inserted into a circular orbit having a 100km altitude via a few orbital changes. During powered-descent phase, the position of the lander is estimated by landmark navigation using shadows created by the terrain. After landing, the rover is deployed on the lunar surface using ramps. The rover then prospects water ice with its observation instruments..

Spacecraft configuration:

The spacecraft system comprises a lander system and a rover system. The system does not have a

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

communication relay satellite but is based on direct communication with the Earth. The minimum target for the landing payload mass is several-hundred kilograms. The launch orbit is the lunar transfer orbit (LTO). After the spacecraft reaches the Moon it is inserted into a circular orbit having a 100km altitude via a few orbital changes. During powered-descent phase, the position of the lander is estimated by landmark navigation using shadows created by the terrain. After landing, the rover is deployed on the lunar surface using ramps. The rover then prospects water ice with its observation instruments..

Landing site selection:

Considering the mission objectives and condition of the lunar polar region, we listed the following parameters as constraints.
- Presence of water
- Surface topography
- Communication capability
- Duration of sunshine

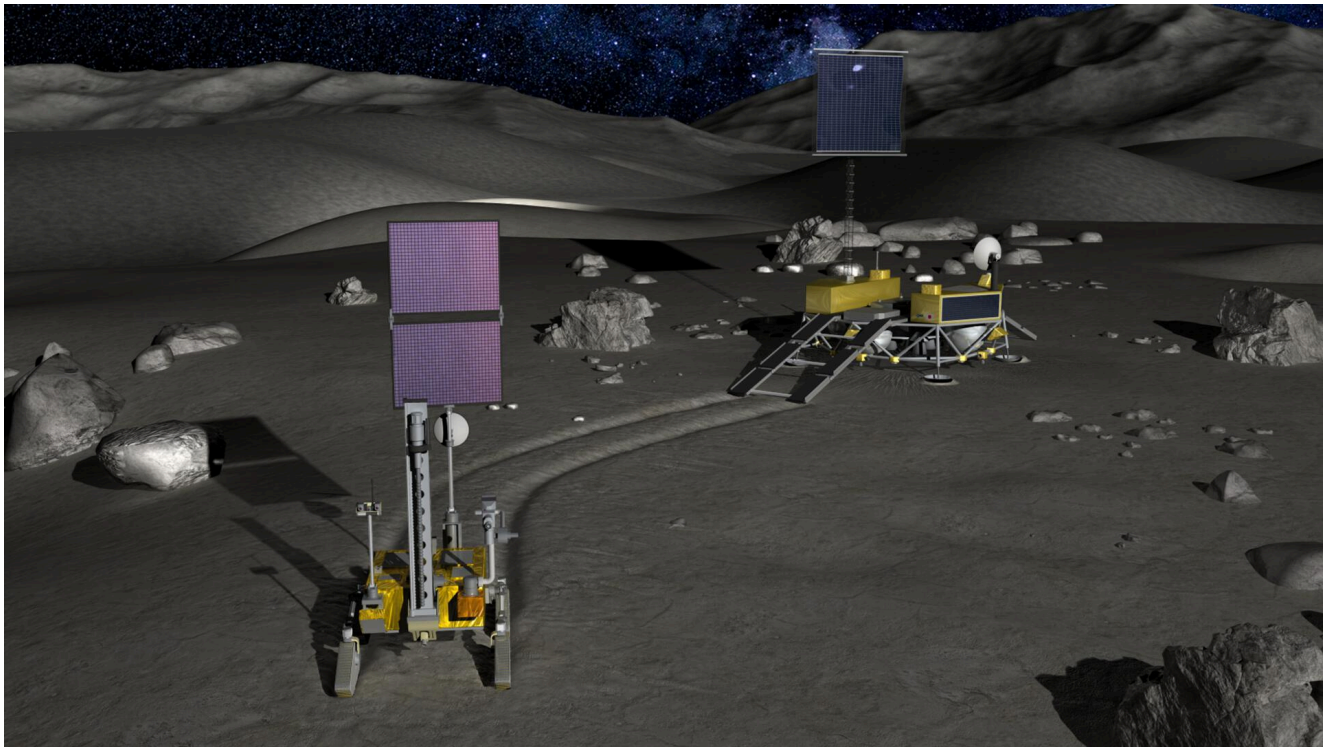
As a first trial of the landing site selection, sunshine is simulated using digital elevation models to obtain the sunlight days per year and the number of continuous sunshine periods at each site. Also, slope and the simulated communication visibility map from the Earth are created. These conditions can be superimposed to select the landing site candidate.

Current status:
Recently, we finished joint mission definition review (JMDR) with ISRO, in which JAXA provide a launch rocket and a rover while ISRO provide a lander system. Related to the instruments which will be carried on the rover or the lander, JAXA selected several candidate instrument study teams for accelerating development of these instruments. In this presentation, we are going to introduce current status of the mission planning.

References:
[1] Feldman W. C. et al. (1998) *Science*, 281, 1496-1500.
[2] Sanin A. B. et al. (2017) *Icarus*, 283, 20-30.
[3] Pieters C. M. et al. (2009) *Science,* 326, 568-572.
[4] Hoshino T. et al. (2017) 68th IAC, IAC-17-3.2B.4.

キーワード：月極域探査、月の水、揮発性物質
Keywords: lunar polar exploration , lunar water, volatile

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

HERACLES mission: Returning to the Moon by an ESA-JAXA-CSA Joint Study

*唐牛 譲[1]、長岡 央[1]、石原 吉明[2]、鹿山 雅裕[3]、山本 聡[4]、長谷部 信行[5]、橋爪 光[6]、小川 佳子[7]、矢田 達[1]、春山 純一[1]、安部 正真[1]、大竹 真紀子[1]、HERACLES サイエンスワーキンググループ、HERACLES 国際科学定義チーム
*Yuzuru Karouji[1], Hiroshi Nagaoka[1], Yoshiaki Ishihara[2], Masahiro KAYAMA[3], Satoru Yamamoto[4], Nobuyuki Hasebe[5], Ko Hashizume[6], Yoshiko Ogawa[7], Toru Yada[1], Junichi Haruyama[1], Masanao Abe[1], Makiko Ohtake[1], HERACLES Science Working Group, HERACLES International Science Definition Team

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 国立環境研究所、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 宇宙システム開発利用推進機構、5. 早稲田大学理工学研究所、6. 茨城大学理学部、7. 会津大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Faculty of Science, Tohoku University, 4. J-spacesystems, 5. Advanced Research Institute for Science and Engineering, Waseda University, 6. Faculty of Science, Ibaraki University, 7. The University of Aizu

Global Exploration Roadmap published in January 2018 by the International Space Exploration Coordination Group (ISECG) clearly identify the Moon as the next logical destination and defined strategic goals and objectives for its exploration. Returning to the Moon not only yields fundamentally important science opportunities for our understanding of the Solar System but also allows us to test hardware and operational procedures for the exploration and utilization of space beyond Low Earth Orbit (LEO). The Human-Enhanced Robotic Architecture and Capability for Lunar Exploration and Science (HERACLES) is a joint mission under study by European Space Agency (ESA), Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and Canadian Space Agency (CSA) with NASA and Roscosmos having observer status [e.g., 1]. Thus, HERACLES is an international effort in preparation of returning humans to the Moon and providing opportunities for unprecedented science utilizing the Lunar Orbital Platform-Gateway (Gateway). It is a sub-scale demonstration mission of human lunar exploration aiming for launch in the mid-2020's, and the vehicle is composed to test key components including the three following elements: The Lunar Ascent Element (LAE) will be provided by the ESA, the Lunar Descent Element (LDE) will be provided by the JAXA, and the rover will be provided by the CSA.
The coordination of the planning of science opportunities is performed by the multi-agency HERACLES Science Working Group (SWG). The SWG is also responsible for developing a mission science management plan to describe science themes and science payload instruments selection processes, and data/sample allocation policies. The SWG engaged the science communities of each country and organized the HERACLES international Science Definition Team (iSDT). The iSDT will generate a prioritized list of investigations and will provide input for the landing site selection.
Recently, the iSDT discussed the science scope of the HERACLES mission. The iSDT agreed that the following five non-prioritized topics are the most important lunar science themes that should be addressed by HERACLES; (1) crustal anorthosite composition and crystallization age, (2) mantle composition, (3) improvement of chronology with crater counting of young basalts (<2.5 Ga), (4) internal structure: surface, subsurface, crust, mantle and core, (5) mechanism of material transport (e.g., water) to the Moon. Furthermore, the iSDT has identified several potential landing areas to accomplish these science themes: Jackson crater, Moscoviense basin, Copernicus crater, Schrödinger basin and some young basalts in the Flamsteed region [2, 3].
By the way, the International Space Exploration Program Committee of the Advisory Committee for Space Science and Engineering organized the HERACLES Task Force and independently of SWG, is compiling to

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

recommendations on science and engineering of HERACLES mission. These reports will be submitted at the end of February 2019. These recommentdations will also be taken deeply as opinions of the Japanese scientific community and SWG will discuss how to reflect it in the SWG discussion in the future. In this presentation, we are going to report outcom of previous activities related to the HERACLES SWG and planned discussion within Japanese lunar science community of study in this SWG.

[1] Landgraf et al. (2018) LPSC 50th, abstract 1030; [2] Hiesinger et al. (2018) LPSC 50th, abstract 1327; [3] Karouji et al. (2018) LPSC 50th, abstract 1736.

キーワード：HERACLES、月探査、サンプルリターン計画
Keywords: HERACLES, Lunar Exploration, Sample Return mission

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Lunar Science for Landed Missions –High-Priority Landing Sites Visualized with NASA’s Moon Trek

*Brian Hamilton Day[1], Emily Law[2]

1. NASA Solar System Exploration Research Virtual Institute, NASA Ames Research Center, 2. NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology

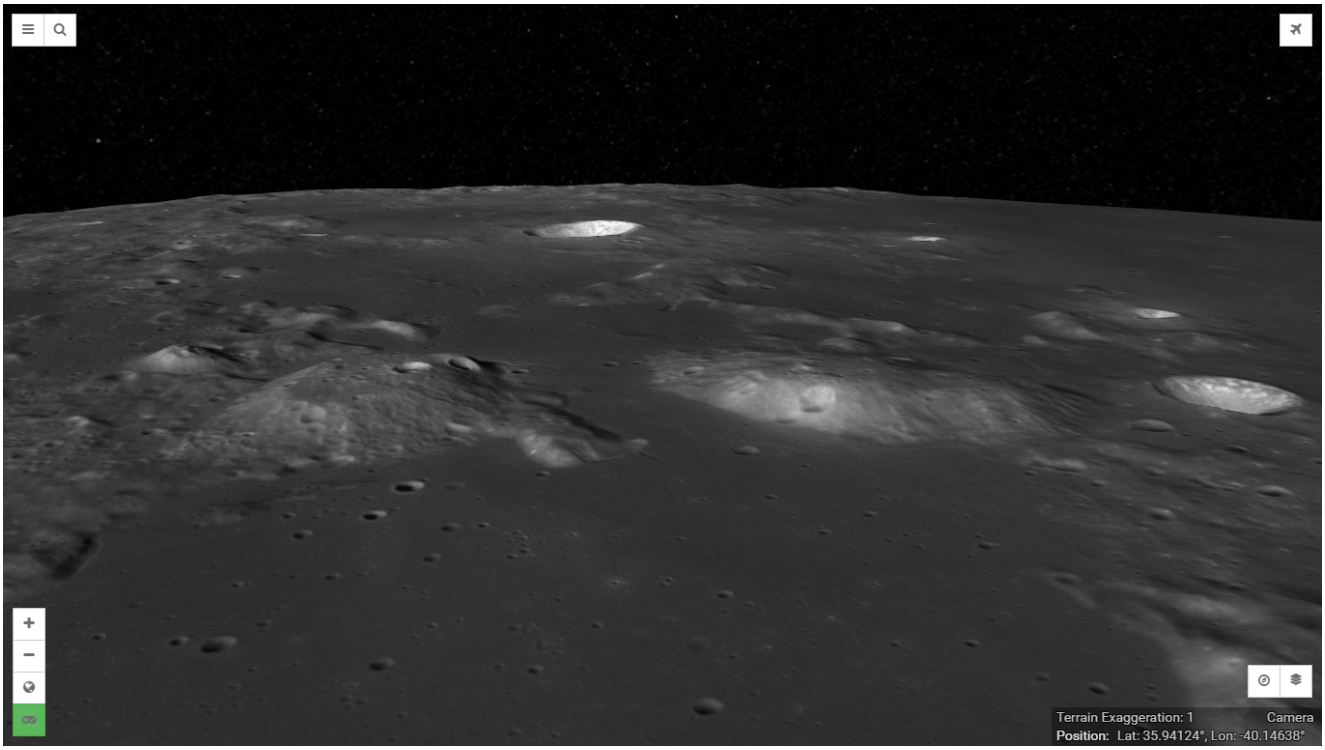
The Lunar Science for Landed Missions workshop was held on 10–12 January, 2018 at NASA Ames Research Center and was attended by lunar scientists, representatives from commercial companies, and representative of various international space agencies including the Japan Aerospace Exploration Agency and the European Space Agency. The workshop was cosponsored by the Solar System Exploration Research Virtual Institute (SSERVI) and the Lunar Exploration Analysis Group (LEAG). The primary goal of the workshop was to produce a set of high-priority landing site targets, generated by the lunar science community, for near-term lunar missions. The scope of such missions was aimed primarily, but not exclusively, at commercial exploration companies with interests in pursuing ventures on the surface of the Moon. The results of this workshop were published in a report that summarized the findings of the workshop and provided an analysis of priority landing sites and how missions to these sites would meet key science and exploration goals determined by NASA and the scientific community (Jawin, et al, 2019). This presentation for JpGU will review the landing sites advocated by the workshop, highlight characteristics that make them high-priority sites, and showcase the sites using visualizations generated using NASA’s Moon Trek data visualization and analysis portal (Day and Law, 2017).

Jawin, E. R., Valencia, S. N., Watkins, R. N., Crowell, J. M., Neal, C. R., & Schmidt, G. (2019). Lunar science for landed missions workshop findings report. Earth and Space Science, 6.

Day, B. H., Law, E. S., 2017, Moon Trek: An Interactive Web Portal for Current and Future Lunar Missions. EPSC Abstracts, Vol. 11, EPSC2017-100, European Planetary Science Congress 2017

Keywords: Moon, Lunar, Landing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

NASA SSERVI: Merging Science and Human Exploration

*Brad Eugene Bailey[1], Kristina Gibbs[1], Gregory Schmidt[1]

1. NASA

NASA's Solar System Exploration Research Virtual Institute (SSERVI) represents a close collaboration between science, technology and exploration, and was created to enable a deeper understanding of the Moon and other airless bodies. SSERVI is supported jointly by NASA’ s Science Mission Directorate and Human Exploration and Operations Mission Directorate. The institute currently focuses on the scientific asp ects of exploration as they pertain to the Moon, Near Earth Asteroids (NEAs) and the moons of Mars, but the institute goals may expand, depending on NASA's needs, in the future. The nine initial teams, selected in late 2013 were funded from 2014 - 2019, have expertise across the broad spectrum of lunar, NEA, and Martian moon sciences. An additional four teams were selected in 2017.

The research includes various aspects of the surface, interior, exosphere, near - space environments, and dynamics of these bodies. In addition, SSERVI has ten International Partners which collaborate with US teams NASA anticipates additional team selections in mid 2019 from the 3rd SSERVI Cooperative Agreement Notice call for proposals. Calls for proposals are issued every 2-3 years to allow overlap between generations of institute teams, but the intent for each team is to provide a stable base of funding for a five-year period.

SSERVI's mission includes acting as a bridge between several groups, joining together researchers from:

1) scientific and exploration communities, 2) multiple disciplines across a wide range of planetary sciences, and 3) domestic and international communities and partnerships.

The SSERVI central office is located at NASA Ames Research Center in Mountain View, CA. The administrative staff at the central office forms the organizational hub for the domestic and international teams and enables the virtual collaborative environment. Interactions with geographically dispersed teams across the U.S., and global partners, occur easily and frequently in a collaborative virtual environment. This talk will consist of an overview of SSERVI’ s mission, current US teams and International Partners.

Keywords: Moon, Asteroids, Lunar, Exploration

©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30日(木) 13:45 ~ 15:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM17] 宇宙プラズマ理論・シミュレーション

コンビーナ:梅田 隆行(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、天野 孝伸(東京大学 地球惑星科学専攻)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、中村 匡(福井県立大学)、座長:梅田 隆行(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、天野 孝伸(東京大学 地球惑星科学専攻)

本セッションでは、磁気圏・太陽圏・電離圏・惑星圏のみならず、広く宇宙・天体のプラズマ環境に生起する様々な物理現象に関する理論・シミュレーション研究の議論の場を提供する。宇宙プラズマに関する新しい理論解析手法、新しい計算機シミュレーション手法・計算科学的技術、プロジェクトなどに関するトピック及び、宇宙プラズマ現象に関連した観測データの紹介などの講演を歓迎する。また、宇宙環境計測・利用や宇宙飛翔体環境に関連する理工学的な理論・計算機シミュレーション研究及びプラズマ実験についても扱う。

13:45 ~ 14:00

[PEM17-01] 多層ニューラルネットワークを用いた高次精度数値流束の予測

*松本 洋介[1] (1.千葉大学大学院理学研究科)

14:00 ~ 14:15

[PEM17-02] プラズマ粒子シミュレーションのための多重 Boris 解法の提案

*銭谷 誠司[1]、加藤 恒彦[2] (1.京都大学、2.国立天文台)

14:15 ~ 14:30

[PEM17-03] Contour Dynamics for Vlasov–Poisson Plasma with the Periodic Boundary

*佐藤 大樹[1]、渡邉 智彦[1]、前山 伸也[1] (1.名古屋大学)

14:30 ~ 14:45

[PEM17-04] 球内部のMHDシミュレーション手法と可視化ツール

*陰山 聡[1]、堀 久美子[1]、坂本 尚久[1] (1.神戸大学大学院システム情報学研究科)

14:45 ~ 15:00

[PEM17-05] Kármán Vortex Street, Strouhal Number, Hairpin Vortex in 3D global Magnetohydrodynamic MHD simulations in Northward IMF

*CAI DongSheng[1] (1.筑波大学)

15:00 ~ 15:15

[PEM17-06] Correlations between plasma density and magnetic field strength in MHD turbulence in space

*羽田 亨[1]、成田 康人[2]、成行 泰裕[3] (1.九州大学大学院総合理工学研究院環境理工学部門、2.オーストリア科学アカデミー宇宙科学研究所、3.富山大学人間発達科学部)

多層ニューラルネットワークを用いた高次精度数値流束の予測
Prediction of the high-resolution numerical flux by using a deep neural network

*松本 洋介[1]
*Yosuke Matsumoto[1]

1. 千葉大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Chiba University

Magnetohydrodynamic simulations have played important roles for understanding space and astrophysical phenomena. In such circumstances, shock waves and turbulence are inherent properties, and both aspects equally affect evolution of the whole system. Therefore development of numerical algorithms capable of solving both shock waves (discontinuities) and turbulence (waves) with high resolution is a challenging task to tackle violent phenomena in space and astrophysical plasmas.

High-order (greater than the fifth) spatial interpolation coupled with approximate Riemann solvers is a promising solution to such problems (Matsumoto et al., 2016; Minoshima, Miyoshi, Matsumoto, 2019). CANS+ (Matsumoto et al., 2016) employs the fifth order MP5 reconstruction scheme coupled with the HLLD approximate Riemann solver (Miyoshi and Kusano, 2005), and it successfully provided highly resolved solutions for both shock waves and turbulence. A drawback of adopting high-order schemes is its large and complex floating-point operations for obtaining the numerical flux at the cell surface, including minmod (with four arguments) limiters and conversion from the primitive to the characteristic variables. These numerical operations in addition to calculation of the HLLD numerical flux dominated overall computational loads.

In this paper, we propose a different way of calculating the numerical flux by adopting supervised learning algorithms. A deep (multilayer) neural network consists of input and output layers, whose sizes are determined by the problem of interest, and arbitrary numbers and sizes of hidden layers. These layers are connected by linear operations followed by a mapping through nonlinear functions such as a sigmoid function (fully connected networks). Weighting parameters used in the linear operations in each layer are updated repeatedly so that the loss function between the output and the label data (true value) becomes a minimum value. In the present particular problem, we prepared learning data by examining a 1-D shock tube problem which contains rarefaction waves and discontinuities by using CANS+. The input and label data are cell states for all primitive variables in six-point stencils centered on a cell and the numerical flux on the right-hand side of the cell, respectively. We have implemented a multi-layer, fully-connected network by using the Chainer framework for the prepared learning data. With the given data set we successfully obtained a network that can predict the numerical flux with 99% accuracy. In this talk we present detailed algorithms and learning data, and discuss future perspectives including application to multidimensional simulations.

キーワード：ニューラルネットワーク、MHDシミュレーション
Keywords: neural network, MHD simulations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

プラズマ粒子シミュレーションのための多重 Boris 解法の提案
Multiple Boris integrators for particle-in-cell simulation

*銭谷 誠司[1]、加藤 恒彦[2]
*Seiji Zenitani[1], Tsunehiko N Kato[2]

1. 京都大学、2. 国立天文台
1. Kyoto University, 2. National Astronomical Observatory of Japan

本発表では、プラズマ粒子シミュレーションで荷電粒子のジャイロ回転運動を解くための Boris 数値解法の拡張を提案する。新解法は２段の古典的 Boris 法を任意の n 回繰り返したものに相当し、数値誤差を n^2 倍小さく抑えることができる。我々は、この多重 Boris 法（multiple Boris solvers）を１段で計算するための表式を導出した。そして、多段 Boris 法（multistep Boris solvers）など先行研究との比較を含めて、新解法の数値テスト結果を紹介する。

キーワード：プラズマ粒子シミュレーション、数値解法、Boris法
Keywords: Particle-in-Cell (PIC) simulation, Numerical scheme, Boris integrator

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Contour Dynamics for Vlasov–Poisson Plasma with the Periodic Boundary

*佐藤 大樹[1]、渡邉 智彦[1]、前山 伸也[1]
*Hiroki Sato[1], Tomo-Hiko Watanabe[1], Shinya Maeyama[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

Zabusky, Hughes, and Roberts presented a contour dynamics algorithm for the Euler equations of fluid dynamics in two dimensions [1].On the paper, they succeed in calculating time development of contours of vorticity on the x-y plane with the contour dynamics(CD) algorithm, which is a method by using contours of vorticity, piece-wise constant function, and line integrals of Green’ s function on the contours. The CD method does not use underlying lattice, but uses nodes on the contours, and it can lead to more accurate calculation for complex deformation of vorticity.

This method is also applied to Vlasov–Poisson system. In order to study the CD in the Vlasov–Poisson plasma, we have developed a method to implement the periodic of potential and its derivative are satisfied.To check validity of out method, we test the Linear Landau damping by means of the CD scheme.While discretization of the distribution function might lead to some difference from that with continuous distribution, soundness of our new scheme is confirmed in comparison with analytical solutions.

We are also investigating in behaviors of the CD in the continuous limit, and in the nonlinear Landau damping as well.

Reference 1. Contour dynamics for the Euler equations in two Dimensions (1978)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

球内部のMHDシミュレーション手法と可視化ツール
Simulation methods and visualization tools for MHD simulations in a sphere

*陰山 聡[1]、堀 久美子[1]、坂本 尚久[1]
*Akira Kageyama[1], Kumiko Hori[1], Naohisa Sakamoto[1]

1. 神戸大学大学院システム情報学研究科
1. Graduate School of System Informatics, Kobe University

我々はここ数年、球領域内部での電磁流体力学（MHD）現象の計算機シミュレーションを実現するためにいくつかのシミュレーションツールと可視化ツールを開発してきた。計算スキームは、Yin-Yang-Zhongグリッド[1]上の差分法である。

シミュレーションコードは、Fortran 2003またはeFortran [2]で書いている。eFortranとは我々が提案しているFortran 2008言語の方言であり、その主な機能はとして以下が挙げられる: メンバーアクセス演算子として%ではなくピリオドの使用、加算代入演算子等（+=等）の導入、マクロ定義、暗黙の型宣言の自動チェック、"just once"ブロック、"skip" ブロック等の導入。我々はeFortran方言で書かれたコードをFortran 2008コードに変換するためのPythonスクリプトを開発し利用している。これはシンプルなテキストコンバータで、入力方言と出力標準コードの行番号を変えないのが特徴である。

我々は球体における緩和過程のMHDシミュレーションを行った[5]。球は境界面上で横方向の動圧を及ぼさないので、流れと磁場が共存するMHD緩和過程を観察することができる。我々は磁場と流れ場が共存するいくつかの興味深い構造を見つけた。

球状MHDソルバーの興味深い応用問題の1つは、電気伝導性をもつ球状固体領域を内側に持つ球殻対流である。この場合、球殻領域での対流で生成された磁場が、内側の球領域内に浸透・保持される。我々はゆっくりと自転する薄い球殻対流系を解き、リング状または渦巻き状に組織化された対流パターンがダイナモを効果を持つこと、また内側の電気伝導性の球領域がその磁場の生成過程に大きな役割を果たすことを確認した。

我々はYin-Yang-Zhongシミュレーションコードを歳差運動する球内のMHD流のシミュレーションにも応用した。以前の研究で報告されているいくつかのパラメータ領域において、歳差運動による流れで磁場が生成されることを確認した上で、その磁場の構造と発生メカニズムを詳細に解析した。

これらのシミュレーション結果を可視化する目的で、我々はYin-Yang格子またはYin-Yang-Zhong格子を用いたシミュレーション用に2種類の可視化ツールを開発した。一つはベクターグラフィックス形式（EPS）の2次元（断面）in-situ可視化ライブラリ[3]であり、もう一つは可視化フレームワークKVS（Kyoto Visualization System）に基づいた先進的な3次元可視化ツールである[4]。

References

[1] Hiroshi Hayashi and Akira Kageyama. Yin-Yang-Zhong grid: An overset grid system for a sphere. Journal of Computational Physics, 305:895– 905, 2016.

[2] Shin’Ya Hosoyamada and Akira Kageyama. A Dialect of Modern Fortran for Computer Simulations. Proceedings of AsiaSim 2018, CCIS 946, 90:439–448, 2018.

[3] Akira Kageyama. Magnetohydrodynamics Simulation in a Sphere by Yin-Yang-Zhong Grid. Proceedings of the 6th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Technologies and Applications, (Simultech):239–243, 2016.
[4] Naohisa Sakamoto and Koji Koyamada. KVS: A simple and effective framework for scientific visualization. J. Adv. Simulation. Sci. Eng., 2(1):76–95, 2015.
[5] Kohei Yamamoto and Akira Kageyama. MHD relaxation with flow in a sphere. Procedia Computer Science, 80(2):1374–1381, 2016.

キーワード：磁気流体力学、球、MHD simulation、可視化
Keywords: magnetohydrodynamics, sphere, MHD simulation, visualization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Kármán Vortex Street, Strouhal Number, Hairpin Vortex in 3D global Magnetohydrodynamic MHD simulations in Northward IMF

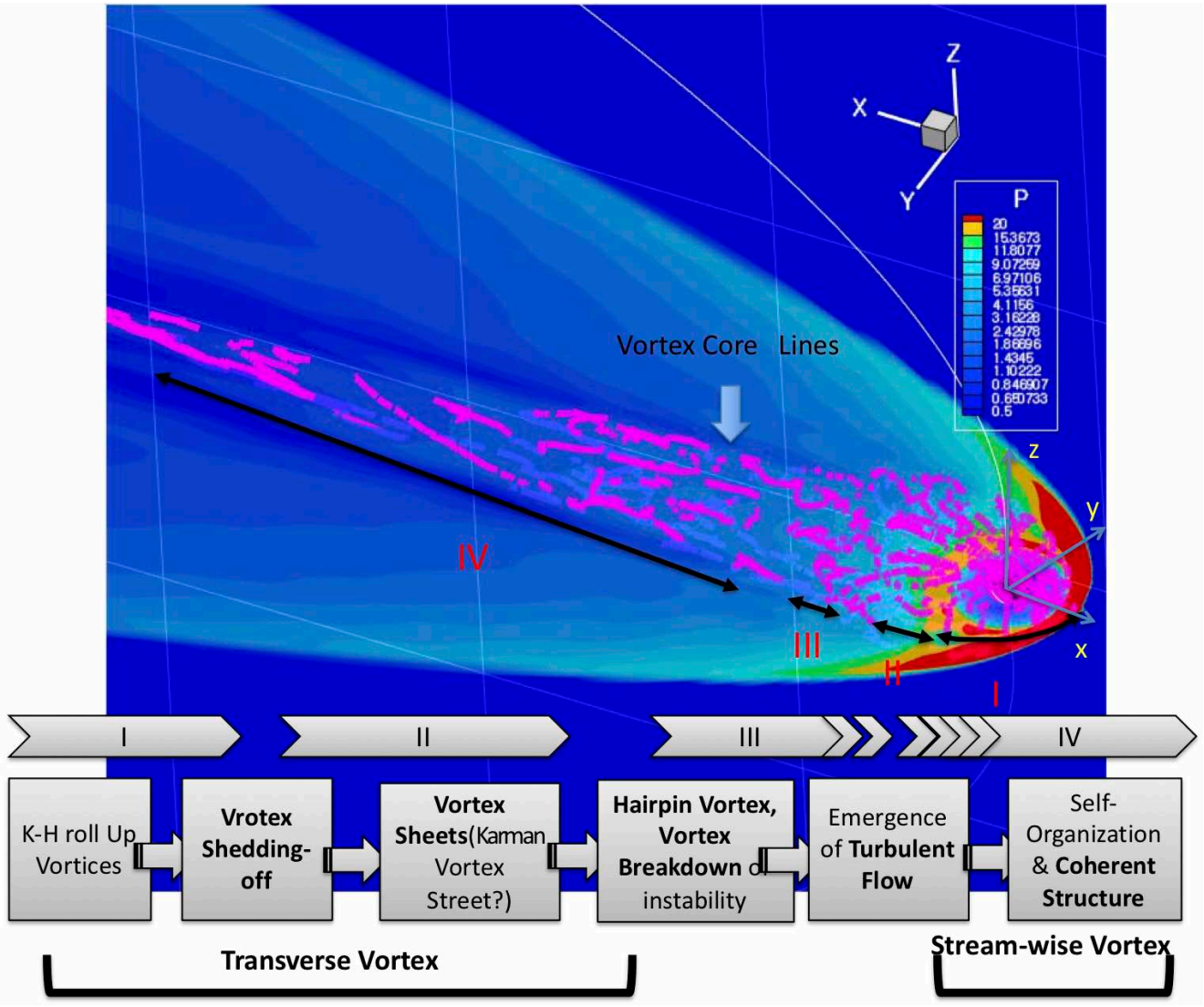
*CAI DongSheng[1]
*DongSheng CAI[1]

1. 筑波大学
1. University of Tsukuba

A Kármán vortex street is a repeating pattern of two rows of paired swirling vortices and appears after some obstacles or stagnation areas in fluid or plasma flows. It is caused by a process known as a vortex shedding where vortices leave the shear layer. Recently, several studies have discussed the Kelvin-Helmholtz (K-H) instability and its related waves and vortex structures by using 2D / 3D global (Magneto Hydro Dynamics) MHD simulations in the northward IMF (Interplanetary Magnetic Field). These found a double-vortex sheet in which a vortex train propagates, respectively, along the inner and outer edges of the magnetopause. In the present paper, we show that these two rows of vortices form the Kármán vortex street, and we discuss its generation mechanism with the help of 3D global MHD simulations. These Kármán vortex stretches and elongates in the night side and becomes to be the so-called the Hairpin vortex that is essential for the coherent structure. We also identify the non-dimensional number vortex so-called the Strouhal number in our simulation. The Stouhal number is ubiquitous and represents one of the most significant features in the Kármán vortex street.

キーワード：カルマン渦、ストローハル数、ヘアピン渦
Keywords: Kármán vortex street, Strouhal Number, Hairpin Vortex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Correlations between plasma density and magnetic field strength in MHD turbulence in space

*羽田 亨[1]、成田 康人[2]、成行 泰裕[3]
*Tohru Hada[1], Yasuhito Narita[2], Yasuhiro Nariyuki[3]

1. 九州大学大学院総合理工学研究院環境理工学部門、2. オーストリア科学アカデミー宇宙科学研究所、3. 富山大学人間発達科学部
1. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, 2. Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, 3. Faculty of Human Development, University of Toyama

Large amplitude magnetohydrodynamic (MHD) turbulence is ubiquitous in space plasma, for example, in the solar wind, in the foreshock region (Narita, World Scientific, 2010) and in the sheath region of the earth's bowshock (e.g., Pollock et al., J. Atmosph. Solar Terr. Phys, 2018). Moreover, recent Voyager observations of large amplitude density and magnetic field fluctuations in the heliosheath behind the termination shock arouse a vivid discussion on the compressible nature and the origin of the observed turbulence (Burlaga and Ness, ApJ, 2009; Gutynska et al., ApJ, 2010). An obvious way of generating the density fluctuations is via the presence of compressive wave modes, such as obliquely propagating MHD waves. The density response is linear to the magnetic field perturbations in this case, and it vanishes in the limit of parallel wave propagation. In a finite (large) amplitude Alfvenic turbulence the density perturbation may be mainly generated via the "frozen-in" of the magnetic field to the plasma or the static balance between the plasma pressure and the magnetic field. Both of these processes result in the quadratic response of the density to the magnetic field perturbations, although their correlation is positive for the former and negative for the latter. This simple fluid picture, sometimes referred to as the "quasi-static" approximation, is known to be significantly modified when the ion response to the turbulence is kinetically treated (Mjolhus and Wyller, Phys. Scripta, 1986; Medvedev and Diamond, Phys. Plasmas, 1996). In this presentation, we address this unsolved issue of the correlations between the plasma density and the magnetic field amplitude in the presence of finite amplitude MHD turbulence by performing hybrid simulations (kinetic ions + fluid electrons), and by examining the in situ Cluster spacecraft data of the foreshock plasma (Narita and Hada, Earth, Planets and Space, 2018).

キーワード：MHD 乱流、準静的条件
Keywords: MHD turbulence, quasi-static approximation

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-EM17] 宇宙プラズマ理論・シミュレーション

コンビーナ:梅田 隆行(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、天野 孝伸(東京大学 地球惑星科学専攻)、成行 泰裕(富山大学人間発達科学部)、中村 匡(福井県立大学)、座長:中村 匡(福井県立大学)、成行 泰裕

本セッションでは、磁気圏・太陽圏・電離圏・惑星圏のみならず、広く宇宙・天体のプラズマ環境に生起する様々な物理現象に関する理論・シミュレーション研究の議論の場を提供する。宇宙プラズマに関する新しい理論解析手法、新しい計算機シミュレーション手法・計算科学的技術、プロジェクトなどに関するトピック及び、宇宙プラズマ現象に関連した観測データの紹介などの講演を歓迎する。また、宇宙環境計測・利用や宇宙飛翔体環境に関連する理工学的な理論・計算機シミュレーション研究及びプラズマ実験についても扱う。

15:30 ~ 15:45

[PEM17-07] Stochastic models of phase space diffusion via wave-particle interaction with parallel propagating electromagnetic waves

*成行 泰裕[1] (1.富山大学人間発達科学部)

15:45 ~ 16:00

[PEM17-08] Electron beam instability in collisionless magnetic reconnection with a strong guide field

*下村 和也[1]、渡邉 智彦[1]、前山 伸也[1]、石澤 明宏[2] (1.名古屋大学、2.京都大学)

16:00 ~ 16:15

[PEM17-09] Particle acceleration with precursor wave driven wakefield in relativistic shocks

*岩本 昌倫[1]、天野 孝伸[1]、星野 真弘[1]、松本 洋介[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.千葉大学大学院理学研究科)

16:15 ~ 16:30

[PEM17-10] ピッチ角異方性を伴った衝撃波遷移層における統計的ドリフト加速のモデリング

*加藤 拓馬[1]、天野 孝伸[1] (1.東京大学)

16:30 ~ 16:45

[PEM17-11] 宇宙空間プラズマ中の near-field

*中村 匡[1] (1.福井県立大学)

16:45 ~ 17:00

[PEM17-12] **ブラックホール2重星から提起される重力波の発生と重力起源の問題**

*大家 寛[1] (1.東北大学理学研究科地球物理学専攻)

Stochastic models of phase space diffusion via wave-particle interaction with parallel propagating electromagnetic waves

*成行 泰裕[1]
*Yasuhiro Nariyuki[1]

1. 富山大学人間発達科学部
1. Faculty of Human Development, University of Toyama

Particle diffusion due to electromagnetic waves is one of fundamental processes in various phenome in space plasms such as electron acceleration in the outer radiation belt [e.g., Saito et al, JGR, 2016], astrophysical shock [e.g., Yamazaki, JHEA, 2015], and solar wind [e.g., Seough et al, APJ, 2015]. Although quasi-linear theories are widely used as a standard theory of particle scattering, nonlinear wave-particle interactions such as particle trapping also affect particle diffusions in the presence of finite amplitude waves. Saito et al [JGR, 2016] demonstrated that nonlinearity of whistler chorus waves plays a significant role in electron diffusion though nonlinear wave-particle interactions.

In Saito et al [JGR, 2016], the artificial randomization of gyrophases (phase breaking) is incorporated to discuss suppression of coherent wave-particle interactions. Remark that such a randomization corresponds to a noise term in equations of motion of each particles. In this sense, phase breaking causes not only the suppression of coherent processes but also diffusions in phase space. In the present study, we discuss the generalization of phase breaking. It is shown that particle diffusion depends on probability density functions of noises and their parameters. Noise terms in equations of the pitch angle are also necessary to describe diffusion in phase space. Treatment of phase breaking as a stochastic differential equation is also discussed.

キーワード：粒子拡散、波動粒子相互作用、確率モデル、ホイッスラー波、磁気流体波
Keywords: particle diffusion, wave-particle interactions, stochastic model, whistler waves, magnetohydrodynamic waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electron beam instability in collisionless magnetic reconnection with a strong guide field

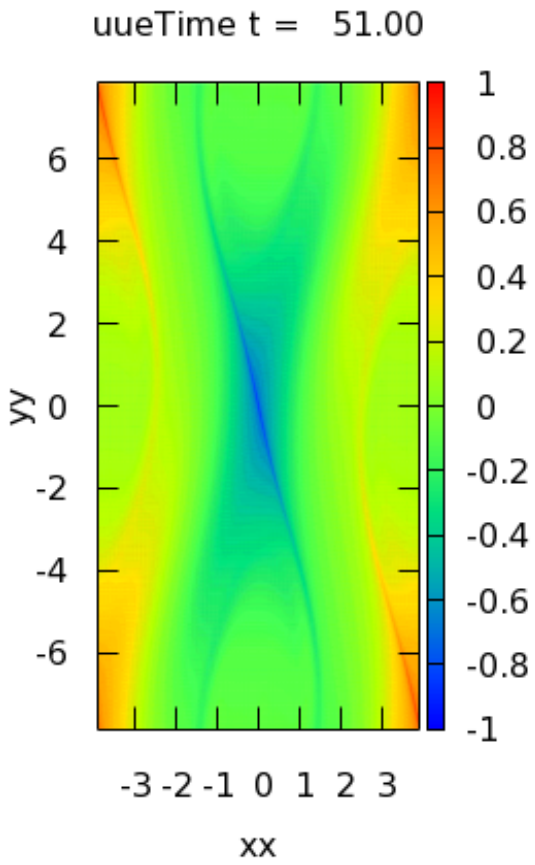
*下村 和也[1]、渡邉 智彦[1]、前山 伸也[1]、石澤 明宏[2]
*Kazuya Shimomura[1], Tomo-Hiko Watanabe[1], Shinya Maeyama[1], Akihiro Ishizawa[2]

1. 名古屋大学、2. 京都大学
1. Nagoya Univertsity, 2. Kyoto University

Magnetic reconnection is a fundamental physics mechanism in magnetized plasma that causes a topological change of magnetic field lines and a conversion of magnetic energy to kinetic energy, leading to a self-organization of plasmas in laboratory and space. It is considered that the two-fluid effects or the kinetic effects facilitate the fast reconnection of magnetic field lines in colllisionless plasmas. Anomalous resistivity (AR) is one of the candidates that contributes to continuously drive the magnetic reconnection. A recent simulation study reports that AR induced by the Buneman instability accelerates the magnetic reconnection [1]. However, it is not clear how the instability causing the AR is spontaneously driven during the reconnection.
In our study so far, we have carried out numerical simulations of the collisionless magnetic reconnection by means of the gyrokinetic model of a slab plasma with a strong guide field [2][3]. During the reconnection, the parallel electric field is induced by the electron inertia at the X-point where electrons are acccelerated along the guide field. A liner analysis by use of the dispersion releation shows that the kinetic Alfvén waves (KAWs) are destabilized when the electron beam velocity exceeds the Alfvén speed, where, we assumed a plane wave in an uniform background profile. Furthermore, in this δf gyrokinetic model, the total distribution function F is approximately described as $F=FM+\delta f=(1+Uv)FM\tilde{}1/2pi\ exp(-(v-U)^2/2)$, where FM, δf and U are the Maxwellian, perturbed distribution function, and a beam velocity component, respectively. In order to analyze a stability of the KAWs in an inhomogeneous background profile during the collisionless magnetic reconnection, we must use the total distribution function rather than δf, since the KAWs are stable for $(1+Uv)FM$, according to the Nyquist criteria. Therefore, in this study, the magnetic reconnection process triggered by the electron inertia is simulated by use of a full-f gyrokinetic model of a slab plasma with the guide field. As a result, the shifted Maxwellian is formed at the X-point self-consistently by the parallel electric field. The attached figure shows distribution of the parallel electron beam on the reconnection plane in the nonlinear phase during the reconnection. It is possible to carry out the stability analysis in an inhomogeneous background by use of this simulation results. Results of the stability analysis will also be discussed at the meeting.
[1] H. Che, Phys. Plasmas (2017) 24, 082115
[2] A. Ishizawa, T.-H. Watanabe, Phys. Plasmas (2013) 20, 102116
[3] K. Shimomura, T.-H. Watanabe, et al, submitted to Phys. Plasmas (2019)

キーワード：磁気リコネクション、分布関数、不安定性、運動論的アルヴェン波、ジャイロ運動論
Keywords: magnetic reconnection, distribution function, instability, kinetic Alfven wave, gyrokinetic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Particle acceleration with precursor wave driven wakefield in relativistic shocks

*岩本 昌倫[1]、天野 孝伸[1]、星野 真弘[1]、松本 洋介[2]
*Masanori Iwamoto[1], Takanobu Amano[1], Masahiro Hoshino[1], Yosuke Matsumoto[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 千葉大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science,The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Chiba University

The acceleration mechanism for generating ultra-high-energy cosmic rays (UHECRs) with energies above 10^{18}eV is one of the most important unsolved problems in astrophysics. Relativistic shocks in extragalactic astrophysical objects such as jets from active galactic nuclei (AGNs) and gamma-ray bursts (GRBs) are considered as efficient acceleration sites and commonly proposed sources for UHECRs. Observations of anisotropy in the arrival direction of the UHECRs favor the extragalactic origin.

In relativistic shocks, large-amplitude electromagnetic waves are excited by synchrotron maser instability (SMI) in the shock transition and propagate upstream (Hoshino & Arons 1991). The precursor wave emission via the SMI is widely studied by means of 1D particle-in-cell (PIC) simulations. Hoshino (2008) demonstrated that the pump electromagnetic wave decays into a Langmuir wave via parametric decay instability and found that nonthermal particles are generated in the manner analogous to wakefield acceleration (WFA) during the nonlinear process of the Langmuir wave collapse. The WFA is first proposed in laboratory plasmas (Tajima & Dawson 1979) and recently applied for UHECR acceleration (e.g., Chen et al. 2002). The WFA in the context of relativistic shocks is considered a promising candidate for UHECR acceleration.

It was believed that in multidimensional shocks, the intense wave emission via the SMI would cease soon due to inhomogeneity along the shock surface. Recently, however, our high-resolution 2D PIC simulations in pair plasmas showed that the wave emission continues (Iwamoto et al. 2017, 2018). Although our studies give positive results for the WFA in relativistic shocks, we could not directly demonstrate it because finite mass difference of two opposite charges is essential for exciting the wakefield.

In this presentation, by performing 2D PIC simulation of ion-electron shocks, we will demonstrate that the wakefield is indeed induced by the large-amplitude precursor wave. Especially for relatively high magnetization, the precursor wave amplitude is significantly amplified and exceeds that in pair plasmas due to a positive feedback process associated with ion-electron coupling through the wakefield. Nonthermal electrons and ions are generated during the nonlinear process of the wakefield collapse and the particle energy spectrum shows a power-law distribution. We will discuss the particle acceleration mechanism in details.

キーワード：宇宙線、衝撃波、粒子加速
Keywords: cosmic rays, shock waves, acceleration of particles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ピッチ角異方性を伴った衝撃波遷移層における統計的ドリフト加速のモデリング

Stochastic Shock Drift Acceleration in the Shock Transition Region with Finite Pitch-Angle Anisotropy

*加藤 拓馬[1]、天野 孝伸[1]
*Takuma Katou[1], Takanobu Amano[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

非熱的電子の加速機構の解明は宇宙空間物理における重要な課題の一つである。地球バウ・ショックにおいて非熱的な電子が、稀ではあるが人工衛星によって観測されている(e.g., Gostling et al. 1989)。これらの電子は、およそ1keV から100keV までのエネルギーを持ち、その分布はベキ型であることがわかっている。しかし、この分布を自然に説明するような加速モデルは未だに提唱されていない。また最近の衛星観測によると、非熱的電子が観測されるイベントにおいて、衝撃波遷移層における電子とホイッスラー波の共鳴が検出されている(Oka et.al. 2017)。これは、地球バウ・ショックにおける電子加速にこの共鳴が重要な役割を果たしている可能性を示唆している。

これらの結果を説明するために、我々は新しい電子加速モデルである統計的電子加速を提唱した。統計的衝撃波ドリフト加速は、既存の加速モデルである衝撃波ドリフト加速(Wu 1984, Leroy and Mangeney 1984)にピッチ角散乱を取り入れたモデルであり、散乱の導入によって電子の加速効率を向上させることができる。このモデルに関する理論的な解析の結果、電子のエネルギースペクトルは、散乱が強く電子分布が等方的とみなせる場合には観測と整合するベキ型になるという結果が得られた。また統計的ドリフト加速による電子の最大エネルギーが、ピッチ角散乱の強度を表すピッチ角散乱係数に比例することが示された。これまでの研究では、有効的な衝撃波速度u/cosθ (uは衝撃波速度、θは衝撃波角)が非相対論的であり、電子のピッチ角分布を等方であることを仮定していた。しかしパラメーターの制約が強い粒子シミュレーションにおいては、この有効的な衝撃波速度が容易に相対論的になってしまう。有効的な衝撃波速度が光速に近づくと、ピッチ角分布の等方性が崩れることが知られていて、そのため粒子シミュレーションと従来の理論との間で比較を行うことができなかった。そこで我々はこれまで構築した統計的ドリフト加速の理論を、電子のピッチ角異方性を考慮し、有効的な衝撃波速度が相対論的な場合にも適用できる形に拡張する。本発表では、拡張した理論とPICシミュレーションの結果を比較し、その整合性を議論する。

キーワード：粒子加速、地球、衝撃波
Keywords: acceleration of particle, Earth, shock waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宇宙空間プラズマ中の near-field
Near-fields and its Applications in Space Plasmas

*中村 匡[1]
*Tadas Nakamura[1]

1. 福井県立大学
1. Fukui Prefectural University

マックスウェル方程式の解は，電磁波として伝搬する成分とそれ以外の成分にわけることができる。クーロン場やダイポール磁場は後者の例である。この後者については用語等の混乱がみられるが，ここでは near-field と呼ぼう。この near-field については種々の誤解が散見される。たとえば，クーロン場による荷電粒子の相互作用を「仮想光子の交換」などと表現することがあるが，この相互作用は光子（波動成分）によるものではなく，ここで言う」 near-field によるものである。プラズマ波動に関しても，near-field の部分をどのようにあつかうかはあまり意識されていないように思われる。

数学的にはこの near-field は非同次線形方程式の特殊解のうち，波動分散関係をみたさない，いわゆる off shell の解に対応する。場がダイポール磁場のように時間変化しない場合はこれは簡単に伝搬成分と分離できるが，時間変化する場合にどう分離するか，というのが本講演の主眼である。通常，マックスウェル方程式を解く場合は，フーリエ・ラプラス変換して，方程式を代数方程式に落としこんで分散関係を得るが，この解をラプラス逆変換して時間の関数にもどすときに，留数定理を使って分散関係の極を拾っている。この極から来る成分を非同次線形方程式の特殊解から除くことによって，near-field 成分を抽出することができる。

秋の SGEPSS 講演会で，以上の状況を真空中の電磁場について報告したが，本講演では宇宙空間プラズマへの応用を考える。数学的にはプラズマ中でもnear-field は線形微分方程式の非斉次解ということに変わりはないが，物理的にはプラズマによって生じる電荷・電流によって多様な現象が生じる。とくにプラズマ波動は減少の時間・空間的スケールによって挙動がおおきく変わるので，多用な現象が起こる。本講演では宇宙空間プラズマへの応用として，小天体の周辺に生じる電流や高エネルギーオーロラ粒子の降下にともなうリターンカレントなどについて紹介する。

キーワード：プラズマ波動、ラプラス変換、近傍場
Keywords: plasma waves, Laplace transform, near field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ブラックホール2重星から提起される重力波の発生と重力起源の問題

Problems of Gravitational Waves and Origin of Gravitational Fields Raised by Studies on Binary Black Hole

*大家 寛[1]
*Hiroshi Oya[1]

1. 東北大学理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics Graduate School for Science Tohoku University

1.序論

本研究は銀河中心より到来するデカメータ波電波パルスの分析の結果にもとづき、銀河中心部に確定されつつある超巨大ブラックホールは、単一ブラックホールでなく、自転するBinary Kerr BH であるとの結論に達している。 Binary を形成する二つの巨大ブラックホールは本論ではGaa およびGabと呼ぶが、それぞれ、スピン周期 176.4+-1.7 sec および 148.6+-1.0 secを持ち、半径 0.13 AU および、0.15 AUの円軌道を周期2200 sec で周回している。この場合の視線方向に対する軌道速度は、Gaaおよび Gabがそれぞれ光速度の18.0% および21.4 % を示し、公転面と視線方向が一致する場合を仮定すると、GaaおよびGabの質量を 太陽質量、SM単位で表すとき、それぞれ(2.27+-0.06)x10^6 SM および (1.94+-0.03)x10^6 SM となる。中性子星からの重力波放射が確認されて以来、ブラックホールからの重力波放射も中性子星の場合と同じ論法で展開されてきた。2015年９月にLIGOによって重力波が歴史上初めて観測され、以来9例の重力波観測は５SM から40SM の星質量ブラックホールの合体と報告されている。同じ論法を本研究の結果に適用すると、Gaa-Gab Binary システムは約１～10時間 で合体することになる。

２. Event Horizon と波動伝搬

ブラックホールから重力波が発生するとする現在、広く受け入れられている重力波理論の特徴は、１）アインシュタインが最初に到達したMinkowski 時空からの摂動として仮定した重力波の時空計量をブラックホール時空に対しても仮定していること２）重力波の発生伝搬を司る逆ダランベリアンの取り扱いの際、事象限界の存在を考慮していない、すなわち中性子星の場合と区別がないことにある。 本研究では、ブラックホール時空をFree FallするMinkowski時空にて波動の伝搬を記述し、それをブラックホール時空に座標変換する論法をとり、Shwarzschild BH およびKerr BH のEvent Horizon をよぎる波動は全て位相速度、群速度ともに０となることが示された。このことは、BHから光が出ないという明白な事実と一致するとともに、BHからは重力波も出ないことを示している

３ 討論および結論

LIGOの重力波観測は確かであるが、しかし、その源がブラックホールという点で誤解のパラダイムに従っている可能性がある。代案として浮かぶ重力波源は、2001 及び2004年にMazure および Mottola の提出したブラックホールと同じ質量と近い密度を持ちつつEvent Horizonをもたない天体、Gravitational Vacuum Condensation Star (Gravastar) が提言される。なお、本研究での全ての波動がEvent Horizonを通過できないという結論は、従来、重力の源として仮想されてきているGravitonも量子論レベルでは波動性をもつことから、重力の源ではありえない。重力の起源についてはアインシュタインも触れていないが、新しい提言が必要となる。

キーワード：ブラックホールバイナリー、銀河中心、デカメータ波電波、重力波、重力の起源
Keywords: Black Hole Binary, Galaxy Center, Decameter Radio Wave, gravitational Wave, Origin of Gravitational Field

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

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

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

9:00 ~ 9:15

[AAS04-16] メタン・対流圏オゾンの放射強制力の低減を目指して：アジアにおけるCH_4, NO_x, NMVOCの排出削減目標

*秋元 肇[1]、永島 達也[1]、谷本 浩志[1]、Klomont Zig[2]、Markus Amann[2] (1.国立環境研究所、2.国際応用システム分析研究所)

9:15 ~ 9:30

[AAS04-17] **横須賀におけるPandora型太陽直達光分光器による大気NO_2カラム濃度決定：TROPOMI衛星観測検証の高度化**

*金谷 有剛[1]、高島 久洋[2,1]、野津 雅人[3]、関谷 高志[7]、宮崎 和幸[1]、Eskes Henk[4]、Pinardi Gaia[5]、Santana Diaz Daniel[6]、Müller Moritz[6]、Cede Alexander[6] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.福岡大学、3.首都大学東京、4.オランダ王立気象研究所、5.ベルギー宇宙航空研究所、6.LuftBlick、7.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

9:30 ~ 9:45

[AAS04-18] メガシティ規模の大気汚染解析に向けたTROPOMI NO_2データを含む複数衛星観測の全球高解像度データ同化

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、Henk Eskes[3]、Folkert Boersma[3]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[4,1]、滝川 雅之[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3.オランダ王立気象研究所、4.名古屋大学　大学院環境学研究科)

9:45 ~ 10:00

[AAS04-19] 2013-2018年に千葉で観測されたNO_2、VOC、対流圏オゾン濃度のトレンド

*米川 大地[1]、入江 仁士[2] (1.千葉大学大学院　融合理工学府、2.千葉大学)

10:00 ~ 10:15

[AAS04-20] Long-term seasonal changes in tropospheric ozone over Japan

*河野 なつ美[1]、永島 達也[1]、菅田 誠治[1] (1.国立開発法人 国立環境研究所)

10:15 ~ 10:30

[AAS04-21] **Characteristics of Atmospheric Photochemical Pollution at a Comprehensive Site in Guangzhou, China**

*Yu Zou[1] (1.Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA,Guangzhou,China)

メタン・対流圏オゾンの放射強制力の低減を目指して：アジアにおける CH_4, NO_x, NMVOCの排出削減目標

Toward the Reduction of Radiative Forcing of Methane and Tropospheric Ozone: Aiming at the Emission Control of CH_4, $NO_x$and NMVOC in Asia

*秋元 肇[1]、永島 達也[1]、谷本 浩志[1]、Klomont Zig[2]、Markus Amann[2]
*Hajime Akimoto[1], Tatsuya NNagashima[1], Hiroshi Tanimoto[1], Zig Klimont[2], Markus Amann[2]

1. 国立環境研究所、2. 国際応用システム分析研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. International Institute for Applied Systems Analysis

In order to reduce impacts of climate change, including potential further increase of damages due to extreme events related to global warming, reduction of burdens of $CH_4$and tropospheric ozone in Asia are discussed. In order to mitigate the inevitable further increase of radiative forcing (RF) of ca. 0.8 W $m^{-2}$by 2040 caused by the increase of CO_2in 2040, feasible reduction of the industrial RF of methane (CH_4) and tropospheric ozone (trop-O_3) to the 50% of the values in 2011 are targeted to compensate 50% of the RF increase of CO_2. The remaining RF of $CH_4$and trop-O_3(0.26 and 0.22 W m^{-2}, respectively) correspond to the historical levels in 1960-1970. The necessary reductions of anthropogenic emissions of CH_4, $NO_x$and NMVOC in Asia in 2040 to the level of 1970 from that of 2010 have been estimated to be 35% CH_4, 44% NO_2, and 22% NMVOC from those of 2010 assuming the same necessary reduction ratio as for the global emissions. The estimated reductions have been compared with the reduction amount proposed in the Solution Report prepared under UN Environment Asia Pacific Office in 2018. The presumed reduction of the Asian emissions by 2030 through introducing of proven control measures are 27, 57 and 55% for CH_4 , $NO_x$and NMVOC. Thus, the reduction of RF of more than 50% from the reference year of 2010 is feasible for trop-O_3if the emissions of $NO_x$and NMVOC from other part of the world could be reduced coherently. Further efforts would be necessary for the reduction RF of $CH_4$by more than 50% of the present value.

キーワード：極端気象、短寿命気候汚染物質、アジア排出規制
Keywords: Extreme weather, SLCF, Asian emission control

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

横須賀におけるPandora型太陽直達光分光器による大気NO_2カラム濃度決定：TROPOMI衛星観測検証の高度化

Determination of atmospheric NO_2 column densities using a Pandora instrument measuring direct-sun spectra at Yokosuka, Japan: Improved validation of TROPOMI satellite observations

*金谷 有剛[1]、高島 久洋[2,1]、野津 雅人[3]、関谷 高志[7]、宮崎 和幸[1]、Eskes Henk[4]、Pinardi Gaia[5]、Santana Diaz Daniel[6]、Müller Moritz[6]、Cede Alexander[6]
*Yugo Kanaya[1], Hisahiro Takashima[2,1], Masato I. Nodzu[3], Takashi Sekiya[7], Kazuyuki Miyazaki[1], Henk Eskes[4], Gaia Pinardi[5], Daniel Santana Diaz[6], Moritz Müller[6], Alexander Cede[6]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2. 福岡大学、3. 首都大学東京、4. オランダ王立気象研究所、5. ベルギー宇宙航空研究所、6. LuftBlick、7. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. Fukuoka University, 3. Tokyo Metropolitan University, 4. KNMI, 5. BIRA-IASB, 6. LuftBlick, 7. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

大気汚染の鍵物質であるNO_2の衛星観測は、1995年以来、NOx発生源の全球分布やその変化に関する重要な情報を提供し、大気化学の理解を増進してきた。最近では2017年に打ちあがったTROPOMI(Sentinel-5P)において水平解像度が7×3.5 kmまで高まる大きな進歩があり、都市内部まで解像した観測情報にも期待が寄せられている。しかしながら対流圏NO_2気柱濃度の計測ではTROPOMIの場合でも25-50%に上る過小評価が世界的にみられるなど、基本的な課題が未だ残っている。そのギャップの原因としては、(1)衛星アルゴリズムで用いている高度分布形状が都市部では不適切であること、(2)共存するエアロゾルや地表面アルベドの効果が十分考慮されていないこと、(3)衛星・地上検証観測の視野重なりの不完全さとNO_2濃度の不均一さに由来する差などが挙げられるが、同時に、(4)検証の基準としている、太陽散乱光分光に基づくMAX-DOAS型地上計測の不確かさの可能性も残っていた。そこで、これらの原因の特定を目指し、検証点である横須賀において、2018年11月より、NASAが開発したPandora型分光計による太陽直達光分光によるNO_2カラム濃度連続計測を導入し、従来のMAX-DOASと複合した検証体制強化を実現した。直達光計測では、高度分布に関する情報は取得できないが、光の到達経路が確実に決まり、気柱量を高精度で決定できる。2018-2019年冬季には、横須賀周辺0.1˚以内でのTROPOMI衛星による対流圏NO_2カラム濃度観測をMAX-DOASで検証したところ、これまでと同様に約40%の過小評価が見られた。Pandora直達光による計測ではMAX-DOASより24%低い値が得られた。その理由として、MAX-DOASの北東側の視野ではPandoraでの南側の視野と比較して汚染レベルが高く、上述の(3)の効果が無視できないことがわかった。このことは、高解像度衛星TROPOMIの計測で、平均する空間範囲を北東側に10km移したところ、カラム濃度が18%高まることと整合的であった。これらのことから、(3)(4)の効果を定量的に評価することができた。同時に、 (1)(2)の要素が残されたギャップの部分を説明できるかどうか検討することが必要であることがわかった。

キーワード：衛星観測、精度検証、分光計測、大気汚染
Keywords: Satellite observations, Validation, Spectroscopy, Air pollution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メガシティ規模の大気汚染解析に向けたTROPOMI NO_2データを含む複数衛星観測の全球高解像度データ同化

A high-resolution global data assimilation for air pollution analysis on megacity scale using multi-sensor satellite measurements including TROPOMI NO_2 data

*関谷 高志[1]、宮崎 和幸[2,1]、Henk Eskes[3]、Folkert Boersma[3]、大越智 幸司[1]、須藤 健悟[4,1]、滝川 雅之[1]
*Takashi Sekiya[1], Kazuyuki Miyazaki[2,1], Henk Eskes[3], Folkert Boersma[3], Koji Ogochi[1], Kengo Sudo[4,1], Masayuki Takigawa[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. NASAジェット推進研究所／カリフォルニア工科大学、3. オランダ王立気象研究所、4. 名古屋大学　大学院環境学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Jet Propulsion Laboratory/California Institute for Technology, 3. Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Intensive human activities lead to high emissions of air pollutants at megacities, causing severe damages to human health. The number of megacities is expected to rise in developing regions in the near future. Thus, it is important to provide information on air pollutants and their emissions on a megacity scale for the globe in a consistent way. In this study, we present the results from global chemical data assimilation of multi-species satellite observations with a resolution of 0.56 degree using an ensemble Kalman filter approach (Miyazaki et al., 2015) and high-resolution global chemical transport model, CHASER (Sekiya et al., 2018). Assimilated data were obtained from the OMI, GOME-2, and SCIAMACHY for tropospheric NO_2 column, the TES for O_3 profile, the MOPITT for total CO column, the MLS for O_3 and HNO_3 profiles, and the OMI for total SO_2 column. Data assimilation at 0.56-degree resolution largely improved agreements with the observed surface NO_2 pollutions on megacity scale, with reductions of the root mean square errors (RMSEs) relative to in-situ measuring networks (AirBase, AQS, Hong Kong EPD, and NIES) by 33% for Europe, by 67% for the U.S., and by 75% for East Asia, compared to the model simulations without data assimilation. With increasing horizontal resolution from 2.8 to 0.56 degree, the global total NO_xemission estimates became lower by 10% mainly because of the effects of non-linear O_3-HO_x-NO_x chemistry, while resolving higher NOx emissions by a factor of 4-5 in most of the megacities than their surrounding areas. Using the high-resolution data assimilation system and applying advanced super-observation approach, we demonstrated that assimilation of tropospheric NO_2 retrievals from TROPOMI improved agreements of tropospheric NO_2 column with the assimilated TROPOMI data itself by 62% and with OMI by 40% (not used for data assimilation) compared to model simulation at 1.1-degree resolution for April 2018. These improvements primarily resulted from substantial emission reductions over the U.S., China and India and increases over rural regions relative to the a priori emissions (HTAP_v2.2+GFED4 +GEIA). These results demonstrated the potentials of the high-resolution global data assimilation with the combined use of advanced satellite observations to provide valuable information on spatial and temporal variations of air pollution on a megacity scale globally.

キーワード：対流圏NO2、メガシティ、データ同化、排出量逆推定、衛星観測
Keywords: Tropospheric NO2, Megacity, Data assimilation, Emission inversion, Satellite observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2013-2018年に千葉で観測されたNO_2、VOC、対流圏オゾン濃度のトレンド

Recent trends of NO_2, VOC, and tropospheric ozone concentrations observed around Chiba, Japan in 2013-2018

*米川 大地[1]、入江 仁士[2]
*Daichi Yonekawa[1], Hitoshi Irie[2]

1. 千葉大学大学院　融合理工学府、2. 千葉大学
1. Chiba university Graduate school, 2. Chiba university

対流圏オゾン(O_3)は光化学オキシダントの主成分であるだけでなく、第三の温室効果ガスでもあり、近年では短寿命気候汚染物質(SLCPs; Short-Lived Climate Pollutants)としてもその重要性が広く認識されている。人体に悪影響を及ぼす大気中の二酸化窒素(NO_2)や揮発性有機化合物(Volatile Organic Compound; VOC)はO_3の前駆物質であるなど、大気中の光化学反応において中心的な役割を果たしている。しかしながら、これらO_3やNO_2、VOCの濃度トレンドの理解は我が国においても未だ不十分である。

我々は、2013年から2018年までの6年間、SKYNET千葉サイト(北緯35.63度、東経140.10度、海抜21m)において、多軸差分吸収分光装置(Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy; MAX-DOAS)を用いて高度0-1 kmのNO_2、ホルムアルデヒド(HCHO; VOCの代替として)、O_3の連続観測を実施した。データを解析したところ、NO_2とHCHO濃度は約30%減少したが、O_3の系統的な減少は認められなかった。同様の傾向は、アメリカ航空宇宙局(NASA)の大気観測衛星Auraに搭載されているOMI(Ozone Monitoring Instrument)センサーによって観測された対流圏NO_2カラムデータや、環境省大気汚染物質広域監視システム(そらまめくん)によって観測されたNO_2、非メタン炭化水素(NMHC; VOCの代替として)、光化学オキシダント(O_X; O_3の代替として)の濃度データからも確認された。これらの結果はこれまでの報告と矛盾しない。SKYNET千葉サイトの北は交通が活発であり、東は住宅街、西は海、南は工場がある。SKYNET千葉サイトでは、4台のMAX-DOASをそれぞれ異なる方位(東西南北)に向けた観測を行っている。本講演では、このような4方向のMAX-DOASデータなどを含めた解析結果を総合的に評価し、トレンドとその要因を議論する。

キーワード：二酸化窒素、揮発性有機化合物、対流圏オゾン
Keywords: Nitrogen dioxide, Volatile organic compounds, Tropospheric ozone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Long-term seasonal changes in tropospheric ozone over Japan

*河野 なつ美[1]、永島 達也[1]、菅田 誠治[1]
*Natsumi Kawano[1], Tatsuya Nagashima[1], Seiji Sugata[1]

1. 国立開発法人 国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

Tropospheric O_3 is the primary source of OH radicals in the troposphere that contribute to the oxidation capacity of the atmosphere. According to the seasonal cycles of surface O_3, different behaviors at the remote and metropolitan areas in northern midlatitude have been pointed out (Parrish et al., 2013; Cooper et al., 2014; McGlynn et al., 2018; Jung et al., 2018). For example, European, American and Asian continental remote sites indicated that the seasonal cycle in the present decade had earlier annual maximum peaks than the maximum in the past decades. On the other hand, delayed maximum peaks appeared in urban locations. In spite of lots of monitoring stations, research for changes in seasonal O_3 cycles in Japan is still unclear. In this study, we investigate the seasonal cycle changes by using long-term continuous O_3 monitoring data at 265 ambient sites.
First, to clarify the annual O_3 maximum, sine function fitting examined by Parrish et al. (2013) was applied to monitoring data between the 1980s and 2010s. Regarding the spatial distribution of seasonal shifting between the 1980s and 2010s, most monitoring sites showed changes in a delayed shift. In particular, the stations with more than 0.2 days/decade delay belong to eastern and southwestern parts of Japan. Next, sine function was fitted to 5-years moving average over the entire data record to acquire the long-term trends of seasonal maximum in each region. All monitoring station were classified based on the 35-years averaged NOx concentration: urban, suburban and rural (Kurokawa et al., 2009). Results in all classifications showed delayed trends over analysis periods. In rural sites, O_3 mixing ratio reached the annual maximum in 5-days earlier than urban and suburban sites. In future work, we will conduct long-term air quality simulation and investigate the mechanism of seasonal cycle delaying.

Acknowledgement
This research was supported by the Environment Research and Technology Development Fund (S-12) of the Ministry of the Environment, Japan.

キーワード：オゾン、長期データ、季節変動
Keywords: ozone, long-term data record, seasonal cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characteristics of Atmospheric Photochemical Pollution at a Comprehensive Site in Guangzhou, China

*Yu Zou[1]

1. Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA,Guangzhou,China

Guangzhou, one of China’ s megacities, is beset with frequent occurrence of atmospheric photochemistry events. In this study, online instruments were used to simultaneously monitor NMHCs, NO*x* and O_3 at Guangzhou Panyu Atmospheric Composition Station (GPACS) of the China Meteorological Administration (CMA), from June 2011 to May 2012, in order to obtain their characteristics, NMHCs reactivity and the control strategies for atmospheric photochemistry. The results showed that during the observation period, the seasonal variation of O_3 mixing ratio was lower in spring and winter compared to summer and autumn, which was opposite that for NMHCs and NO*x*. O_3 mixing ratio began to show a net increase at 8:00LT, likely due to the breakup of the nocturnal boundary layer and increased photochemistry, while a net decrease in O_3 mixing ratio occurred at about 15:00LT, due to the fact that sunlight and its associated photochemistry begin to decrease, leading to low OH radicals and the titration of O_3 by emissions of NO*x*. In terms of NMHCs, aromatics had the largest O_3 formation potential, among which toluene, xylenes, ethylbenzene, 1,2,4-trimethylbenzene and 1,3,5-trimethybenzene were the most important species, with a total contribution of about 44%. Weekday/weekend O_3 differences in the morning and at midday largely depend on how much the O_3 precursors are affected by the different intensity of anthropogenic activities. Although the increase of biogenic NMHCs emissions at midday reverses the sensitivity of O_3 production from NMHCs-sensitive to NO*x*-sensitive, high-reactive NMHCs and NO*x* control can be effective for reducing peak O_3 mixing ratios in Guangzhou. Further investigation based on numerical models is required to reach more robust conclusions.

Keywords: Photochemical Pollution, Guangzhou

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-AS04] 大気化学

コンビーナ:中山 智喜(長崎大学　大学院水産・環境科学総合研究科)、岩本 洋子(広島大学　生物圏科学研究科)、豊田 栄(東京工業大学物質理工学院)、江口 菜穂(Kyushu University)、座長:竹谷 文一(海洋研究開発機構)、持田 陸宏(名古屋大学)

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

10:45 ~ 11:00

[AAS04-22] 冷温帯林における通年観測で採取された植物由来二次有機エアロゾル中に存在する分子マーカーのLC/MS分析

*佐藤 圭[1]、Sathiyamurthi Ramasamy[1]、猪俣 敏[1]、宮崎 雄三[2] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.北海道大学)

11:00 ~ 11:15

[AAS04-23] Surfactant Effects on Acid-Catalyzed Reactions at Aqueous Aerosol Surfaces

*石塚 紳之介[1]、羽馬 哲也[2]、江波 進一[1] (1.国立環境研究所、2.北海道大学低温科学研究所)

11:15 ~ 11:30

[AAS04-24] Roles of heterogeneous reactions in the tropospheric chemistry: a global modeling study

*Phuc Thi Minh Ha[1]、Fumikazu Taketani[2]、Yugo Kanaya[2]、Kengo Sudo[1,2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC)

11:30 ~ 11:45

[AAS04-25] 大気エアロゾルの粒径分布と吸湿性の呼吸器沈着率への影響に関する事例分析

*王 敏睿[1]、三原 利之[2,4]、梶野 瑞王[5]、川名 華織[2,6]、持田 陸宏[1,2,3] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.名古屋大学高等研究院、4.岐阜県工業技術研究所（現在の所属）、5.気象庁気象研究所、6.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター（現在の所属）)

11:45 ~ 12:00

[AAS04-26] 粒子状物質を介した大気海洋間の物質循環過程 －日本大気化学会奨励賞受賞記念講演－

★招待講演

*岩本 洋子[1] (1.広島大学　生物圏科学研究科)

12:00 ~ 12:15

[AAS04-27] 速度論的手法による対流圏ハロゲン不均一反応化学の定量的解明 －日本大気化学会奨励賞受賞記念講演－

★招待講演

*坂本 陽介[1,2] (1.京都大学大学院地球環境学堂、2.京都大学大学院人間・環境学研究科)

冷温帯林における通年観測で採取された植物由来二次有機エアロゾル中に存在する分子マーカーのLC/MS分析
LC/MS analysis of molecular markers present in biogenic secondary organic aerosols collected during year-round observations at a cool-temperature forest

*佐藤 圭[1]、Sathiyamurthi Ramasamy[1]、猪俣 敏[1]、宮崎 雄三[2]
*Kei Sato[1], Sathiyamurthi Ramasamy[1], Satoshi Inomata[1], Yuzo Miyazaki[2]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所、2. 北海道大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Hokkaido University

森林大気エアロゾルの有機態窒素およびダイマー等の生成機構に関する知見を得ることを目的に、通年採取された森林大気エアロゾル中に含まれる分子マーカーをネガティブモードの電子スプレーイオン化液体クロマトグラフ質量分析（ESI-LC/MS）法により分析した。分析には、北海道大学苫小牧研究林で2013年1月～12月に採取された33のエアロゾルサンプルを用いた。分析された分子マーカーは、cis-ピン酸、3-メチル-1,2,3-ブタントリカルボン酸（3-MBTCA）、ESIによりm/z 357に検出されるα-ピネン由来ダイマー（α-ピネンダイマー）、m/z 215に検出されるイソプレン由来有機硫酸エステル（イソプレンOS）、m/z 260に検出されるイソプレン由来ニトロオキシ有機硫酸エステル（イソプレンNOS）であった。フィルターに採取されたエアロゾルサンプルをメタノール中に抽出し、窒素流通下で濃縮後、分析溶媒に溶解して分析試料とし、分析試料をLC/MS分析した（Sato et al., 2007）。α-ピネン由来の酸化生成物であるcis-ピン酸濃度の季節変動には春と秋にピークがあったが、ピノン酸由来の酸化生成物である3-MBTCA濃度の季節変動には夏にピークがあった。以前に同じサンプルのGC/MS分析（Müller et al., 2017）で得られたcis-ピン酸および3-MBTCAの季節変動の結果は今回のLC/MS分析で得られた結果とほぼ同様であった。α-ピネンダイマーの季節変動はcis-ピン酸の季節変動に良く似ており、検出されたダイマーの主要生成プロセスはα-ピネンの大気酸化であることが示唆された。イソプレンエポキシジオール（IEPOX）由来のイソプレンOSおよびイソプレンNOS濃度の季節変動には、それぞれ秋および夏にピークが見られた。イソプレンNOSの季節変動は、以前にGC/MSによって測定されたイソプレン由来二次有機エアロゾルの分子マーカーである2-メチルテトロールの季節変動とよく似ており、大気汚染物質存在下でのイソプレンからの二次有機エアロゾル生成がイソプレンNOSの主要な生成メカニズムであることが示された。

参考文献

Sato, K., Hatakeyama, S., Imamura, T., Secondary organic aerosol formation during the photooxidation of toluene: NO x dependence of chemical composition, J. Phys. Chem. A 111, 9796-9808 (2007).

Müller, A., Miyazaki, Y., Tachibana, E., Kawamura, K., Hiura, T., Evidence of a reduction in cloud condensation nuclei activity of water-soluble aerosols caused by biogenic emissions in a cool-temperate forest, Sci. Rep., 7, 8452 (2017).

キーワード：植物由来揮発性有機化合物、二次有機エアロゾル、有機硫酸エステル、ニトロオキシ有機硫酸エステル、有機態窒素

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Bigenic volatile organic compound, Secondary organic aerosol, Organosurfate, Nitrooxy organosulfate, Organic nitrogen

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Surfactant Effects on Acid-Catalyzed Reactions at Aqueous Aerosol Surfaces

*石塚 紳之介[1]、羽馬 哲也[2]、江波 進一[1]
*Shinnosuke Ishizuka[1], Tetsuya Hama[2], Shinichi Enami[1]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学低温科学研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Institute for Low Temperature Science, Hokkaido University

The outermost layer of atmospheric aqueous aerosol is covered with amphiphilic organic compounds. Volatile organic compounds (VOCs) in the gas phase should encounter them first at the air/aerosol interface, rather than solute molecules homgeneously distributed in the bulk. It may control the whole reactivity of the aqueous aerosol and play key roles in birth, growth and degradation processes of atmospheric aerosols. Here we studied activities of quaternary alkyl trimethyl ammonium cations $CH_3(CH_2)_{n-1}(CH_3)_3N^+$ (n = 1, 4, 8, 10, 12, 14) at the surfaces of water using surface-sensitive spraying ionization mass spectrometry. The longer-chain alkyl ammonium cations are detected more prominently at the water surface of the equimolar solution, expressed as an exponential function of the alkyl chain length. We suggest the occurrence of competitive adsorption among the quaternary ammonium cations at water surface. Then, the surfactant effects on the gaseous uptake and subsequent reactions of VOCs was investigated. When isoprene is exposed to acidified water surfaces, proton transfer reaction from H_3O^+ to isoprene occurs, which is followed by chain-propagation reactions. We found that the longer-chain ammonium cations suppressed isoprene oligomer signals but rarely hindered chain-propagation reactions even at larger concentrations, e.g., the higher surface coverage. It suggests that gaseous isoprene is directly added to the protonated species at water surface. We conclude that competitive adsorption between isoprene oligomers and the ammonium cations suppressed the acid-catalyzed reactions. Driving force leading to the adsorptive competition will be argued based on experiments performed by adding anionic and neutral surfactants.

キーワード：気液界面、二次有機エアロゾル
Keywords: The Air/Water Interface, SOA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Roles of heterogeneous reactions in the tropospheric chemistry: a global modeling study

*Phuc Thi Minh Ha[1], Fumikazu Taketani[2], Yugo Kanaya[2], Kengo Sudo[1,2]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC

Heterogeneous reactions in the atmosphere largely affect air quality and climate by changing tropospheric photochemical processes involving gases like O_3, HO_x, NO_x, HNO_3, CO, VOCs, and aerosols. There are many previous studies on the effects of heterogeneous reactions at regional to global scales using direct measurements, remote sensing, and simulation. For the atmospheric chemistry simulation, there is a large uncertainty from the treatment of the heterogeneous reactions in the model due to the still insufficient understanding of the mechanism of heterogeneous reactions.
This study is intended to understand the roles of the heterogeneous reactions in the global tropospheric chemistry using a chemistry-climate model CHASER (MIROCESM) (Sudo et al., 2011) which includes more than 250 chemical reactions in the troposphere and stratosphere with more than 70 chemical species. This model also includes aerosol components (SPRINTARS) for sulfate, nitrate, BC, POA/SOA, dust, and sea-salt; formation of nitrate and SOA, and ageing of BC are calculated tightly linked to the chemistry in CHASER. The present version of CHASER considers heterogeneous reactions of N_2O_5, HO_2, RO_2, and HCHO for surfaces of the individual aerosol components and cloud particles.
The model simulation is validated with the observational data from EANET, EMEP and the ship-based observation. Our performed sensitivity simulations with respect to the heterogeneous reactions show that the impacts of the N_2O_5 heterogeneous reaction may not be as large as previously reported; surface concentrations of NO_x, O_3 and OH are only reduced by 1.6%, 2.2%, 2.6%, respectively, in global mean (in regional, at most, 23%, 5.4%, and 12.8%). Whereas, the HO_2 reaction (to form H_2O_2) can cause a significant effect on distributions of O_3 and related species (NO_x, O_3, OH are changed by 68.7%, -21.5% and -70.1%). In addition to the polluted areas in China and India, we found that in the North Pacific region the heterogeneous reactions can play a critical role in the concentrations of NO_x, O_3, CO, OH, HO_2 (up to 69%, 21%, 7%, 70%, 81%, respectively). The possible large impacts of the heterogeneous reactions are also verified with the ship-based observational data for the North Pacific and Alaska regions.

Keywords: heterogeneous reaction, chemical climate model, North Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気エアロゾルの粒径分布と吸湿性の呼吸器沈着率への影響に関する事例分析

Sensitivity of regional deposition of inhaled atmospheric aerosols in human respiratory tract to their size distribution and hygroscopicity: A case study

*王 敏睿[1]、三原 利之[2,4]、梶野 瑞王[5]、川名 華織[2,6]、持田 陸宏[1,2,3]
*Minrui Wang[1], Toshiyuki Mihara[2,4], Mizuo Kajino[5], Kaori Kawana[2,6], Michihiro Mochida[1,2,3]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 名古屋大学大学院環境学研究科、3. 名古屋大学高等研究院、4. 岐阜県工業技術研究所（現在の所属）、5. 気象庁気象研究所、6. 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター（現在の所属）
1. Institute for Space Earth Environmental Research, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. Institute for Advanced Research, Nagoya University, 4. Now at Gifu Prefectural Industrial Research Institute, 5. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 6. Now at Research and Development Center for Global Change, JAMASTEC

エアロゾルは大気汚染を引き起こす物質のひとつである。呼吸によるエアロゾルの体内への取り込みは、人の健康に悪影響をもたらす。エアロゾルの健康リスクを評価するには、エアロゾルの呼吸器への沈着とそれを影響する要素を解明することが重要となる。

本研究では、2009年及び2010年に名古屋大学東山キャンパスで測定したエアロゾルの粒径別吸湿成長分布データを解析し、肺沈着モデルMPPD（Multiple-Path Particle Dosimetry Model）を用いて、成人男性・鼻呼吸・休息時/軽運動時におけるエアロゾルの粒径/吸湿性別沈着率を計算した。いずれの年の測定期間においても、胸郭内（気管支（tracheobronchial airway）と肺胞（alveolar interstitium）の合算）における沈着率は粒径24.1～359 nmの範囲内において二峰性分布になり、それぞれ最大値は50.1%/50.0%（軽運動時）であり、全体的に粒径の増大に伴い沈着率が減少する傾向を示した。粒径100 nm以下の微小粒子は基本的に粒子の吸湿性が高いほど気管支・肺胞への沈着率が低くなるが、比較的に大きい粒子（主に粒径200 nm以上）では逆に吸湿性の増大に伴い、沈着率が高くなる傾向が顕著になった。

2009年の観測は10日間連続で行われており、時間帯による沈着率の変化に影響する気象要素を調べるため、気象庁過去天気データベースから該当期間の気象データを解析し、昼間（12時～18時）と夜間（0時～6時）で比較を行った。その結果、昼間の相対湿度は降水のあった9月15日11～17時及び9月22～23日を除き、基本50%より低かった。昼間のエアロゾル呼吸器沈着量は9月23日を除き、すべて粒径100 nmより小さいかつ疎水性の粒子（吸湿成長率g=1.0～1.2程度）を極大に持つ分布を示した。また、9月21日のように比較的親水性の粒子（g=1.2～1.4程度）に山が存在する日もあった。一方、夜間は相対湿度が60%より高く、呼吸器沈着量は疎水性微小粒子と親水性粒子の両方に極大を持つ二峰性分布を示した。なお、9月23日は一日中昼夜問わず相対湿度が75%前後と高く、昼間には6時間程連続に、呼吸器沈着量に親水性の粒子（g=1.4前後）を中心とする一峰性分布が見られた。時間帯による人為起源粒子の排出量や外界湿度が影響する変質の程度が変化することで、体内に取り込む粒子に含まれる吸湿性の異なる粒子の割合が大きく変わり、粒子の呼吸器沈着量に影響する可能性があると思われる。

キーワード：エアロゾル、粒径分布、吸湿性、呼吸器沈着
Keywords: Aerosol, size distribution, hygroscopicity, regional deposition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒子状物質を介した大気海洋間の物質循環過程 ー日本大気化学会奨励賞受賞記念講演ー

Biogeochemical cycle between atmosphere and ocean via particulate matters -Award lecture for JpSAC Young Scientist Award-

*岩本 洋子[1]
*Yoko Iwamoto[1]

1. 広島大学　生物圏科学研究科
1. Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University

The oceans absorbs carbon dioxide which is increasing in the atmosphere and has the ability to mitigate sudden climate change. The biological pump driven by marine phytoplankton play an important role in the global carbon cycle. In order to accurately estimate the carbon absorptive capacity of the oceans, it is important to know the supply amount of nutrient elements that support the growth of phytoplankton. Despite the fact that iron is an essential element for marine phytoplankton, the concentration of dissolved iron in the surface ocean is extremely low. Iron containing aerosols such as mineral dust in the atmosphere could be important as a source of iron to the surface ocean.

In my previous work, the sporadic deposition of atmospheric mineral dust by sea fog over the North Pacific was observed during an Asian dust event. By using bulk and individual particle analyses for suspended particulate matters in seawater, the biogeochemical impact of the dust deposition was investigated. As a result, it was found that the bioavailable iron supply to the surface ocean by an Asian dust event was sufficient to promote the growth of phytoplankton, and it also contribute the carbon absorption to the northern North Pacific. In addition, from a mapping data covering the North Pacific and its marginal seas, it was revealed that mineral particles of atmospheric origin existed ubiquitously in the surface ocean even during summer when the influence of Asian dust event is small.

On the other hand, the growth of marine phytoplankton causes changes in the atmospheric environment through aerosol generation. My current research focuses on oceanic aerosols acting as cloud condensation nuclei. From the continuous observation conducted at Noto ground-based research observatory (NOTOGRO) facing the Sea of Japan, it was found that the growth rate of cloud droplets delayed when the organic mass fraction of the aerosol was high. Currently, researches on the linkage between phytoplankton species and marine biogenic aerosol and the climate effect of aerosol generated by bubble bursting at the air-sea interface are conducted.

キーワード：北太平洋、鉱物ダスト、エアロゾル、生物地球化学的物質循環、雲凝結核
Keywords: the North Pacific, Mineral dust, Aerosol, Biogeochemical cycles, Cloud condensation nuclei

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

速度論的手法による対流圏ハロゲン不均一反応化学の定量的解明 －日本大気化学会奨励賞受賞記念講演－

Kinetic Studies for Quantitative Elucidation of Heterogeneous Halogen Chemistry in the Troposphere -JpSAC Early Career Scientist Award Lecure-

*坂本 陽介[1,2]
*Yosuke Sakamoto[1,2]

1. 京都大学大学院地球環境学堂、2. 京都大学大学院人間・環境学研究科
1. Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University , 2. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

地球対流圏においてハロゲン化学種は触媒的なサイクル反応を通じて，健康影響，環境影響，大気酸化力への影響そして温室効果を持つオゾンの動態に大きな影響を持っている。オゾンやＯＨラジカルによる海水（海氷）、海塩エアロゾルに含まれるハロゲン化物イオンの気液不均一反応を通じた酸化はハロゲン化学種の気相への重要な放出源と考えられている。しかし、ハロゲン化学種を含む不均一酸化反応の速度論的パラメータの取得は、実験的困難さが要因となり両者ともに十分に報告されておらず、そのため、対流圏における不均一酸化反応を通じたハロゲン放出が実際に持つ重要性について定量的な結論は多くの場合得られていない。

そのような背景の下で、本研究ではレーザー分光法や質量分析法を用いた独自の実験的アプローチを開発し，従来法では困難であったハロゲン化物イオンの気液不均一酸化反応の速度論的研究を行い定量的パラメータの取得を試みてきた。本発表では、当受賞課題で取り組んだ３つの反応系（１．ヨウ化物イオンとオゾンの不均一反応（Sakamoto et al. 2009, 2013）、２．臭化物イオンとオゾンの不均一反応（Sakamoto et al., 2018a）、３．塩化物イオンとＯＨラジカルの不均一反応（Sakamoto et al., 2018b））での結果を紹介し、ハロゲン化物イオンの気液不均一酸化反応の定量的な速度の記述への気液界面での特殊な挙動の寄与を組み込む必要性について議論する。

参考文献

Sakamoto. Y., A. Yabushita, M. Kawasaki and S. Enami (2009), *J. Phys. Chem. A* 113, 7707-7711.
Sakamoto. Y., S. Enami and K. Tonokura (2013), *J. Phys. Chem. A*, 117, 2980-2986.
Sakamoto, Y., M. Goda, J. Hirokawa (2018a), *J. Phys. Chem. A*, 122, 2723-2731.
Sakamoto, Y., J. Zhou, N. Kohno, M. Nakagawa, J. Hirokawa and Y. Kajii (2018b), *J. Phys. Chem. Lett.*, 9, 4115-4119.

キーワード：地球、エアロゾル、オキシダント
Keywords: earth, aerosol, oxidant

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[A-AS04] 大気化学

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

対流圏及び成層圏の化学・力学(輸送、物質循環)過程、大気圏と他圏（例えば生物圏）との相互作用に関する研究発表を中心に募集する。バックグラウンド大気から都市大気、数値モデル・観測・リモートセンシング・実験室的研究、ガス・エアロゾル研究の全てを対象とする。日本大気化学会を中心として開催するが、他の学協会会員による大気化学関連の発表や、分野の境界領域に位置する発表も大いに歓迎し、広い視野から大気化学を議論したい。なお、スライドおよびポスターの作成言語は英語が望ましい。

15:30 ~ 16:00

[AAS04-28] 惑星大気 - 火星・金星 -

★招待講演

*前澤 裕之[1] (1.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)

16:00 ~ 16:15

[AAS04-29] フーリエ変換型赤外分光計を用いた地上観測によるつくば上空メタン高度分布の精度検証

代 友輝[2]、*村田 功[1]、中島 英彰[3]、森野 勇[3] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立環境研究所)

16:15 ~ 16:30

[AAS04-30] **Retrieval of HFC-23 from FTIR observations at Syowa Station, Rikubetsu and Tsukuba**

*武田 真憲[1,2]、中島 英彰[2,1]、村田 功[1]、長浜 智生[3]、森野 勇[2] (1.東北大学 大学院環境科学研究科、2.国立環境研究所 地球環境研究センター、3.名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

16:30 ~ 16:45

[AAS04-31] 全球大気光化学場における雲分布の役割

*松田 涼樹[1]、須藤 健悟[1,2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻、2.海洋研究開発機構)

16:45 ~ 17:00

[AAS04-32] 成層圏・対流圏オゾン交換の全球分布と経年変動の推定：気候場変動の影響

*須藤 健悟[1,2]、Xin Li[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.海洋研究開発機構)

惑星大気 - 火星・金星 -
Planetary atmosphere - Mars and Venus -

*前澤 裕之[1]
*Hiroyuki Maezawa[1]

1. 大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科
1. Department of Physical Science Osaka Prefecture University

近年、系外惑星の探査や原始惑星系円盤などの研究が急加速している。こうした中、系内外の地球型惑星の大気環境やハビタビリティや、中心星の活動が周囲の惑星の大気環境に与える影響について一層の理解を深めていく上で、すでに固有磁場を失っている火星や金星は貴重な研究ターゲットである。

火星ではメタンが検出されており、その発生起源はもとより、消失を促す大気や地表での酸化反応ネットワークの解明に向けた調査が続いている。CO_2を主大気とする地球型惑星では、CO_2は太陽光によりCOや酸素へと光解離される。火星や金星ではこのCOや酸素の存在量比が少なく、どのように酸化されてCO_2に戻っているのか、まだ完全には解明されておらず、これはCO_2の安定問題と呼ばれている。地球型惑星の大気環境の変遷の理解のためにも、火星におけるH_2O、H_2O_2、OHなどの時空間変動やO_2の高度分布など、酸化剤やその同位体含めた詳細かつ系統的な観測が今後も重要な課題の１つとなっている。

金星については、雲高度付近の高速のスーパーローテションが知られており、さらにその上層では昼夜間対流が存在すると考えられている。しかし、例えば、昼夜間対流は朝面・昼面で単純で同一のパターンでは無いことも近年次第に分かってきており、さらには、最近、あかつき衛星が大規模な大気重力波の影響なども捉え、より複雑なダイナミクスを伴っているようである。こうした輸送環境が、金星のSOx、HOx、COx、塩化物やエアロゾル、硫酸などの物質循環や酸化反応ネットワークをどのように駆動しているかの解明も、今後重要なテーマである。CO_2大気を纏う典型的な地球型惑星において、バイオマーカーであるO_2やO_3がどの程度非生物的に形成されるのかについても、今後、金星や火星は重要な知見を与えてくれるだろう。

本講演では、アタカマ大型ミリ波・サブミリ波干渉計などのヘテロダイン分光観測で探る惑星大気の観測についても触れる予定である。ミリ・サブミリ波は波長が長く、エアロゾル/ダストの影響を受けにくい。また、高い周波数分解能により惑星大気の微量分子の高度分布を導出でき、スペクトルのドップラーシフトから高層大気の速度場を推定することも可能である。さらに、太陽のような背景光源が不要なため昼夜問わず観測が可能である。他波長の地上望遠鏡・探査衛星による観測と合わせて、現在の金星・火星の大気環境の研究について紹介する。

キーワード：惑星大気、地球型惑星、太陽系、火星、金星、ヘテロダイン分光
Keywords: Planetary Atmosphere, Terrestrial planet, Solar System, Mars, Venus, Heterodyne Spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フーリエ変換型赤外分光計を用いた地上観測によるつくば上空メタン高度分布の精度検証
Validation of methane profile observed with FTIR at Tsukuba

代 友輝[2]、*村田 功[1]、中島 英彰[3]、森野 勇[3]
Yuki Dai[2], *Isao Murata[1], Hideaki Nakajima[3], Isamu Morino[3]

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 国立環境研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute for Environmental Studies

メタンは地球温暖化において二酸化炭素に次いで重大な影響を及ぼす気体である。CH_4濃度は年々変動が大きく、場所による違いも大きいが、排出源が多様であることもありその原因がよく理解されていない。東北大学と国立環境研究所ではつくばの国立環境研究所内に設置されているフーリエ変換型分光計（FTIR）を用いた大気微量成分の観測を1998年から行っている。FTIRは地上から太陽を光源として測定することで大気微量成分の全量を観測でき、本研究で使用しているFTIRは波数分解能が0.0035cm^{-1}と高いため、インバージョン法により各微量成分の高度分布を求めることもできる。しかし、FTIR観測の全量の検証はある程度行なわれているものの、高度分布についての検証はまだ不十分であるのが現状である。また、CH_4のスペクトルフィッティングの誤差要因の一つに水蒸気量がある。日本のように水蒸気量が多く、季節変化を伴う場合、H_2Oの変動がCH_4の解析精度に影響を与える。

そこで、本研究ではFTIRから導出されるつくば上空CH_4の対流圏のパーシャルカラムの精度検証を行なった。精度検証の基準としては東北大学大学院理学研究科大気海洋変動研究センターによる航空機観測のCH_4サンプリングデータを用いた。また、解析に使用するCH_4高度分布の初期値、波数領域、水蒸気高度分布の初期値を検討することによって、解析の精度が向上するか比較した。

FTIRの解析にはスペクトルフィティングプログラムSFIT4を用いた。SFIT4はRinsland et al. [1998]を基に開発されており、リトリーバルの方法としてはOptimal Estimation Method [Rodgers, 2000]を用いている。解析には3μm 付近の吸収線を用い、本研究では、つくばの観測データのうち2012-2017年の観測スペクトルについての解析を行った。

まず、CH_4高度分布の初期値依存性を調べたところ、解析期間内に実際に起こりうる10%程度のCH_4濃度変化に対して求められたパーシャルカラムの変化量は0.02%程度となり、初期値依存性は無視できるほどであることが分かった。

次に、水蒸気の影響を考慮するために解析手法の最適化を行なった。解析に用いる波数領域について2通り（Sussmann et al. [2011]で湿度の高い地域での解析に推奨されている3つの波数領域を用いて解析した結果（3MW）と通例使われる5つの波数領域で解析した結果（5MW））、初期値の水蒸気高度分布について2通り（モデルで求められる月平均の水蒸気高度分布を初期値に用いる場合（v1）とFTIRの観測から求めたその日の水蒸気量を用いる場合（v5））の組み合わせで合計4通りの解析手法について、2012年の全観測の解析結果をフィッティングの良否の指標である残差二乗平均（RMS）と高度情報の量を表す指標（DOFs）の年間平均値を用いて比較検証した。

その結果、まず水蒸気高度分布の初期値に関しては、3MWv1と3MW v5の比較ではともにRMS年間平均0.176、DOFs年間平均3.18と3桁目まで一致しており、3MWでは水蒸気による影響は少なくv1、v5による違いは無視できる程度であった。一方、5MW v1と5MW v5を比較したところ、RMS年間平均ではv5の方がv1よりもが0.05低く、DOFs年間平均でもv5の方がv1よりも0.03大きく、いずれの指標でもv5の方が良い結果となった。次に、波数領域の比較に関しては、3MW v5と5MW v5の比較では、DOFs年間平均は5MW v5の方が0.19大きいものの、RMS年間平均は3MW v5の方が0.04低かった。そのため、5MW v5は高度情報が多いものの、フィッティングは3MW v5 良いことが分かった。3MWv1と5MWv1の比較でも同様の結果であった。以上から、3MW v1、3MW v5、5MW v5は上記の比較だけでは優劣をつけることできないと判断し、5MW v1のみ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水蒸気の影響を受けやすく他の3つより若干劣ると考え、この段階で5MW v1の解析結果は検証対象から外すこととした。

残った3MW v1、3MW v5、5MW v5について航空機観測と比較検証を行なった。まず、解析期間内の全てのFTIR観測結果を用いた比較では、３つの解析手法いずれも5-10%程度の不一致が夏季を中心に生じており、十分な精度で航空機観測と一致しているとは言えなかった。次に、FTIRのRMSが0.15以下の解析結果だけを用いると、FTIRが航空機観測よりも2.9%過小評価する一定のバイアスを除けば、月々のFTIR／航空機CH_4パーシャルカラム比の標準偏差はどの解析手法でも1.6-1.7%程度であり、どの解析手法でもFTIRと航空機のCH_4パーシャルカラムの相対精度2.3% の範囲内でFTIRの結果が航空機観測と一致することがわかった。また、この場合も３つの解析手法間に特に有意な差はみられなかった。

以上から、検証に用いた4つの解析手法のうち5MW v1は水蒸気の影響を受けやすいものの、他の3MW v1、3MW v5、5MW v5の3つの解析手法には有意な違いはなく、FTIR解析時のRMSを0.15以下に制限することによって同程度の精度で航空機観測と一致する解析結果が得られることが分かった。

キーワード：フーリエ変換型分光計、メタン、高度分布、精度
Keywords: FTIR, Methane, Height profile, Accuracy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Retrieval of HFC-23 from FTIR observations at Syowa Station, Rikubetsu and Tsukuba

*武田 真憲[1,2]、中島 英彰[2,1]、村田 功[1]、長浜 智生[3]、森野 勇[2]
*Masanori Takeda[1,2], Hideaki Nakajima[2,1], Isao Murata[1], Tomoo Nagahama[3], Isamu Morino[2]

1. 東北大学 大学院環境科学研究科、2. 国立環境研究所 地球環境研究センター、3. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer has successfully been regulated production and consumption of chlorofluorocarbons (CFCs) and global atmospheric CFCs concentration have kept decreasing. On the other hand, production and consumption of hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) and hydrofluorocarbons (HFCs) as alternatives for CFCs are expanding up to the present. Especially, HFC-23 (CHF_3) which has very high global warming potential (100yr-GWP: 12,400) is generated as unavoidable by-product of HCFC-22 ($CHClF_2$) production and their emissions into atmosphere have been increasing relevant to production of HCFC-22. Observations of these gases are possible not only by in-situ gas-chromatogram/mass-spectroscopy systems, but also by infrared spectroscopic measurements. Ground-based Fourier Transform Infrared spectrometer (FTIR) has a capability to monitor multiple gas species simultaneously. In this study, we retrieved total column abundances and vertical profiles of HFC-23 from ground-based FTIR observations with the SFIT4 version 0.9.4.4 based on the optimal estimate method (Rodgers, 2000).
We operated atmospheric solar absorption measurements using ground-based FTIR instrument at Antarctic Syowa Station (69.0ºS, 39.6ºE) in 2007, 2011 and 2016. We used two micro-windows (MWs) of 1138.5-1148.0 cm^{-1}(MW1) and 1154.0-1160.0 cm^{-1}(MW2) in this study. As the spectroscopic parameters of HFC-23, the pseudo line lists produced by G. C. Toon (NASA/JPL) were used. For other interfering species, the line parameters from HITRAN2008 were used. Temperature and pressure vertical information from surface to 40 km a.s.l. were taken by the daily temperature and pressure profiles from NCEP (National Centers for Environmental Prediction) Reanalysis-1 dataset. Meteorological information above 40 km a.s.l. were adopted from the monthly climatological profiles from the COSPAR International Reference Atmosphere (CIRA-86) dataset. The HFC-23 a priori profile was taken fromthe simulated profile by Naik et al. (2000), but that was scaled to make the concentration of the lowest level equal to 20 pptv which is the approximate value of surface concentration in southern hemisphere in 2007. For H_2O and its isotopologues, the a priori profiles were taken from independent preliminarily profile retrievals for each observed spectra. For other interfering species, 40 years (1980-2020) mean profiles of the monthly profiles provided from WACCM (Whole Atmosphere Community Climate Model) version 6 were used as a priori profiles. Figure 1 shows the timeseries of the FTIR-retrieved total columns of HFC-23. According to the error analysis, mean systematic and random errors on the HFC-23 retrievals were ~40% and ~10% to retrieved HFC-23 total column, respectively. The FTIR observation is practicable to estimate the trend of atmospheric HFC-23, because the random uncertainty is relatively small.
In addition, we performed retrievals of HFC-23 from FTIR spectra at Rikubetsu (43.46ºN, 143.77ºE) and Tsukuba (36.05ºN, 140.12ºE) in Japan in the same way as the retrieval strategy at Syowa Station. In the presentation, we will discuss on the differences of HFC-23 trends among these three FTIR sites, along with the trends of HCFC-22 from FTIR observations.

References

Naik, V., Jain, A. K., Patten, K. O. and Wuebbles, D. J., Consistent sets of atmospheric lifetimes and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

radiative forcings on climate for CFC replacements: HCFCs and HFCs, J. Geophys. Res.,105(D5), 6903-6914, 2000.
Rodgers, C. D., Inverse methods for atmospheric sounding –Theory and practice, edited by: Taylor, F. W., World Scientific, Singapore, 2000.

キーワード：HFC-23、代替フロン、FTIR
Keywords: HFC-23, HCFC, FTIR

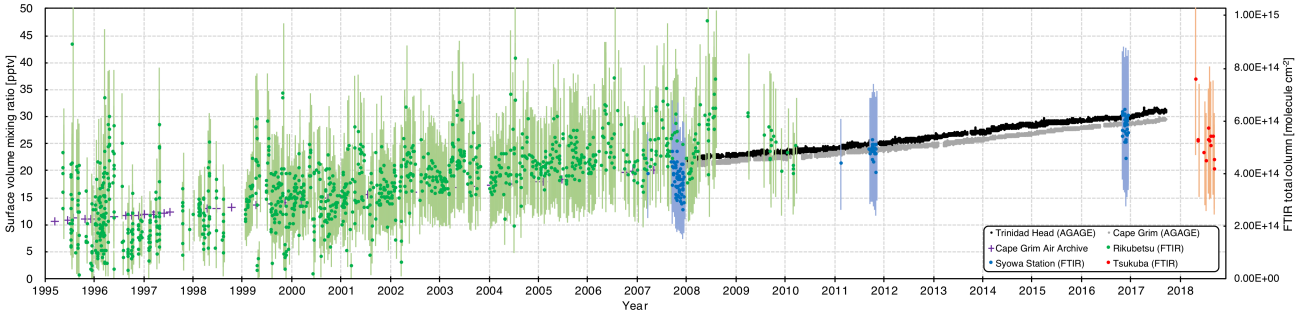


Figure 1. The timeseries of the FTIR-retrieved total columns of HFC-23 at Rikubetsu (green), Syowa Station (blue) and Tsukuba (red) with the retrieval uncertainties, along with ground-based in-situ measurements at Trinidad Head (41.05°N, 124.15°W; black) and Cape Grim (40.68°S, 144.69°E; grey). Also, Cape Grim Air Archive data (purple) is plotted during the period of 1995 to 2007.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全球大気光化学場における雲分布の役割
Roles of cloud distribution in global atmospheric photochemistry

*松田 涼樹[1]、須藤 健悟[1,2]
*Ryoki Matsuda[1], Kengo Sudo[1,2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University , 2. Japan Marine-Earth Science and Technology

大気中の化学反応は、オゾン（O_3）やメタン（CH_4）、窒素酸化物（NOx）、硫黄酸化物（SOx）やエアロゾルの生成・消滅に直接関与し、大気環境や気候変動に与える影響も大きい。このような大気化学反応はO_3等の紫外線による光解離反応によって駆動されるため、雲分布に大きく左右されると考えられる。本研究では主に対流圏の大気化学場に対して、雲分布が光解離過程を介してどのような役割を演じているか、全球化学輸送モデル（化学気候モデル）と観測（衛星・航空機）データを組み合わせることで、定量的な推定・検証を行った。

まず初めに、使用する全球化学気候モデル「CHASER」上の雲分布が現実的であるか、衛星観測データ（ISCCPのD2データ）を用いて検証を行った。この結果、モデルは衛星データに見られる雲量の全球分布を概ね再現できていることが確認された。

次に上述のモデルを用いて、雲による光解離過程変動を通じた全球大気化学場への影響を感度実験により推定した。この結果、OHラジカル濃度は地表面付近で10～20%減少するとともに、上部対流圏では10～20%増加することが示された。これは低中層雲による太陽光の散乱・反射効果を反映したものであり、先行研究とも整合的である。大気の酸化能力の指標でもある全球平均OH濃度は、雲の光解離影響によって約12%増加し、また対流圏O_3の全球平均濃度は約0.7%増加する結果となった。

さらに、南北太平洋の広域において展開された航空機による大気化学観測のデータ（NASAのATOM-1）を用いて、先の感度実験で確認した雲による大気化学場への影響の妥当性を検証した。この結果、OH、O_3ともにモデル中の光解離計算で雲を考慮した方が現実の大気化学場をより正確に再現することが確認された。また雲を考慮したことによる各濃度の変動傾向は、上述の全球濃度場の変動傾向と整合的であった。

以上より、雲の存在による光解離過程への影響は全球大気化学場、特にOH濃度場を大きく左右することが定量的に示された。OHはCH_4や一酸化炭素（CO）、CFCs等、気候やオゾン層に影響を及ぼす重要物質の濃度を支配している。したがって、雲分布の変動がこれらの物質分布を大きく変化させ、気候・大気環境変動に付加的な影響を及ぼす可能性が示唆される。

キーワード：雲、化学気候モデル、オゾン、OHラジカル
Keywords: Cloud, Chemistry-transport model, Ozone, OH radical

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏・対流圏オゾン交換の全球分布と経年変動の推定：気候場変動の影響

Evaluating global distribution and interannual variation of stratosphere-troposphere exchange of ozone: impacts of climate variabilities

*須藤 健悟[1,2]、Xin Li[1]
*Kengo Sudo[1,2], Xin Li[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC

The stratosphere-troposphere exchange (STE) of ozone (O_3) can have significant impacts on the interannual variability and long-term trend of global tropospheric ozone and radiation budget. This study investigates global STE of O_3 particularly focusing on the roles of major climate variabilities such as ENSO, PDO, and QBO and climate trend (surface temperature). Using a chemistry coupled climate model, this study estimates temporal variation in the vertical and meridional STE O_3 fluxes during the years of 2000-2016. For the major climate variabilities of ENSO and PDO, associated STE changes are assessed in detail using a composite analysis. The model validation shows that the model well captures the OMI-observed tropospheric column ozone (TCO) abundances (r~0.55), especially around the tropical Pacific (r~0.8). It is shown that in the tropics there is upward O_3 transport to the stratosphere (troposphere to stratosphere transport, TST) while in the extratropics, O_3 transport is downward (stratosphere to troposphere transport, STT), consistent with the Brewer-Dobson circulation in the stratosphere. Although geographical distributions of vertical and meridional STE fluxes are not changed largely by ENSO or PDO, the STE fluxes are significantly amplified by the ENSO events. Horizontal patterns of STE flux anomaly are found to be similar with respect to the El Niño episodes and the PDO warm phases (STT increased by 21% and 10%, respectively, in the northwest Pacific). These anomalies are reversed during the La Niña and PDO cold phases (STT decreased by 16% and 3%, respectively, in northeast Pacific). The anomaly of global net STE O_3 flux is interpreted as several key factors using a multiple-regression analysis. The result shows that the STE anomaly is explained largely by the combination of ONI, PDO, QBO, and global mean surface temperature (R^2~43%). Contributions of ONI and PDO to STE anomaly are estimated to be 22.3% and 23.1%, respectively. This study quantitatively reveals the possible connection between climate condition and STE.

キーワード：成層圏・対流圏間交換、オゾン、化学気候モデル、化学気候相互作用、気候変動、対流圏オゾン収支
Keywords: Stratosphere-Troposphere Exchange (STE), Ozone, chemistry climate model, chemistry-climate interaction, climate change, Budget of tropospheric ozone

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[A-CG36] 地球環境科学と人工知能

コンビーナ:冨田 智彦(熊本大学大学院 先端科学研究部)、福井 健一(大阪大学)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、小野 智司(鹿児島大学)、座長:冨田 智彦(熊本大学 大学院先端科学研究部 基礎科学部門)

近年、Society 5.0そして持続可能な開発目標（SDGs）の達成に向けて、気象学・海洋学・水文学などの地球環境科学を導く地点観測データ、地上レーダデータ、衛星観測、海洋観測、そして全球客観解析データなど多岐にわたる地球環境データの利活用が期待されています。しかし、現状これらの大量に蓄積されているビッグデータは十分に活用されているとは言えず、多くのデータが誰にも解析されず眠っているとまで言われています。そこでこのようなビッグデータを取り扱うため、人工知能による時空間データモデリング、予測・検知のための機械学習技術、自動化を含めたデータマイニング技術、等の研究が必要になります。そして地球環境データを横断的に分析し利活用することで、環境問題の解決や地球温暖化への対応が可能になります。さらに人工知能は真理探求の科学研究においても第4のパラダイム（第 1： 観測・実験、第 2： 理論、第 3： シミュレーション、第 4： データ駆動）としてデータと科学の橋渡役となることが期待されます。このような研究を加速するため、地球環境データに人工知能を適用する様々な取り組みについての発表を募集します。

10:45 ~ 10:50

Introduction

10:50 ~ 11:20

[ACG36-01] ディープニューラルネットワークモデルの最近の発展とその応用

★招待講演

*白川 真一[1] (1.横浜国立大学)

11:20 ~ 11:35

[ACG36-02] 大気化学的知見に基づく学習データの最適化によるオキシダント機械学習予測精度の向上

*佐藤 知紘[1]、趙 培江[1]、是津 耕司[1] (1.情報通信研究機構)

11:35 ~ 11:50

[ACG36-03] Spatiotemporal Climate Forecasting with ConvLSTM

*Ekasit Phermphoonphiphat[1]、Tomohiko Tomita[3]、Masayuki Numao[2]、Ken-ichi Fukui[2] (1.Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University、2.The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University、3.Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University)

11:50 ~ 12:05

[ACG36-04] 深層学習に基づく説明変数を考慮した海氷密接度の短期予測手法

*川嶋 一誠[1]、神山 徹[1]、杉本 隆[1]、中村 良介[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

12:05 ~ 12:15

Discussion

ディープニューラルネットワークモデルの最近の発展とその応用
Recent Progress in Deep Neural Network Architectures and their Applications

*白川 真一[1]
*Shinichi Shirakawa[1]

1. 横浜国立大学
1. Yokohama National University

A deep neural network (DNN) is a powerful machine learning model that shows remarkable performance in various artificial intelligence domains such as computer vision and natural language processing. A DNN is composed of a number of non-linear, differentiable units that have tunable parameters. In the training phase, DNN parameters (called connection weights) are trained so as to minimize training loss. After training the DNN, we expect it to be able to produce the generalized rule for the target task, i.e., the trained DNN is expected to return the ideal outputs from inputs for unknown data.

Researchers in the deep learning community are actively proposing a novel DNN architecture (i.e., the network structure of DNNs) to improve the performance and applicability of DNNs. For instance, a convolutional neural network (CNN) is frequently used as the network model for computer vision tasks, and the recurrent connection and long short-term memory (LSTM) cell is suitable for treating time series and sequential data. Besides these network structures, many extended network modules and architectures have been developed.

In this talk, we provide an overview of the recent progress in deep neural network architectures and their amazing applications. We also overview how to handle multimodal data in DNNs and present several studies on modality translation such as image-to-text (image captioning) and text-to-speech.

Although a lot of DNN architectures have been proposed so far, the selection and design of the architectures are still the users' task. Such a task is not trivial because the appropriate architecture heavily depends on the target problem and dataset, meaning that trial and error and expert knowledge are required for users. The second topic of this talk is the automatic design of DNN architectures, called neural architecture search (NAS). Recent studies show that NAS can improve the performance of DNNs depending on the dataset. Particularly, we present the computationally efficient NAS methods that can work on a single GPU with reasonable computational time.

At the end of this talk, we would like to discuss the applicability of deep neural networks to the field of global environmental science.

キーワード：深層学習、ディープニューラルネットワーク、機械学習、人工知能
Keywords: Deep Learning, Deep Neural Network, Machine Learning, Artificial Intelligence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気化学的知見に基づく学習データの最適化によるオキシダント機械学習予測精度の向上

Improving performance of oxidant prediction using machine learning by optimizing input data based on atmospheric science knowledge

*佐藤 知紘[1]、趙 培江[1]、是津 耕司[1]
*Tomohiro Sato[1], Peijiang Zhao[1], Koji Zettsu[1]

1. 情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

【背景】近年、大気汚染による早期死亡者数は世界で約370万人であり、これは交通事故による死亡者数の約3倍に相当する（WHO報告書, 2014）。日本では、NO_2や$PM_{2.5}$等のほとんどの大気汚染物質が減少傾向を示す中、オキシダント（Ox）は環境基準達成率が0.1%と極めて低く、依然として横ばいまたは増加傾向を示している（環境省報告書, 2018）。Oxは光化学スモッグの主成分であり、高濃度になると喘息や肺炎などの発症リスクを高める他、農作物にも被害を与える（Zheng et al., 2018等）。Oxの生成メカニズムはNO_2や揮発性有機化合物（VOC）等の前駆体の濃度や太陽光、風量などの様々な要因が非線形に結びついているため、その物理化学過程の完全なモデル化は難しく、また計算コストが莫大になるという課題がある。そこで、従来の物理化学モデルに代わる予測手法として、機械学習を用いた研究が進められている。Keller et al., (2017)はGEOS-Chemモデルの計算結果を学習データとしてOxの主成分であるオゾン（O_3）の濃度を予測するRandom Forestモデルを構築し、計算コストを100分の1に小さくした上で10日後までの予測を誤差10%以内で実現できることを示した。他にも、Multiple Linear RegressionやArtificial Neural Network（Pires and Martins, 2011）、Gene Expression Programming（Samadianfard et al., 2013）等の方法によるオゾン濃度予測研究が報告されている。

【目的】これまでの機械学習による大気汚染短期予測研究は、モデルのアルゴリズムについての発展は行われているものの、学習データそのものについては、あまり注目されていなかった。一方で、Data Augmentation等の学習データの改良により予測精度が向上できることが報告されており（Guennec et al., 2016）、本研究では、大気化学的知見に基づくOx学習データを最適化することにより、機械学習によるオキシダント短期予測精度の向上を試みる。

【データセット・手法】　Ox（特に主成分であるO_3）は光化学反応によって生成されるため、日の出とともに増加（$NO_2 + hn \rightarrow NO + O$, $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$等）、日中に最大となり、夜は他の物質との反応や地表面との接触により徐々に減少する。この規則的な日変化は、天気や季節による太陽光量や人間活動による前駆体発生量に依存して絶対量は変化するものの、その傾向は一年を通してほとんど変わらない。そこで本研究では、学習データにOx測定値（V_{obs}）をそのまま用いてOx短期予測を行った場合（①）と、1日の中の時間ごとの日変化（$V_{diurnal}$）からの差分（$DeltaV = V_{obs} - V_{diurnal}$）を入力した場合（②）を比較した。学習データセットには、福岡市内16地点の1時間毎の測定値（国立環境研究所 環境数値データベース 時間値データファイル）を使用し、Oxの他にNO_2やSPM、$PM_{2.5}$、SO_2、CO等の主要大気汚染物質、温度や湿度、風向、風速の気象条件を対象とした。期間は2014～2016年度の3年分とし、基準となるOxの$V_{diurnal}$は、年度毎の全データについての時間ごとの平均値とした。機械学習モデルには、Convolutional Neural Network（CNN）とLong Short-Term Memory（LSTM）を合わせたConvolutional Recurrent Neural Network（CRNN）を使用した（Zhao and Zettsu, 2018）。このモデルでは、測定点の緯度・経度座標を基に各測定値を2次元データ化してCNNにインプットし、空間特徴量を抽出、その後LSTMにより時間発展後の予測値を出力する。入力データは過去24時間分の全測定点毎のデータ、出力データは6時間後の全測定地点を平均したOx濃度とした。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

【結果・考察】①と②の場合におけるCRNNによる予測値と実測値を比較し、平方根平均二乗誤差（Root Mean Squared Error: RMSE）と正確率（Accuracy）により予測精度を評価した。各年度のRMSEとAccuracyは、①10.3 ppb/75.4%、②6.7ppb/84.7%（2014年度）、①11.0 ppb/72.7%、②8.3ppb/79.6%（2015年度）、①9.4 ppb/76.7%、②8.6ppb/79.4%（2016年度）であり、入力データに差分 DeltaV を用いることで正確率が最大約10%向上した。また、予測値と実測値を1日の中の時間ごとに比較すると、①では夜間は過大評価、昼間は過小評価する日内バイアスが確認された。一方、②ではこのバイアスが大きく解消され、時間による偏りが少ない予測を実現した。なお、このバイアスの解消は、全ての年度について確認された。

【まとめ・提言】本研究では、日本国内で近年横ばいまたは増加傾向を示す有害物質であるオキシダント（Ox）の機械学習による高精度短期予測を実現するために、従来研究に多く見られるアルゴリズムの改良ではなく、大気化学的知見に基づくOx学習データの改良による予測精度向上を試みた。その結果、入力データとしてOx日変化の特徴を除いた差分データを用いることで、予測正確率を最大10%向上させることに成功した。本研究成果は、機械学習を用いた大気環境予測において、大気化学の知見に基づく学習データの拡張や調整が重要であることを示唆している。

キーワード：大気汚染、オキシダント、機械学習、最適化、短期予測
Keywords: Air pollution, Oxidant, Machine learning, Optimization, Short-term prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatiotemporal Climate Forecasting with ConvLSTM

*Ekasit Phermphoonphiphat[1], Tomohiko Tomita[3], Masayuki Numao[2], Ken-ichi Fukui[2]

1. Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University, 2. The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, 3. Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University

Recent years, climate forecasting techniques with machine learning have been developing to get high accuracy result, unlike physical simulation that uses the techniques of ensemble mean and has already been employed by JMA (Japan Meteorological Agency) which cannot perform well for long term prediction because climate data is a very high non-linear relationship. Machine learning techniques can build a forecasting model by learning patterns from prior data while maintaining the spatial correlation that very important for climate data because the variable from one area could affect other areas. In this paper, we studied the spatial-temporal pattern of machine learning techniques can improve the forecasting result. The experiment compares 3 forecasting models. Linear regression model is a simple forecasting linear model that try to produce linear formula from the training dataset, we use this model with non-spatial correlation setup. CNN (Convolutional Neural Network) is a class of deep learning, the key idea is convolutional layer that is able to maintain spatial correlation through the network. ConvLSTM (Convolutional Long Short-Term Memory) is the improvement version of Fully Connected Long Short-Term Memory that combines convolution operator inside every gate (the control unit that measures how much information will pass through) in the memory cell; therefore, spatial correlation is preferably maintained on the arbitrary of times. We run the experiment to forecast temperature at 2 meter height of the Japan area, we used the monthly mean data of ERA-Interim dataset that started from 1979 to the present. The result has shown that ConvLSTM performs the best accuracy compares to CNN and non-spatial correlation setup linear regression model.

Keywords: Climate Forecasting, ConvLSTM, Spatial Correlation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深層学習に基づく説明変数を考慮した海氷密接度の短期予測手法
Deep-Learning Based Short-Term Prediction Method for Sea Ice Concentration Using Explanatory Variables

*川嶋 一誠[1]、神山 徹[1]、杉本 隆[1]、中村 良介[1]
*Issei Kawashima[1], Toru Kouyama[1], Ryu Sugimoto[1], Ryosuke Nakamura[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

近年、北極海航路が着目されており、その航行のためには、短期～中期の海氷予測が重要となっている。短期予測に対しては、精度のみならず頻度や計算負荷も重要となる。著者らは対象領域として海氷の増加・減少・移流等のダイナミクスが顕著なオホーツク海を選び、深層学習を使用した海氷予測手法を検討してきた。本手法は、水循環変動観測衛星「しずく」（GCOM-W）に搭載された高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）のプロダクトである海氷密接度の履歴情報のみから、深層学習の手法を使用して0.5日間隔で2.5日先までの海氷密接度を予測する手法であり、高頻度であるにも関わらず計算コストが低いといった特徴を有し、比較的良い精度を得ることができる。しかしながら従来の数値シミュレーションによる予測精度との比較、また実利用時に要求されうる精度を見据えると、高精度な予測実現に関して改善の余地があった。そこで、本稿では、海氷密接度以外の説明変数も考慮して海氷密接度の短期予測を行う手法を提案し、その結果を示す。

キーワード：海氷密接度、深層学習、LSTM
Keywords: Sea Ice Concentration, Deep Learning, LSTM

©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30日(木) 13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[A-CG36] 地球環境科学と人工知能

コンビーナ:冨田 智彦(熊本大学大学院 先端科学研究部)、福井 健一(大阪大学)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、小野 智司(鹿児島大学)、座長:冨田 智彦(熊本大学 大学院先端科学研究部 基礎科学部門)

近年、Society 5.0そして持続可能な開発目標（SDGs）の達成に向けて、気象学・海洋学・水文学などの地球環境科学を導く地点観測データ、地上レーダデータ、衛星観測、海洋観測、そして全球客観解析データなど多岐にわたる地球環境データの利活用が期待されています。しかし、現状これらの大量に蓄積されているビッグデータは十分に活用されているとは言えず、多くのデータが誰にも解析されず眠っているとまで言われています。そこでこのようなビッグデータを取り扱うため、人工知能による時空間データモデリング、予測・検知のための機械学習技術、自動化を含めたデータマイニング技術、等の研究が必要になります。そして地球環境データを横断的に分析し利活用することで、環境問題の解決や地球温暖化への対応が可能になります。さらに人工知能は真理探求の科学研究においても第4のパラダイム（第 1： 観測・実験、第 2： 理論、第 3： シミュレーション、第 4： データ駆動）としてデータと科学の橋渡役となることが期待されます。このような研究を加速するため、地球環境データに人工知能を適用する様々な取り組みについての発表を募集します。

13:45 ~ 14:00

[ACG36-05] **深層学習と三次元大気放射伝達モデルを用いた雲のリモートセンシング**

*岩渕 弘信[1]、増田 涼佑[1]、K. Sebastian Schmidt[2,3]、Damiani Alessandro[4]、工藤 玲[5] (1.東北大学大学院理学研究科、2.コロラド大学大気海洋学研究科、3.コロラド大学大気宇宙物理学研究所、4.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、5.気象研究所)

14:00 ~ 14:15

[ACG36-06] 全方位カメラ画像を用いた夜間の雲量時系列化

*宮部 花鈴[1]、小郷原 一智[1] (1.滋賀県立大学)

14:15 ~ 14:30

[ACG36-07] 全天空画像および基本気象要素を用いた雲量の時系列予測

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

14:30 ~ 14:45

[ACG36-08] 時系列データに基づく帰納的降水量予測の基礎検討

*松本 直樹[1]、冨田 智彦[1]、福井 健一[2] (1.熊本大学、2.大阪大学)

14:45 ~ 15:00

[ACG36-09] 機械学習を用いたSAR画像中の船舶の検出

*園家 俊[1]、出村 裕英[1] (1.会津大学)

15:00 ~ 15:15

Discussion

深層学習と三次元大気放射伝達モデルを用いた雲のリモートセンシング
Remote sensing of cloud using the deep learning based on three-dimensional radiative transfer

*岩渕 弘信[1]、増田 涼佑[1]、K. Sebastian Schmidt[2,3]、Damiani Alessandro[4]、工藤 玲[5]
*Hironobu Iwabuchi[1], Ryosuke Masuda[1], K. Sebastian Schmidt[2,3], Alessandro Damiani[4], Rei Kudo[5]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. コロラド大学大気海洋学研究科、3. コロラド大学大気宇宙物理学研究所、4. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター、5. 気象研究所
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado, 3. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, 4. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 5. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

Remote sensing is a field of active research to which the machine learning techniques are applied. Machine learning models can be trained to detect characteristics and estimate properties of spatial and temporal variations of geophysical features. The deep learning uses a deep neural network and is rapidly developing in wide areas of industrial applications and scientific research. The deep neural network generally offers high capabilities of automatic feature extraction from multi-variate, multi-modal data and a good approximation of non-linear functions. If a deep learning model is trained well, its advantages are high accuracy with reasonable speed of calculation, which is suitable for practical applications to processing a large amount of data.

We will present a few applications of the deep learning to remote sensing of cloud from satellite- and ground-based optical measurements. In optical remote sensing of clouds, three-dimensional (3-D) radiative transfer effects are a major source of retrieval errors. Radiative interactions operate across spatial elements of the cloudy atmosphere at a wide range of spatial scales. Radiance measured at each pixel of an image taken by a satellite-based imager or ground-based camera is influenced by not only cloud density and microphysical properties along the line of sight but also the spatial distribution of clouds in a wide domain surrounding the line of sight. Although the retrieval of cloud properties is usually based on the independent pixel approximation assuming a plane-parallel, homogeneous cloud for each image pixel, the 3-D radiative interaction makes it difficult to retrieve cloud properties at pixel level if one uses single-pixel radiances solely. Thus, use of multiple pixels looks attractive, offering a great potential to accurately retrieve cloud properties from an image. Convolutional neural networks (CNNs) naturally traces the 3-D radiative effects that appear across image pixels, which traditional single-pixel approaches cannot capture. We have thus developed deep learning models to estimate the spatial distribution of cloud properties from multi-spectral, multi-pixel cloud retrieval from satellite imagery and images taken by a ground-based digital camera. Training data of pseudo-observation radiances are made from simulations using a Monte Carlo 3-D radiative transfer model for cloud fields simulated by a large eddy simulation model with high spatial resolution. In this case, the deep learning model is trained to learn the multi-scale spatial structure of clouds in addition to the complicated relationships between cloud properties and radiances. Deep CNNs show high retrieval accuracy for cloud properties such as cloud optical thickness and effective droplet radius from multi-spectral images of visible, near-infrared, and shortwave infrared channels, efficiently deriving the spatial distribution of cloud properties at multiple pixels all at once from radiances at multiple pixels. By using multi-scale features in the images, it is possible to recover the information lost in 3-D radiative transfer. Results show significantly better accuracy compared with traditional approaches.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：深層学習、リモートセンシング、雲、放射伝達
Keywords: deep learning, remote sensing, cloud, radiative transfer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全方位カメラ画像を用いた夜間の雲量時系列化
Time series of cloud cover during the night derived from an omnidirectional camera

*宮部 花鈴[1]、小郷原 一智[1]
*Karin miyabe[1], Kazunori Ogohara[1]

1. 滋賀県立大学
1. University of Shiga Prefecture

我々の生活は,身近な大気環境に深く関係している.例えば霧は陸上・海上を問わず発生し,視程不良害の原因となり様々な事故を引き起こしている.また,風速が大きいとレジャー施設は運行停止しなければならず,気温が低かったり,天気が悪いと気象病の発生頻度が高くなる.このようなことから,天気予報では得ることのできないより詳細な環境変化の予測が現在必要とされている.

時間的・空間的に詳細な環境予測を必要とする物理量には,気温,風向,風速,湿度などがあるが,加えて晴曇の判断材料になる雲量もある.雲量を予測できれば,より精度の高い環境予測が可能であると期待できる.先行研究で昼の全方位カメラ画像による雲量時系列化がすでに行われているため,本研究は夜の全方位高感度カメラ画像による雲量時系列化を目的とした.また,撮影した全方位カメラ画像は歪みが発生している可能性があるため,画像の歪み補正の手法も検討した.

本研究は,エンコーダ-デコーダ型畳込みニューラルネットワークの一種であるU-netで全方位カメラ画像を画像セグメンテーションすることで夜間の画像の雲量導出を行った.夜間の画像に対する精度はAUCが0.985であった.画像に雨粒が写っている画像に対しての雲量導出も行ったが,AUCが0.984と精度の高い結果を得られた.しかし,朝方・夕方の画像の場合はAUCが0.952と精度が低下し,本手法は有効ではないことが確認できた.最後に,画像の歪み補正によって,より正確だと考えられる雲量を導出した.

キーワード：雲量
Keywords: Cloud cover

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全天空画像および基本気象要素を用いた雲量の時系列予測
Time series prediction of cloud cover using whole-sky images and meteorological elements

*小郷原 一智[1]、園田 哲平[2]
*Kazunori Ogohara[1], Teppei Sonoda[2]

1. 滋賀県立大学工学部、2. 滋賀県立大学大学院工学研究科
1. School of Engineering, University of Shiga Prefecture, 2. Graduate School of Engineering, University of Shiga Prefecture

Prediction of the sky conditions is becoming important in several sectors of society. The most typical codition of the sky is cloud cover (CC). CC should have a correlation to air temperature, ground temperature, humidity, and solar radiation, etc. Therefore, prediction of CC is highly significant from the perspective of social application and should have a large impact on accuracy of time-series prediction of other variables.
We have developed a novel method for segmentation of cloud areas in whole-sky images using an encoder-decoder based convolutional neural network to derive CC from images observed by an omnidirectional camera. F-measure for cloud obtained by 10-fold cross validatoin was 0.86. We could generate time series of daytime CC for 1.5 years using the proposed method.
We have tried to predict CC after one hour based on time series of CC itself and solar radiation using recurrent neural network. RMSE of CC between the observed and predicted time series is 0.022 and the predicted time series of CC is more accurate than the persistence model. However, predicted CC tends to get close to 0.4-0.5 and the phase shift like the persistence model is partially seen.

キーワード：時系列予測、画像領域分割、深層学習
Keywords: time-series prediction, image segmentation, deep learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

時系列データに基づく帰納的降水量予測の基礎検討
Fundamental investigation about the inductive prediction of precipitation based on the time series data

*松本 直樹[1]、冨田 智彦[1]、福井 健一[2]
*Naoki Matsumoto[1], Tomohiko Tomita[1], Kenichi Fukui[2]

1. 熊本大学、2. 大阪大学
1. Kumamoto Univ., 2. Osaka Univ.

本研究は、地点観測データに人工ニューラルネットワーク（ANN）を適用し、短期降水量予測を行う場合の、特に訓練データの改善がもたらす予測精度の向上に関する基礎的検討を行う。

使用データは、気象庁編集の降水量・気温・気圧・蒸気圧・風速・風向の1時間間隔データであり、ANN予測モデルは、多層パーセプトロンを用い構築されている。これらのデータとANN予測モデルを用い、本研究では、熊本の時間降水量の変化予測を試みる。そして、訓練データを系統的に変えることで、短期降水量予測の精度がいかに改善されるかを調査する。特に降水量予測に対する各観測パラメータの寄与を調査、そして熊本の周辺地点の考慮により予測結果がいかに改善されるかを調査する。なお予測結果の評価については、大雨予測にとって重要な時間降水量の極大値・極大値の出現時刻、の比較による検証と、一般的な予測値と正解値の誤差平方和を用いた。

結果は、まず、西方地点データの訓練データへの取り込みが熊本の時間降水量予測に効くことを見出す。そして、訓練データにおいて、降水がない期間のデータを削除することにより、予測における極大値の大きさが削除前の正解値比30%から削除後の80%へと大きく改善されることを見出す。さらに、予測への蒸気圧の寄与が大きくなることを見出す。訓練データにおいて考慮する、観測パラメータ、入力地点データ、そして予測のリードタイムを変えることにより、降水量予測はいかに改善されるか、引き続き検討をすすめる。

なお本研究は、高度な観測データが得られない地点などでの簡易降水量予測モデルの構築改善に貢献するであろう。

キーワード：人工ニューラルネットワーク、時間降水量予測
Keywords: artificial neural network, prediction of hourly precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

機械学習を用いたSAR画像中の船舶の検出
Identification of ships image on SAR data using machine learning

*園家 俊[1]、出村 裕英[1]
*Takashi Sonoke[1], Hirohide Demura[1]

1. 会津大学
1. University of Aizu

SAR(Synthetic Aperture Radar) has been popular in Earth remote sensing because this is available for all-weather and night time, unlike optical sensors. The identification of ships has been remarked from viewpoints of coast guard such as finding and monitoring marine accidents and poaching boats without Automatic Identification System (AIS). Current monitoring such situations still has been a visual inspection. This brings some difficulties such as too huge area, too time-consuming processes and so on to monitor them. So, screening candidates of ships have been required for helping the watchers. Machine learning is one of the best solutions because usual visual inspections have been substituted by the recent AI trend.
This research adopts the Convolutional Neural Network (CNN) because this is the most popular approach in image analysis. We have many uses with CNN in image recognition. This research verifies whether a ship image on SAR can be identified by CNN. This research used SAR images of PALSAR2/ALOS2 with a resolution of 10 m/pixel, polarization is HV (horizontal transmitting, vertical receiving) for the identification of ships. This machine learning needs a set of labeled data with positive/negative. The label is given to ship image on SAR using AIS. Results with PALSAR 2 data with a resolution of 10 m / pixel showed high accuracy of 95%. This research showed the availability of a method to discover ships from SAR images using CNN. In the future, this research will classification of ships not only identification. This research will examine how the change of SAR image due to marine weather affect machine learning. I would like to discuss with marine weather experts at JpGU.

キーワード：SAR、深層学習、畳み込みニューラルネットワーク、船
Keywords: SAR, Deep learning, CNN, Ship

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[A-CG37] 北極域の科学

コンビーナ:漢那 直也(北海道大学北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)、中村 哲(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、鄭 峻介(北海道大学 北極域研究センター)、座長:中村 哲(北海道大学地球環境科学研究院)、鄭 俊介(北海道大学 北極域研究センター)

近年の地球温暖化に伴う気候変動が自然界のフィードバックを介して最も顕著に現れるのが、北極圏およびその周極地域である。特に近年顕著な海氷面積の減少、氷河・永久凍土の融解、水産資源の変化、北極圏とその周辺の異常気象などは、社会的な関心も高く、そのプロセスの理解のために気圏―水圏―陸圏の総合的・学際的な研究が進行中である。2007年から継続している本セッション「北極域の科学」では、北極域の温暖化、水循環、生態系、大気上下結合など、北極域で起こっている諸現象を包括的に探求するとともに、先端研究の最新情報を共有して総合的議論を深めることを目的とする。北極研究を取り巻く現状に鑑み、人文・社会科学分野および学際的分野における研究発表や、ArCS北極域研究推進プロジェクトの成果発表も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[ACG37-01] **Arctic midlatitude linkage modulated by the QBO**

*Jinro Ukita[1]、Kazuhiro Hoshi[1]、Meiji Honda[1]、Tetsu Nakamura[2]、Koji Yamazaki[2] (1.Niigata University、2.Hokkaido University)

9:15 ~ 9:30

[ACG37-02] **北極振動と南極振動とのシンクロ**

*立花 義裕[1]、井上 裕介[1]、小松 謙介[1]、中村 哲[2]、本田 明治[3]、緒方 香都[1,4]、山崎 孝治[2] (1.三重大学、2.北海道大学、3.新潟大学、4.気象庁)

9:30 ~ 9:45

[ACG37-03] Marginal ice zone sea ice observations in the refreezing Chukchi Sea

*野瀬 毅彦[1]、小平 翼[1]、早稲田 卓爾[1]、猪上 淳[2] (1.東京大学、2.国立極地研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG37-04] **東ユーラシアの5つの領域における機械学習を使った森林火災と大気汚染の予測**

*安成 哲平[1,2]、瀧川 一学[3]、Kim Kyu-Myong[4]、da Silva Arlindo[4] (1.北海道大学　大学院工学研究院、2.北海道大学　北極域研究センター、3.北海道大学　大学院情報科学研究科、4.NASA Goddard Space Flight Center)

10:00 ~ 10:15

[ACG37-05] Hydrological Changes in the Four Largest Siberian Arctic River Basins

*鈴木 和良[1]、檜山 哲哉[2]、市井 和仁[3]、飯島 慈裕[4]、松尾 功二[5]、山崎 大[6,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.千葉大学、4.三重大学生物資源学研究科、5.国土地理院、6.東京大学生産技術研究所)

10:15 ~ 10:30

[ACG37-06] LバンドSARによる中央ヤクーチアにおけるサーモカルストに伴う地盤沈下マッピング

*阿部 隆博[1]、岩花 剛[2,3]、田殿 武雄[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター、2.アラスカ大学フェアバンクス校 国際北極圏研究センター、3.北海道大学 北極域研究センター)

Arctic midlatitude linkage modulated by the QBO

*Jinro Ukita[1], Kazuhiro Hoshi[1], Meiji Honda[1], Tetsu Nakamura[2], Koji Yamazaki[2]

1. Niigata University, 2. Hokkaido University

We examined an observed relationship between the BKS sea ice variability and the midlatitudes cold anomaly and found that this relationship is highly dependent on the QBO phase, easerly (QBO-E) or westerly (QBO-W). For the QBO-E winters midlatitude cold (warm) anomalies appear significantly under the low (high) sea ice condition. On the other hand, such a relationship is not found in the QBO-W winters. This dependence is a robust feature. Atmospheric circulation anomalies related to the high and low sea ice conditions are also different between the two QBO phases. In the troposphere, stationary Rossby wave propagation from the BKS region and the negative NAO appear in QBO-E, along with weakened stratospheric polar vortex and downward propagation of the signals. For QBO-W, such tropospheric and stratospheric signals are mainly absent. Our results may provide an explanation for why some simulations suggest the presence of Arctic sea ice impacts on midlatitude surface temperature while others do not. The most important implication is that in the Arctic-midlatitudes climate linkage tropics also plays a key role.

Keywords: Arctic, QBO, sea ice, stratosphere, polar vortex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北極振動と南極振動とのシンクロ
Interhemispheric synchronization between the AO and the AAO

*立花 義裕[1]、井上 裕介[1]、小松 謙介[1]、中村 哲[2]、本田 明治[3]、緒方 香都[1,4]、山崎 孝治[2]
*Yoshihiro Tachibana[1], Yusuke Inoue[1], Kensuke K komatsu[1], Tetsu Nakamura[2], Meiji Honda[3], Koto Ogata[1,4], Koji Yamazaki[2]

1. 三重大学、2. 北海道大学、3. 新潟大学、4. 気象庁
1. Mie University, 2. Hokkaido University, 3. Niigata University, 4. Japan Meteorological Agency

１．研究の動機

北極振動と南極振動が同期して変動[TN1] していることを示した論文(Tachibana et al., Interhemispheric synchronization between the AO and the AAO, ***GRL,*** 45, DOI:10.1029/2018GL081002, 2018)について発表する．

北極振動は北半球で最も卓越する変動で,日本などの北半球の広い範囲の異常気象に影響する．例えば，当時における観測史上最高の猛暑となった2010年猛暑と北極振動の関係を示した研究(Otomi, Tachibana, Nakamura, 2012, ***Climate Dynamics***)．また,北極海氷減少と北半球の厳冬傾向が北極振動と関係する研究(Nakamura Yamazaki Honda et al., 2015, ***JGR***)．よって,北極振動の予測は経済社会的な観点からも危急の課題である．一方,南半球には南極振動があり,これはオゾンホールと強い関連があり,地球環境にきわめて重要である．北極と南極は地理学的に互い最も遠くに位置していることから，北極振動と南極振動の共変の存在を調べた研究は無かった．

しかしながら両者の関連性を示唆する研究がいくつか存在する．例えば，『北極振動がエルニーニョに影響が及ぼしている』ことを見いだした研究(Nakamura, Tachibana, Honda et al., 2006, ***GRL***, Oshika, Tachibana Nakamura, 2014, ***Climate Dynamics***, Nakamura Tachibana et al., 2015, ***Climate Dynamics***)．これは北極域のシグナルが遙か赤道域へ到達していることを示している．Guan and Yamagata (2001), Lu et al. (2008), and Guan et al. (2010)は，北半球と南半球の地上気圧はシーソーの関係があることを見いだした．Eguchi and Kodera (2007)やKodera (2011)は両半球で発生する成層圏突然昇温(SSW)は熱帯の対流活動に影響を及ぼすことを見いだした．

これらの研究の深化として，「北極振動と南極振動はシンクロしているのではないか？」という着想となった．つまり,「極の影響が赤道に及ぶのならば,影響された赤道の変動を通して,若しくは赤道を通り越して,他方の極にまで至ることがあるのではないか」という発想である．

北極振動と南極振動のシンクロが立証されれば, 北半球の異常気象を予知するためには南半球大気変動を知る必要があることなど，従来の常識を覆すものとなろう．

2．結果

JRA55再解析を用いた解析を行った．図１に示すように，2月と10月に有意な正相関が見られ，お互いシンクロしている．このシンクロと熱帯SSTとの関係はほぼ無かったことと，SSTを気候値に固定したAGCMでもシンクロが見られたことにより，SST駆動では無い．我々は，片方の極で発生するSSWに伴う成層圏子午面循環が，熱帯の対流活動の強弱を介し，それがさらに反対の極へ遠隔的に影響を及ぼすプロセスがシンクロの原因の一つの候補と考える．詳細はTachibana et al., (2018, ***GRL***)をご覧いただきたい．

図１の説明：北極振動指数と南極振動指数の時系列．北極（南極）振動指数は，北緯（南緯）４０度と６５度の東西平均SLPの差で定義した．

３．参考文献

Tachibana, Y., Y. Inoue, K. K. Komatsu, T. Nakamura, M. Honda, K. Ogata, and K. Yamazaki (2018), Interhemispheric synchronization between the AO and the AAO, ***Geophysical Research Letters,*** 45

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

,13477-13484, DOI:10.1029/2018GL081002

Nakamura, T., Tachibana, Y., Honda, M., & Yamane, S. (2006). Influence of the Northern Hemisphere annular mode on ENSO by modulating westerly wind bursts. ***Geophysical Research Letters***, **33**, L07709. https://doi.org/10.1029/2005GL025432

Nakamura, T., Tachibana, Y., & Shimoda, H. (2007). Importance of cold and dry surges in substantiating the NAM and ENSO relationship.***Geophysical Research Letters***, **34**, L22703. https://doi.org/10.1029/2007GL031220

Oshika, M., Tachibana, Y., & Nakamura, T. (2014). Impact of the winter North Atlantic Oscillation (NAO) on the Western Pacific (WP) pattern in the following winter through Arctic Sea ice and ENSO: Part I—Observational evidence. ***Climate Dynamics***, **45**(5-6), 1355–1366. https://doi.org/10.1007/s00382-014-2384-1

Nakamura, T., Oshika, M., Hara, M., & Tachibana, Y. (2015). Impact of the winter North Atlantic Oscillation (NAO) on the Western Pacific (WP) pattern in the following winter through Arctic sea ice and ENSO. Part II: Multi-model evaluation of the NAO-ENSO linkage. ***Climate Dynamics***, **45**(11-12), 3547–3562. https://doi.org/10.1007/s00382-015-2556-7

Eguchi, N., & Kodera, K. (2007). Impact of the 2002, southern hemisphere, stratospheric warming on the tropical cirrus clouds and convective activity. ***Geophysical Research Letters***, **34**, L05819. https://doi.org/10.1029/2006GL028744

Kodera, K., Eguchi, N., Lee, J. N., Kuroda, Y., & Yukimoto, S. (2011). Sudden change in the tropical straospheric and tropopshperic circulation during January 2009. ***Journal of the Meteorological Society of Japan***, **89**(3), 283–290. https://doi.org/10.2151/jmsj.2011-3

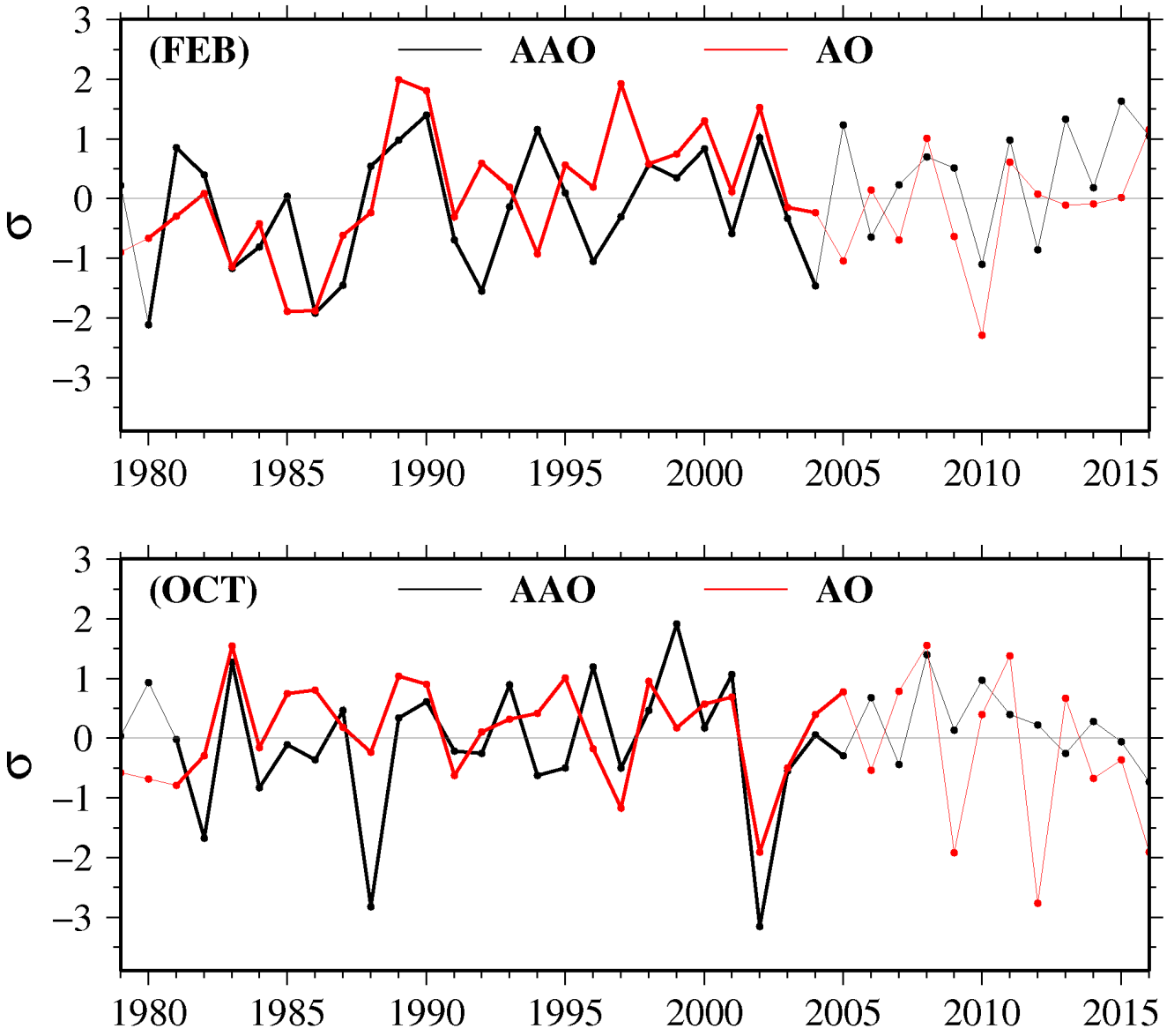
Guan, Z., & Yamagata, T. (2001). Interhemispheric oscillations in the surface air pressure field. ***Geophysical Research Letters***, **28**, 263–266. https://doi.org/10.1029/2000GL011563

Guan, Z., Lu, C. H., Mei, S. L., & Cong, J. (2010). Seasonality of interannual inter-hemispheric oscillations over the past five decades. ***Advances in Atmospheric Sciences***, **27**(5), 1043–1050. https://doi.org/10.1007/s00376-009-9126-z

Lu, C., Guan, Z., Mei, S., & Yujing, Q. (2008). The seasonal cycle of interhemispheric oscillations in mass field of the global atmosphere. ***Chinese Science Bulletin***, **53**(20), 3226–3234. https://doi.org/10.1007/s11434-008-0316-3

キーワード：成層圏子午面循環、両極突然昇温、大気大循環モデル
Keywords: Arctic Oscillation, Antarctic Oscillation, sudden stratospheric warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Marginal ice zone sea ice observations in the refreezing Chukchi Sea

*野瀬 毅彦[1]、小平 翼[1]、早稲田 卓爾[1]、猪上 淳[2]
*Takehiko Nose[1], Tsubasa Kodaira[1], Takuji Waseda[1], Jun Inoue[2]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所
1. The university of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research

Regions in the Arctic Ocean that were inaccessible in November are now open for navigation, even for non-icebreakers, and R/V Mirai, a Polar Class 6 vessel, carried out a late autumn voyage in 2018. It conducted a 12-day sea ice observation campaign during the 9th–20th of November along a fixed Marginal Ice Zone (MIZ) transect in the eastern Chukchi Sea and obtained first-hand observations at a time when research vessels are rarely in the sea. Satellite sea ice data were compared with the shipboard observations and compared relatively well. A sequence of events to describe the observations are grouped and described in four phases: 9th–13th, “Sea ice growth under relatively calm wind conditions”; 14th–16th, “the on-ice wave event, sea ice break up, and subsequent sea ice advance”; 17th–18th, “sea ice retreat or a mass shift under moderate easterly winds”; and 19th–20th, “warming sea surface temperature (SST) under strengthening cold off-ice winds and air temperatures below -10 ˚C”. Shipboard and ERA5 reanalysis data were analysed to identify physical processes that affect the Chukchi Sea refreezing process. Sea ice conditions during the first two phases appear to be influenced primarily by surface winds whereas the analysis suggests a driver of sea ice conditions in the latter phases were due to ocean interior processes. The MIZ transect waters became heavily ice covered within five days after R/V Mirai began its return voyage, so the observation period covered most of the refreezing process along the transect water.

キーワード：みらい、チュクチ海、海氷域
Keywords: R/V Mirai, Marginal Ice Zone, sea ice, refreezing ocean, the Chukchi Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東ユーラシアの5つの領域における機械学習を使った森林火災と大気汚染の予測

Prediction of wildfire and air pollution with machine learning over the five domains of Eastern Eurasia

*安成 哲平[1,2]、瀧川 一学[3]、Kim Kyu-Myong[4]、da Silva Arlindo[4]
*Teppei J Yasunari[1,2], Ichigaku Takigawa[3], Kyu-Myong Kim[4], Arlindo M da Silva[4]

1. 北海道大学　大学院工学研究院、2. 北海道大学　北極域研究センター、3. 北海道大学　大学院情報科学研究科、4. NASA Goddard Space Flight Center
1. Faculty of Engineering, Hokkaido University, 2. Arctic Research Center, Hokkaido University, 3. Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University, 4. NASA Goddard Space Flight Center

Under the ongoing global warming, necessity of better forecasting on wildfires and its air pollutions is increasing. In the last year, we carried out a preliminary wildfire prediction using the areal-averaged monthly mean data over a large Siberian domain (Yasunari et al., 2018, presented at AGU Fall Meeting 2018: http://bit.ly/2PG1bmK). Here we extend our previous analysis of machine learning and prediction into the five separated domains over the Arctic and sub-Arctic regions over Eastern Eurasia including Siberia, East Asia, Far East, etc. We use the same monthly mean dataset during 2003-2017 as we did in the last year above (i.e., NASA’s FEER fire data, MODIS Snow Cover Fraction, SCF, Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2, MERRA-2). The time periods of 2003–2014 and 2015–2017 focus on learning and prediction. Areal averaged data for objective (i.e., wildfire and air pollution variables) and explanatory variables (i.e., snow, temperature, wind, surface soil wetness, precipitation, geopotential height, etc.) over the defined five domains over Eastern Eurasia (Domain 1: 57°–70°N, 60°–90°E; Domain 2: 57°–70°N, 90°–140°E; Domain 3: 60°–70°N, 140°–180°E; Domain 4: 42.5°–57°N, 60°–90°E; Domain 5: 42.5°–57°N, 90°–140°E) are calculated, together with producing monthly time-lagged data for explanatory variables up to six months (i.e., total 174-month data available during 2003 and 2017). In addition, we made different areal-averaged fire pixel count data in which some smaller fires were removed with defined thresholds to remove expected human-made fires such as bonfires (i.e., assumed natural fire cases). If the areal-averaged fire data under the thresholds on a specific month showed no fire, we replaced that data to zero (i.e., used for our analyses but treated as zero fire data on that month).
Using Random Forest Regression, for example, in the machine learning, except for Domain 5, all the fire-included case showed the worse prediction score than those of the assumed natural fire cases. This implies that smaller fire cases, which were likely ignited by human activities or others, would be one of the causes for making wildfire predictions worse. However, over Domain 5, all the fire-included case showed the best probably because the assumed natural fire case was probably affected by the unusual large-scale wildfire events (i.e., outliers). These significantly large-scale wildfire cases also likely to make predictions worse because of not enough such cases existing in the training data (i.e., not frequent). In addition, these outliers might happen under unusual climatic and environmental conditions. How to include more large-scale fire cases in training data would be one of the important future targets on wildfire prediction with machine learning. On the day of the presentation, we’ll also show the results for air pollution prediction.

キーワード：北極、森林火災、大気汚染、PM2.5、機械学習、シベリア

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Arctic, wildfire, air pollution, PM2.5, machine learning, Siberia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydrological Changes in the Four Largest Siberian Arctic River Basins

*鈴木 和良[1]、檜山 哲哉[2]、市井 和仁[3]、飯島 慈裕[4]、松尾 功二[5]、山崎 大[6,1]
*Kazuyoshi Suzuki[1], Tetsuya Hiyama[2], Kazuhito Ichii[3], Yoshihiro Iijima[4], Koji Matsuo[5], Dai Yamazaki[6,1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 千葉大学、4. 三重大学生物資源学研究科、5. 国土地理院、6. 東京大学生産技術研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Chiba University, 4. Graduate School of Bioresources, Mie University, 5. Geospatial Information Authority of Japan, 6. Institute of Industrial Sciences, The University of Tokyo

The Arctic freshwater budget affects global climate and is critical for understanding the climate in polar regions. However, the hydrology of the largest Eurasian Arctic rivers is still not understood well. In this paper, we analyze spatiotemporal variations in hydro-climatological factors related to four of the largest Siberian Arctic river basins (Ob, Yenisey, Lena, and Kolyma). To examine recent hydro-climatological changes in these river basins, we utilize monthly observation-based gridded meteorological and evapotranspiration data, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)-based products such as the snow area fraction (SAF) and normalized vegetation index (NDVI), global land data assimilation system products, and Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) data from 2000 to 2016. Combining these with river runoff data, we identify how river runoff shifted from June to May during the study period. River runoff in May significantly increased although there was no clear trend in annual discharge. In addition, SAF decreased drastically in April and this is evidence that spring snow coverage in Siberian basins is shrinking and snowmelt is shifting toward earlier. On the other hand, we found the positive trend in summer NDVI. Focusing on permafrost distribution, this paper will discuss the correlation in the temporal lag between the water cycle and vegetation activity.

キーワード：積雪、植生、永久凍土
Keywords: Snow, Vegetation, Premafrost

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

LバンドSARによる中央ヤクーチアにおけるサーモカルストに伴う地盤沈下マッピング

Mapping thermokarst subsidence in Central Yakutia using L-band SAR interferometry

*阿部 隆博[1]、岩花 剛[2,3]、田殿 武雄[1]
*Takahiro Abe[1], Go Iwahana[2,3], Takeo Tadono[1]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター、2. アラスカ大学フェアバンクス校 国際北極圏研究センター、3. 北海道大学 北極域研究センター
1. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. International Arctic Research Center, University of Alaska, Fairbanks, 3. Arctic Research Center, Hokkaido University

Thermokarst is an irreversible phenomenon with geomorphological change, resulted from the thawing of ice-rich permafrost or the melting of massive ice. The formation of large depressions in the ground surface by thermokarst processes results in surface inundation, and causes damages on infrastructure. Central Yakutia in Eastern Siberia is one of the regions where ice-rich permafrost is broadly distributed. The remarkable surface subsidence due to thermokarst has been observed in recent years, which could cause destruction of building and infrastructure in this area (Shiklomanov et al., 2017; Hjort et al., 2018). The thermokarst settlement are frequently observed in continuous permafrost zones in arctic regions, especially in Alaska and the Northeastern Siberia. However, it is so difficult to know where and how surface deforms in vast permafrost zones.

Remote sensing technique, especially Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR), has a great potential to monitor the thermokarst subsidence, and seasonal permafrost melting and heaving. SAR sends microwave toward ground, and receive the reflected and scatter signals under all-weather and day-and-night condition without any instrument on ground. Thus, InSAR can provide essential information to understand thawing process of ice-rich permafrost and to predict the future stage over arctic permafrost region. Many studies about permafrost dynamics using SAR images have been reported so far (e.g., Liu et al., 2010; Iwahana et al., 2016; Antonova et al., 2018; Strozzi et al., 2018), but there is no study using SAR in Central Yakutia.

In this study, we used ALOS/PALSAR (2007-2010) and ALOS-2/PALSAR-2 (2014-2018) images to examine ground subsidence caused by thermokarst development. GAMMA software was used to generate Single Look Complex data from Lv1.0 data in ALOS/PALSAR and Lv1.1 data in ALOS-2/PALSAR-2. ALOS world DEM derived from ALOS/PRISM was used to simulate and remove topographic effect. We generated many interferograms, selected some of them, and applied stacking procedure weighted on period between two SAR data acquisition time, estimating the mean change rate along line of sight (LOS). Assuming ground displacement is only vertical component, the LOS change was converted to vertical displacement using incidence angle.

At the last JpGU, we reported ground subsidence in Mayya, on the right bank of Rena River, Central Yakutia, derived from ALOS/ALOS-2 InSAR stacking. To validate the InSAR signals, we carried out the ground observation in Mayya at the end of September, 2018. As a result, the subsidence rate of 2-3 cm/yr was obtained at the two measurement points in 2017-2018. The result of ground observation is consistent with that of InSAR result from ALOS-2. We also went to some places where there are

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

subsidence signals in the ALOS-2 results. As a consequence, the two large subsidence signals were found in alasses. Alas is considered as a final geomorphological stage of old thermokarst development. Significant amount of the subsidence may be due to consolidation settlement associated with soil desiccation under recent dry climate conditions. However, judging from new developments of polygonal subsidence in the bottom areas of alasses, ground ice still remains under the alasses, which may cause further thermokarst progress.

Moreover, we extended our target to other cities, Amga, and Churapcha, where thermokarst has been also developing (e.g., Saito et al. 2018). The similar subsidence signals were obtained in the two cities, where it is in area of many polygons. It suggests that the signals be presumably due to thermokarst development.

キーワード：永久凍土、サーモカルスト、合成開口レーダー、干渉SAR、ALOS-2、ALOS
Keywords: Permafrost, Thermokarst, Synthetic Aperture Radar (SAR), SAR Interferometry, ALOS-2, ALOS

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[A-CG37] 北極域の科学

コンビーナ:漢那 直也(北海道大学北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)、中村 哲(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、鄭 峻介(北海道大学 北極域研究センター)、座長:鄭 俊介(北海道大学 北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)

近年の地球温暖化に伴う気候変動が自然界のフィードバックを介して最も顕著に現れるのが、北極圏およびその周極地域である。特に近年顕著な海氷面積の減少、氷河・永久凍土の融解、水産資源の変化、北極圏とその周辺の異常気象などは、社会的な関心も高く、そのプロセスの理解のために気圏―水圏―陸圏の総合的・学際的な研究が進行中である。2007年から継続している本セッション「北極域の科学」では、北極域の温暖化、水循環、生態系、大気上下結合など、北極域で起こっている諸現象を包括的に探求するとともに、先端研究の最新情報を共有して総合的議論を深めることを目的とする。北極研究を取り巻く現状に鑑み、人文・社会科学分野および学際的分野における研究発表や、ArCS北極域研究推進プロジェクトの成果発表も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[ACG37-07] 東シベリア・バタガイ周辺における森林火災に伴う永久凍土の融解沈下と凍上量の時空間変化

*柳谷 一輝[1]、古屋 正人[2] (1.北海道大学大学院理学院、2.北海道大学大学院理学研究院)

11:00 ~ 11:15

[ACG37-08] 近年の気候変動に伴う凍土海岸変動ダイナミクス：西シベリア北極海カラ海の例

*Kioka A.[1,2]、Isaev V.S.[2]、Koshurnikov A.V.[2]、Pogorelov A.[2]、Amangurov R.M.[2]、Podchasov O.[2]、Sergeev D.O.[3]、Buldovich S.N.[2]、Aleksyutina D.M.[4]、Grishakina E.A.[5] (1.インスブルック大学地質学専攻、2.モスクワ大学凍土学専攻、3.ロシア科学アカデミーSergeev環境地球科学研究所、4.モスクワ大学北極域地生態研究センター、5.ロシア科学アカデミーVernadsky地球化学・分析化学研究所)

11:15 ~ 11:30

[ACG37-09] グリーンランド北西部Heilprin氷河の末端位置変動における基盤地形の影響

*浅地 泉[1,2]、榊原 大貴[3]、安藤 卓人[3]、杉山 慎[1] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.北海道大学北極域研究センター)

11:30 ~ 11:45

[ACG37-10] グリーンランド北西部カナック氷河における融解水の流出と洪水

*近藤 研[1,2]、榊原 大貴[3,2]、福本 峻吾[1,2]、杉山 慎[2] (1.北海道大学環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.北海道大学北極域研究センター)

11:45 ~ 12:00

[ACG37-11] グリーンランド北西部のシオラパルク付近におけるおろし風の出現頻度

*橋本 明弘[1]、山崎 哲秀[2]、青木 輝夫[3,1]、庭野 匡思[1]、山口 悟[4] (1.気象研究所、2.アバンナット北極プロジェクト、3.岡山大学　大学院自然科学研究科、4.防災科学技術研究所　雪氷防災研究センター)

12:00 ~ 12:15

[ACG37-12] Impacts of clouds on the Greenland ice sheet surface melt and mass balance

*庭野 匡思[1]、橋本 明弘[1]、青木 輝夫[2] (1.気象研究所、2.岡山大学大学院自然科学研究科)

東シベリア・バタガイ周辺における森林火災に伴う永久凍土の融解沈下と凍上量の時空間変化

Spatiotemporal variation of thaw subsidence and frost heave of permafrost caused by wildfire around Batagay, East Siberia

*柳谷 一輝[1]、古屋 正人[2]
*Kazuki Yanagiya[1], Masato Furuya[2]

1. 北海道大学大学院理学院、2. 北海道大学大学院理学研究院
1. Graduate School of Science, Hokkiado University, 2. Faculty of Science, Hokkaido University

永久凍土融解による土壌有機炭素の大気中への放出は温暖化に正のフィードバックをもたらし(Shuur et al., 2015)，気候変動予測に必要な陸域炭素収支を推定するためには,従来よりも広域かつ定量的な融解量の観測が求められる．しかし，従来型の現地調査だけで北半球の約 1/4 の陸地面積を占める永久凍土を包括的に観測することは容易でない．また，光学衛星や航空写真による観測は，天候により得られるデータが限られ，地下構造である永久凍土の様態を反映するデータは得られない．この問題に対し，2010 年頃から合成開口レーダー干渉法（InSAR; Interferometric Synthetic Aperture Radar）を用いて地盤変動を観測する先行研究が始められた．ただし，それらの先行研究は現地調査との比較検証がしやすいアラスカ・カナダ・シベリアの一部の地域に限られていた(Liu et al., 2010; Short et al., 2011;Antonova et al., 2018).

本研究が対象とする東シベリアの Batagay(北緯 67 度 39 分，東経 134 度 39 分)の南東部には永久凍土融解に伴う崩落地形が存在する．当初は地盤変動が活発な地域と予想してInSAR による観測を開始したが，Batagay から北西に約 10 kmの丘陵部で 2014 年 7 月に火災が発生し，その跡地で顕著な地盤変動が生じていることを発見した．森林火災による地表面植生の損失は永久凍土の融解を促し，火災後数年~十数年にわたって継続的な融解をもたらす(Yoshikawa et al., 2003)．また，近年の温暖化に伴い森林火災の頻度や規模は北極域で増加していることも踏まえると(Alexander et al., 2018; Gibson et al., 2018; Masrur et al., 2018)，北極圏の森林火災跡地の地盤変動の時空間変化を解明することが重要であると考えた．

本研究では 2014年に発生した森林火災跡地の地盤変動について，L バンド SAR 衛星の ALOS2 と C バンド SAR 衛星の Sentinel-1 のデータを用いて，2014 年から 2018 年の期間で干渉画像を作成し地盤変動を検出した．経年的な変動は波長の長い ALOS2のデータにより解析し，衛星視線方向にして最大10cmの融解沈下が火災後 2-3 年以降において継続していることを明らかにした．また，2017-2018年の季節的変動については，ALOS2 と Sentinel-1 のデータを解析し結果を比較した．季節的な融解・凍上量は非火災跡地と比較して増加しており，2 つの SAR衛星の解析結果間で整合的な変動量を得た．特に時間分解能の高いSentinel−1のデータより，火災跡地における融解-凍結-凍結終了までの詳細な時間変化を明らかにした．InSAR によって得られた地盤変動量から，永久凍土の融解量を推定することが可能となれば，北極域における陸域炭素収支の不確実性を減少させることが期待できる．そのような物理モデルは議論の最中であり(Liu et al., 2014; Hu et al., 2018; Molan et al., 2018)，本研究では Molan et al., (2018)のモデルを本研究地域で検証すると共に，丘陵部である本研究地域で想定される斜面方向の変動を考慮したモデルの発展を試みた．

キーワード：永久凍土、InSAR、ALOS2、Sentinel-1、森林火災、Batagay
Keywords: permafrost, InSAR, ALOS2, Sentinel-1, wildfire, Batagay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

近年の気候変動に伴う凍土海岸変動ダイナミクス：西シベリア北極海カラ海の例

Influence of recent climate change on permafrost coast dynamics in the Kara Sea, Russian Arctic Ocean

*Kioka A.[1,2]、Isaev V.S.[2]、Koshurnikov A.V.[2]、Pogorelov A.[2]、Amangurov R.M.[2]、Podchasov O.[2]、Sergeev D.O.[3]、Buldovich S.N.[2]、Aleksyutina D.M.[4]、Grishakina E.A.[5]
*A. Kioka[1,2], V. S. Isaev[2], A. V. Koshurnikov[2], A. Pogorelov[2], R. M. Amangurov[2], O. Podchasov[2], D. O. Sergeev[3], S. N. Buldovich[2], D. M. Aleksyutina[4], E. A. Grishakina[5]

1. インスブルック大学地質学専攻、2. モスクワ大学凍土学専攻、3. ロシア科学アカデミーSergeev環境地球科学研究所、4. モスクワ大学北極域地生態研究センター、5. ロシア科学アカデミーVernadsky地球化学・分析化学研究所
1. Institut für Geologie, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Austria, 2. Department of Geocryology, Lomonosov Moscow State University, Russia, 3. Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Science, Russia, 4. Research Laboratory of Geoecology of the Northern Territories, Lomonosov Moscow State University, Russia, 5. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Science, Russia

近年の北極域では、温暖化による凍土海岸の後退の加速が知られており、凍土海岸沿いの人々の暮らしやインフラにとって脅威となっている。特に、本研究対象のカラ海（西シベリア）海岸の全長は北極海最長で、全北極海海岸の25%以上を占める。しかしカラ海沿岸は、全北極海沿岸の中で最も報告例が少ないと言われている。実際には、カラ海では半世紀以上にわたり凍土岸の研究が行われてきたが、海氷と永久凍土の両方の影響を受けるカラ海沿岸が、どのように変動してきたかについて理解は依然乏しい。そこで、本研究ではまず、カラ海バイダラ湾沿岸の現地DGPS調査と衛星画像をもとに、2005～2016年における凍土海岸線の変位量を高分解能で観測した。その結果、特に2005～2013年の年間後退量は、ここ50年間で知られているカラ海沿岸の最大年間後退量に匹敵した。次に、観測された凍土海岸の変動を決める主要因を理解するために、土壌温度モニタリング、比抵抗イメージング、気象データ解析を行った。これらの結果、例えば、土壌温度の上昇やそれに伴う永久凍土厚の顕著な減少が確認されたが、これらは凍土岸の変位量の主要因ではないことがわかった。一方で、凍土岸の年間後退量は、海氷がない（Open water）時期に凍土岸が受けた波エネルギーと相関があることがわかった。即ち、海氷がない時期の波浪活動が、凍土海岸の侵食量やそれに伴う海洋への有機炭素フラックスに大きく左右し、凍土海岸沿いのインフラや海洋生態系に影響を及ぼすことを示唆している。なお発表者はArCS若手研究者派遣事業による助成を受けた。

キーワード：凍土海岸、カラ海、海氷、波エネルギー
Keywords: Permafrost coast, Kara Sea, Sea ice, Wind-driven ocean wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド北西部Heilprin氷河の末端位置変動における基盤地形の影響

Ice front variations of Heilprin Glacier in northwestern Greenland controlled by the ocean and glacier bed geometries

*浅地 泉[1,2]、榊原 大貴[3]、安藤 卓人[3]、杉山 慎[1]
*Izumi Asaji[1,2], Daiki Sakakibara[3], Takuto Ando[3], Shin Sugiyama[1]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 北海道大学北極域研究センター
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 3. Arctic Research Center, Hokkaido University

The Greenland ice sheet is losing mass under the influence of increasing surface melting and ice discharge from marine-terminating outlet glaciers. Better understanding of mechanisms controlling ice dynamics of marine-terminating glaciers is crucial for predicting future mass loss from the ice sheet. However, processes controlling rapid retreat of the glaciers are not well explained. As many Greenlandic glaciers thinned recent years, ice thickness near the current front position is possibly close to the hydrostatic equilibrium condition. Therefore, we hypothesize that a possible cause of recent rapid retreat of marine-terminating glaciers is surface lowering below the flotation level (ice surface elevation at which buoyancy and gravitational forces balance). Validation of this hypothesis requires detailed ice surface and bed elevation data near the calving front.

In this study, we measured bed topography and surface elevation of Heilprin Glacier in northwestern Greenland. Heilprin Glacier has a 6 km-wide terminus, which is currently separated to three calving fronts. The front position advanced by 800 m from 1990 to 2000, and retreated by 1 km from 2000 to 2009. We measured the ocean bed topography near the one of the calving front situated in the north, using a sonar fixed on a boat from 13 to 15 August, 2018. The surface elevation change from 2001 to 2012 was analyzed by using digital elevation models generated from satellite images acquired by an optical sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) mounted on the Terra satellite. We computed the flotation level from the bed elevation, and compared it with glacier surface elevation before and after the rapid retreat.

Near the studied glacier front, the fjord is deeper in the northern side of the glacier, and the maximum water depth in the region was 340 m. The glacier retreated by 1 km over this deepest area from 1998 to 2008. Analysis of the data showed that the glacier surface near the front in 2000 was 10 m below the flotation level, suggesting significant ice thinning prior to the rapid retreat. It is likely that the retreat of northern front of Heilprin Glacier was driven by thinning and ice flotation at the deepest area of the fjord.

キーワード：グリーンランド、カービング氷河、基盤地形
Keywords: Greenland, Calving glacier, Bed topography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド北西部カナック氷河における融解水の流出と洪水
Meltwater discharge and flooding of the outlet stream of Qaanaaq Glacier, northwestern Greenland

*近藤 研[1,2]、榊原 大貴[3,2]、福本 峻吾[1,2]、杉山 慎[2]
*Ken Kondo[1,2], Daiki Sakakibara[3,2], Shungo Fukumoto[1,2], Shin Sugiyama[2]

1. 北海道大学環境科学院、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 北海道大学北極域研究センター
1. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Arctic Research Center, Hokkaido University

Glacial meltwater discharge is increasing in Greenalnd under recent warming climate. As a consequence, floods and damages on infrastructures are reported at outlet streams of land terminating glaciers. For instance, discharge from Qaanaaq Glacier in northwestern Greenland rapidly increased on 21 July 2015 and 2 August 2016, leading to floods of a proglacial stream and destruction of a road between a settlement and Qaanaaq Airport. To better understand the mechanisms of the flood events at Qaanaaq Glacier, we investigated meteorological conditions during the 2015 and 2016 events by using AWS operated on the ice cap at 944 m a.s.l. (SIGMA-B) (Aoki et al., 2014). We performed field measurements in the summer 2017 and 2018 to investigate melting process of Qaanaaq Glacier and the response of the outlet discharge. These data were combined with surface mass balance of Qaanaaq Glacier observed from 2012 to 2018 to analyse the cause of floods in 2015 and 2016.

Surface mass balance was significantly more negative in 2015 and 2016 as compared to the other years. Glacier wide mass balance was −0.76±0.13 m w.e. in 2014/2015 and -0.28±0.7 m w.e. in 2015/2016. Before the floods, daily mean temperature rose above 5 ˚C for 5 days in 2015 and above freezing for almost a month in 2016 at SIGMA-B. Such warm conditions caused intensive melting over the entire glacier, resulting in saturation and disappearance of snowpack from the glacier below 950 m a.s.l. In addition to large exposure of ice surface, heavy rainfall (90 mm d^{-1}) occurred on the date of the flood in 2016. we assume that the exposed ice surface helped immediate runoff of a large amount of rainwater. These analyses suggested the loss of snow cover played a key role in the flood events in 2015 and 2016.

We measured discharge from Qaanaaq Glacier from 21 July to 3 August 2017. Stream discharge rapidly increased on 28 July 2017, leading to a peak value of 8.11 m^3 s^{-1}. From 21 to 28 July, snowline elevation rose from 500 to 650 m a.s.l. after intensive melting. Runoff measured before the peak discharge accounted for only 60 % of the estimated total glacier melt, indicating the rest of meltwater remained in snowpack on the glacier. These data suggested snowpack was saturated with meltwater, and rapidly released water during the period of rapid melting and upglacier snowline migration. Together with data obtained by similar measurements in 2018, we conclude that saturation and disappearance of snowpack are the key to predict rapid increase in stream discharge and flooding.

Reference:
Aoki, T., S. Matoba, J. Uetake, N. Takeuchi, and H. Motoyama (2014), Field activities of the “Snow Impurity and Glacial Microbe effects on abrupt warming in the Arctic” (SIGMA) Project in Greenland in 2011-2013, Bull. Glaciol. Res., 32, 3–20.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：氷河、グリーンランド、表面質量収支、淡水流出
Keywords: Glacier, Greenland, Surface mass balance, Freshwater runoff

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド北西部のシオラパルク付近におけるおろし風の出現頻度
Occurrence frequency of lee-side downslope winds near Siorapaluk in northwest Greenland

*橋本 明弘[1]、山崎 哲秀[2]、青木 輝夫[3,1]、庭野 匡思[1]、山口 悟[4]
*Akihiro Hashimoto[1], Tetsuhide Yamasaki[2], Teruo Aoki[3,1], Masashi Niwano[1], Satoru Yamaguchi[4]

1. 気象研究所、2. アバンナット北極プロジェクト、3. 岡山大学　大学院自然科学研究科、4. 防災科学技術研究所　雪氷防災研究センター
1. Meteorological Research Institute, 2. Avangnaq, 3. The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 4. Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

In early April 2018, Niwano et al. (2018) conducted the scientific traverse expedition “Snow impurity and glacial microbe effect on the abrupt warming in the Arctic (SIGMA) Traverse 2018”. The expedition crews had initially planned to depart Siorapaluk on April 2, 2018. However, their departure was delayed by four days because of strong winds and snow blocking the way. Numerical experiment showed that the strong wind had characteristics of a lee-side downslope wind (Hashimoto et al., 2018). Matoba and Yamasaki (2018) reported a sea ice outflow event and its damage to fishery along the coast of Qaanaaq (50-km southeast of Siorapaluk) in early December 2016, which was the first time experience for residents of Qaanaaq over the last 30 years. They assumed that northeasterly winds of more than 30 ms^{-1}on 6-hour average dispersed sea ice from the coast, based on observation data at Qaanaaq airport.

These strong wind events seriously affected the scientific activity and residents’ living, which motivate the authors to study occurrence characteristics of strong winds in the northwest Greenland. According to observation performed during 2016-2017 and 2017-2018 winter seasons in Siorapaluk, strong winds more than 15 ms^{-1}occur in several times. These winds are always from the north-northeast to the observation point, which means that these winds blow beyond the ridgeline in the north of Siorapaluk. Year-round observation in Qaanaaq shows that strong winds appear also in summer as well as in winter. Some strong wind events are found to occur simultaneously in Siorapaluk and Qaanaaq. Numerical simulations are conducted for the period from May 2017 to April 2018 by using the Japan Meteorological Agency’s non-hydrostatic model (JMA-NHM) with the 1-km horizontal resolution to reveal temporal and spatial distributions of strong winds and mechanisms causing them. Statistical features of strong winds and dynamical connections between synoptic and local wind systems will be presented in the meeting.

References

Matoba, S. and T. Yamasaki, 2018: Sea ice outflow damage to fishery in Qaanaaq, northwestern Greenland in December 2016. −Changes of the livelihood associated with social and environmental changes −. *Snow and Ice in Hokkaido*, **37**, 51-54.(in Japanese)
Niwano, M., T. Yamasaki and S. Yamaguchi, 2018: Arctic dog-sled expedition 2018, *Seppyo*, **80**, 588-592. (in Japanese)
Hashimoto, A., M. Niwano, S. Yamaguchi, T. Yamasaki and T. Aoki, 2018: Numerical simulation of lee-side downslope winds near Siorapaluk in northwest Greenland. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **48**, 5.05-5.06.

Acknowledgements

This work was partly supported by the Joint Research Program of the Institute of Low Temperature

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Science, Hokkaido University, Japan, and JSPS KAKENHI Grant Numbers, JP15H01733, JP16H01772, and JP17K12817.

キーワード：グリーンランド、おろし風、非静力学モデル
Keywords: Greenland, lee-side downslope wind, Non-hydrostatic model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impacts of clouds on the Greenland ice sheet surface melt and mass balance

*庭野 匡思[1]、橋本 明弘[1]、青木 輝夫[2]
*Masashi Niwano[1], Akihiro Hashimoto[1], Teruo Aoki[2]

1. 気象研究所、2. 岡山大学大学院自然科学研究科
1. Meteorological Research Institute, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

Clouds have been recognized to enhance surface melt on the Greenland Ice Sheet (GrIS). However, quantitative estimates of the effects of clouds on the GrIS melt area enhancement and resultant ice-sheet-wide surface mass balance modulations are still lacking. Here we assessed the effects of clouds with the state-of-the-art regional climate model NHM-SMAP (Niwano et al., 2018), conducting a numerical sensitivity test in which clear-sky downward radiations and adiabatic atmospheric conditions were assumed, although the precipitation rate was the same as in the control all-sky simulation. By including or excluding cloud effects, we quantified time-integrated feedbacks for the first time. We found that the surface melt area extent increased by 3.1%, 0.3%, and 0.7% (of the total GrIS area) by the presence of clouds during summer (June to August) in 2012, 2013, and 2014, respectively. During the same periods, clouds reduced solar heating and thus daily runoff by 1.6, 0.8, and 1.0 Gt day^{-1}, respectively: clouds did not enhance the GrIS surface mass loss. In the ablation area, the presence of clouds results in a reduction of downward latent heat flux at the snow/ice surface so that much less energy is available for the surface melt, which highlights the importance of indirect effects of clouds.

References:
Niwano, M., Aoki, T., Hashimoto, A., Matoba, S., Yamaguchi, S., Tanikawa, T., Fujita, K., Tsushima, A., Iizuka, Y., Shimada, R., and Hori, M. (2018): NHM–SMAP: spatially and temporally high-resolution nonhydrostatic atmospheric model coupled with detailed snow process model for Greenland Ice Sheet. The Cryosphere, 12, 635-655, doi:10.5194/tc-12-635-2018.

キーワード：グリーンランド氷床、表面質量収支、NHM-SMAP、雲
Keywords: Greenland ice sheet, surface mass balance, NHM-SMAP, clouds

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[A-CG37] 北極域の科学

コンビーナ:漢那 直也(北海道大学北極域研究センター)、庭野 匡思(気象研究所)、中村 哲(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、鄭 峻介(北海道大学 北極域研究センター)、座長:漢那 直也(北海道大学 北極域研究センター)

近年の地球温暖化に伴う気候変動が自然界のフィードバックを介して最も顕著に現れるのが、北極圏およびその周極地域である。特に近年顕著な海氷面積の減少、氷河・永久凍土の融解、水産資源の変化、北極圏とその周辺の異常気象などは、社会的な関心も高く、そのプロセスの理解のために気圏―水圏―陸圏の総合的・学際的な研究が進行中である。2007年から継続している本セッション「北極域の科学」では、北極域の温暖化、水循環、生態系、大気上下結合など、北極域で起こっている諸現象を包括的に探求するとともに、先端研究の最新情報を共有して総合的議論を深めることを目的とする。北極研究を取り巻く現状に鑑み、人文・社会科学分野および学際的分野における研究発表や、ArCS北極域研究推進プロジェクトの成果発表も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[ACG37-13] 国際北極科学委員会プロジェクト「T-MOSAiC」紹介

内田 雅己[1]、*末吉 哲雄[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所)

15:45 ~ 16:00

[ACG37-14] ICESatならびにCryoSat-2 dataを用いたオホーツク海の氷厚ならびにice volumeの推定

*二橋 創平[1]、Kurtz Nathan[2]、豊田 威信[3] (1.苫小牧高専、2.NASA GSFC、3.北海道大学 低温科学研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG37-15] Arctic Sea Ice Changes in the DAMIP experiments using the MRI Earth System Model

*相澤 拓郎[1]、石井 正好[2]、大島 長[2]、行本 誠史[2]、羽角 博康[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.気象研究所)

16:15 ~ 16:30

[ACG37-16] **Oceanographic Observation in the Refreezing Warm Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise**

*小平 翼[1]、野瀬 毅彦[1]、早稲田 卓爾[1]、猪上 淳[2] (1.東京大学、2.国立極地研究所)

16:30 ~ 16:45

[ACG37-17] **Observed Waves in the refreezing eastern Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise**

*早稲田 卓爾[1]、野瀬 毅彦[1]、小平 翼[1]、Kohout Alison[2]、Gemmrich Johannes[3]、Shen Hui[4]、Inoue Jun[5] (1.東京大学、2.National Institute of Water and Atmospheric Research、3.University of Victoria、4.Bedford Institute of Oceanography、5.National Institute for Polar Research)

16:45 ~ 17:00

[ACG37-18] グリーンランド北西部ボードインフィヨルドにおけるカービング氷河末端付近での係留系観測

*藤支 良貴[1,2]、深町 康[1,3]、漢那 直也[3]、杉山 慎[1,3] (1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.北海道大学北極域研究センター)

国際北極科学委員会プロジェクト「T-MOSAiC」紹介
Introduction of the IASC project "T-MOSAiC"

内田 雅己[1]、*末吉 哲雄[1]
Masaki Uchida[1], *Tetsuo Sueyoshi[1]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所
1. National Institute of Polar Research

Terrestrial Multidisciplinary distributed Observatories for the Study of Arctic Connections (T-MOSAiC)は、国際北極圏科学委員会（IASC）のワーキンググループにより計画された国際プロジェクトです。本プロジェクトでは、周北極の陸域環境と北極海、海氷と大気における研究を結びつける学際的な研究を促進し、システムレベルの理解発展を目指しています。また、北極および北方のジオシステム、エコシステムそして人間システムに関する新たな知見を発見するために、北極圏全体で行われている様々な個別研究を連携させることを目指します。取り組むべき重要な課題には、関連性、勾配、極端な出来事および創発的性が含まれます。データセットは、オープンアクセスリポジトリを介して相互運用可能にすることを目指します。T-MOSAiCは、IASC海洋大気プロジェクトThe Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate（MOSAiC）が実施を計画している2019年から2020年にかけて同時並行して実行され、陸上の気候観測データセットなどをMOSAiCに提供し、MOSAiCからも観測データ等をT-MOSAiC側に提供することを想定しています。

T-MOSAiCに参加する利点としては、急速な環境変動が生じている北極において、北極圏と世界に影響を及ぼす重要な物理的、生態学的、社会学的な問題を明らかにし、それらを解決に導くために分野の垣根を越えた国際プロジェクトに参加できることです。得られた成果は国際的な政策・産業等の決定機関に提供します。他の利点としては、観測地や観測データなどのギャップを埋めることに貢献できます。さらに、MOSAiC（https://www.mosaic-expedition.org/）、INTERACT（https://eu-interact.org/）、Sentinel North（https://sentinelnorth.ulaval.ca/en）、Nunataryuk（https://nunataryuk.org/）などのパートナーとの連携が可能になり、分野を超えた新しい共同研究を始めることが可能になります。上記以外にも様々な情報がT-MOSAiCのウェブページ（https://www.t-mosaic.com/）で提供されています。是非ご覧ください。

キーワード：北極、陸域、観測、国際共同研究
Keywords: Arctic, Terretrial, Observations, International Collaborative Study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ICESatならびにCryoSat-2 dataを用いたオホーツク海の氷厚ならびにice volumeの推定
Estimation of ice thickness and volume in the Sea of Okhotsk using ICESat and CryoSat-2 data

*二橋 創平[1]、Kurtz Nathan[2]、豊田 威信[3]
*Sohey Nihashi[1], Nathan T. Kurtz[2], Takenobu Toyota[3]

1. 苫小牧高専、2. NASA GSFC、3. 北海道大学 低温科学研究所
1. National Institute of Technology, Tomakomai College, 2. NASA GSFC, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

オホーツク海における海氷厚の推定を、衛星高度計観測による海氷のfreeboardに基づいて行った。氷厚は、海氷，積雪，海水の密度を現場観測 (Toyota et al., 2007; Ohshima et al., 2001) に基づいて仮定し求めた。積雪深は、現場観測 (Toyota et al., 2007) に基づいて氷厚の1割と仮定した。2004-08年の期間は、ICESatに搭載されるレーザー高度計GLASによるデータ (Nihashi et al., 2018) を用いた。2011-18年の期間は、CryoSat-2に搭載されるレーダー高度計SIRAL-2 によるものを用いた。CryoSat-2によるfreeboardは、Kurtz et al. (2014) に基づいて求めた。オホーツク海の北海道沿岸において砕氷船「そうや」により目視観測で連続的に現場観測された氷厚との比較から、ICESatとCryoSat-2による氷厚がある程度consistentであることが示唆された。オホーツク海の海氷面積が最大になる2-3月の全氷厚（積雪深を含む海氷厚）は、オホーツク海全体での年平均で、77.5 cm (2008年) から123.0 cm (2017年) の範囲であった。モードは、50-60 cm (2007年; 2008年; 2017年) から90-100 cm (2013年) の範囲であった。この全氷厚とマイクロ波放射計による衛星観測の海氷密接度を用いてice volumeを見積もった。密接度は、2004-11年はAMSR-E, 2012年はSSM/I, 2013-18年はAMSR2によるものを用いた。Ice volumeの推定は、AMSR-Eの空間分解能約12 kmのポーラーステレオグリッドに各データを内挿して行った。Ice volumeの最大は8.3×10^{11} m^3 (2016年)、最小は5.4×10^{11} m^3 (2015年)であった。またその年々変動は、主に海氷面積で決まっていることが示されたが、2008年のように氷厚が効いている年もあった。オホーツク海の最大海氷面積や海氷生産量は、気象・海洋データから説明可能であることが示されている (例: Ohshima et al., 2006; Nakanowatari et al., 2010; Kashiwase et al., 2014)。これらの研究を参考にして気象・海洋データとice volumeの比較を行った。その結果、結氷直前 (11-12月) の北西部・北部陸域における気温, 結氷最盛期 (2-3月) の北西部における気温, 海氷拡大期 (1-3月) の沖向きの風速でice volumeをある程度説明することができた。これらの気象条件を用いて多変量解析を行い、回帰直線から衛星データが存在しない1950年代からのオホーツク海におけるice volumeの再現を気象データから試みている。

キーワード：オホーツク海、海氷厚、衛星高度計
Keywords: Sea of Okhotsk, sea-ice thickness, satellite altimeter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Arctic Sea Ice Changes in the DAMIP experiments using the MRI Earth System Model

*相澤 拓郎[1]、石井 正好[2]、大島 長[2]、行本 誠史[2]、羽角 博康[1]
*Takuro Aizawa[1], Masayoshi Ishii[2], Naga Oshima[2], Seiji Yukimoto[2], Hiroyasu Hasumi[1]

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 Reseaerch Institute

Arctic sea ice decreases rapidly with a temperature rise by Arctic amplification which is caused by an increase of the greenhouse gases. According to some studies, the Arctic Ocean is projected to become ice-free Ocean in the nature future. As sea ice melts due to the effect of sensible heat, it has a close relationship with air temperature. Although the historical temperature in the Arctic is well known by the previous observational studies, the historical sea ice variability hasn’t still understood sufficiently because of the lack of observations in pre-satellite era. Therefore, the modeling study will greatly contribute to the understanding of the Arctic climate change.

Meteorological Research Institute (MRI) has developed a new version of MRI Earth System Model (MRI-ESM2) for participating in the various Model Intercomparison Project (MIP), especially CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6). We conducted the CMIP6 historical experiment (1850-2014) and the DAMIP (Detection and Attribution MIP) experiments by MRI-ESM2. The DAMIP experiments consist of hist-GHG (Well-mixed greenhouse-gas-only historical simulations), hist-aer (Anthropogenic-aerosol-only historical simulations) and hist-nat (Natural-only historical simulations). The DAMIP experiments make it possible to the clarify the impacts of anthropogenic and natural forcing on the global warming. And the experiment will be able to estimate how the sea ice variability was influenced by the external anthropogenic and the natural forcing. The decadal to multi-decadal variability of the Arctic sea ice is seen in all experiments, but each experiment indicates some characteristic changes. The hist-GHG experiment shows a strongly decrease in the sea ice extent due to the rapid increase of the greenhouse gases. The hist-aer experiment indicates an expansion in the summer sea ice extent over the period to 1980 when the concentration of sulphate aerosols is peak out, which lead to the global and Arctic cooling. But over the period from 1980 to now, the summer sea ice extent shows a decrease. The hist-nat experiment shows a weakly decrease in the summer sea ice extent over the period from 1880 to 1940, since then the summer sea ice extent remains at the same level. Thus, our simulations show the historical summer Arctic sea ice extent and the contributions of the external anthropogenic and the natural forcing to the sea ice changes.

キーワード：北極の海氷変化、地球温暖化、エアロゾル
Keywords: Arctic sea ice change, Global warming, Aerosol

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Oceanographic Observation in the Refreezing Warm Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise

*小平 翼[1]、野瀬 毅彦[1]、早稲田 卓爾[1]、猪上 淳[2]
*Tsubasa Kodaira[1], Takehiko Nose[1], Takuji Waseda[1], Jun Inoue[2]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research

In November 2018, R/V Mirai entered Chukchi Sea to conduct observations with special attention to the Marginal Ice Zone (MIZ). Based on satellite SST measurements over Chukchi Sea, it is found that Chukchi Sea has a clear warming trend in the last decade. The warm Chukchi Sea enabled R/V Mirai to conduct rare observations in November to measure the refreezing ocean. The preliminary results of the hydrographic and velocity observation are presented. The repeated measurements along an observation line toward MIZ north of Hana Shoal showed temperature and salinity changes largely over the Chukchi slope compared to the shallow shelf.

キーワード：Chukchi Sea、SST
Keywords: R/V Mirai, MIZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observed Waves in the refreezing eastern Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise

Observed Waves in the refreezing eastern Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise

*早稲田 卓爾[1]、野瀬 毅彦[1]、小平 翼[1]、Kohout Alison[2]、Gemmrich Johannes[3]、Shen Hui[4]、Inoue Jun[5]
*Takuji Waseda[1], Takehiko Nose[1], Tsubasa Kodaira[1], Alison Kohout[2], Johannes Gemmrich[3], Hui Shen[4], Jun Inoue[5]

1. 東京大学、2. National Institute of Water and Atmospheric Research、3. University of Victoria、4. Bedford Institute of Oceanography、5. National Institute for Polar Research
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Water and Atmospheric Research, 3. University of Victoria, 4. Bedford Institute of Oceanography, 5. National Institute for Polar Research

The sea ice in the Pacific side of the Arctic Ocean starts to melt in August, retreats the most in September, and advances again in October. In November, in typical years, most of the Chukchi Sea is covered by ice. Waves generated in the open waters is largest in October. During the R/V Mirai (JAMSTEC) expedition in November 2018 (MR18–05C, PI J. Inoue), anomalously warm surface waters delayed freezing of Chukchi Sea providing a unique opportunity to observe ocean waves in the freezing period. A drifting wave buoy, ship-borne wave gauge, and satellite synthetic aperture radar data were analyzed to characterize the waves during that period. The drifting wave buoy was deployed at the edge of the Marginal Ice Zone, gradually migrated to the west, and eventually got trapped in the sea ice. During this period, the largest significant wave height observed by a buoy was 2.6 m. Once trapped in ice, the buoy-detected wave energy significantly reduced from the open water wave height detected by ship-borne wave gauge. The possible generation, decay, and propagation of waves in the ice-covered sea for on-ice and off-ice conditions will be discussed in conjunction with the obtained satellite SAR images.

キーワード：海氷波浪相互作用、氷縁域、チュクチ海、海洋地球研究船みらい、合成開口レーダー
Keywords: wave-ice interaction, Marginal Ice Zone, Chukchi Sea, R/V Mirai, SAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド北西部ボードインフィヨルドにおけるカービング氷河末端付近での係留系観測

Mooring measurement near a marine-terminating glacier in Bowdoin Fjord in northwestern Greenland

*藤支 良貴[1,2]、深町 康[1,3]、漢那 直也[3]、杉山 慎[1,3]
*Yoshiki Fujishi[1,2], Yasushi Fukamachi[1,3], NAOYA KANNA[3], Shin Sugiyama[1,3]

1. 北海道大学低温科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 北海道大学北極域研究センター
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University , 3. Arctic Research Center, Hokkaido University

カービング氷河末端の水中融解は、グリーンランド氷床の質量損失において重要な役割を担っている (Straneo et al., 2013)。一方で、氷床から海洋への淡水流出量が近年増加しており、海洋生態系に与える影響が懸念されている。筆者らが観測を実施する、グリーンランド北西部においても大きな氷河変動が確認されており、例えばボードイン氷河で2008年以降急激な末端位置の後退が報告されている (Sakakibara et al., 2018)。しかしながら、グリーンランドのフィヨルドにおける長期海洋観測データは限られている。特に氷河近傍での観測例は少なく、氷河末端の水中融解を定量化する上で大きな不確定要素となっている。そこで本研究では、氷河近傍の海水特性の季節変動を明らかにすることを目的として、ボードイン氷河が流入するボードインフィヨルドにおいて流速、水温、塩分の係留観測を行った。

係留系は、氷河末端から約17 km(2016年8月から2018年7月、以下BF17)、および約1 km(2017年7月から2018年7月、以下BF01)に設置した。水深はBF17において約540 m、BF01は約180 mであった。BF17の係留系は、圧力センサー（DEFI2-D50HG、JFE Advantech）1台、水温計（NWT-SN、日油技研およびSBE56、Seabird) 7台、流向流速計（INFINITY-EM、JFE Advantech）1台、CTDセンサー（SBE-37SM、Seabird）1台で構成され、流向流速計と水温塩分センサーはそれぞれ527 m、530 m深に設置した。7台の水温計は，222、246、268、318、368、418、468 m深、水圧計は220 m深に設置した。BF01の係留系は流向流速計（INFINITY-EM、JFE Advantech）1台とCTDセンサー（SBE-37SM、Seabird）1台をそれぞれ167 m，170 m深に設置した。

観測の結果、BF17の海底付近で氷河へ向かう北向きの流速が生じた際に水温が低下する傾向が見られた。また、水温と塩分の変動は一年を通してよく一致しており、水温が上昇すると塩分が低下する傾向を示した。8–10月には二週間周期の水温変動が生じており、潮汐に起因した海水交換が示唆された。BF01の海底付近では、8月上旬に北向きの流速が増加した際に急速な水温低下が見られた。この変化は、近傍の気象ステーションで測定された日平均気温が正に転じる時期と一致しており、氷河底面からの融解水流出が開始したことを示唆している。また、BF01の底層における水温と塩分の変動の相関関係はBF17とは異なり、一年を通じて水温が上昇すると塩分も上昇する傾向を示した。BF17とBF01のどちらも、水温の変動は冬から春にかけて比較的小さい。この結果は、フィヨルドが11月から6月にかけ海氷に覆われるためと考えられる。以上の結果より、夏期のフィヨルドの海水交換において潮汐が大きな役割を担っていること、また氷河末端付近の海水特性は夏期に融解水の影響を強く受けることが明らかとなった。今後、風速や気圧などの気象データと海水特性・循環の相関関係や、二つの係留地点間の相関関係を解析する予定である。

謝辞
本研究は、ArCS北極域研究推進プロジェクトの支援を受けて実施した。

参考文献

Straneo F., et al., (2013): Challenges to understanding the dynamic response of Greenland’s marine terminating glaciers to oceanic and atmospheric forcing. *Amer. Meteor. Soc.*, 94, 1131–1144

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sakakibara D., et al. (2018) Ice front and flow speed variations of marine-terminating outlet glaciers along the coast of Prudhoe Land, northwestern Greenland. J. Glaciol., 64(244), 300–310

キーワード：グリーンランド、フィヨルド、海洋性氷河
Keywords: Greenland, Fjord, Marine-terminating glacier

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月30日(木) 13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[H-DS15] 人間環境と災害リスク

コンビーナ:青木 賢人(金沢大学地域創造学類)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:青木 賢人(金沢大学地域創造学類)

自然と人間が織りなす多様な環境の中に内在し、時に顕在化する災害リスクを、自然科学、人文・社会科学等の視点から多角的に検証する。東日本大震災で明らかになった災害予測の不確実性や低頻度巨大災害の問題や、ハザードマップの作成・利用法の改善、環境変動・社会変容や持続性を考慮した復興計画・国土計画、防災に関する国際協力、活断層や液状化の諸問題、地域特性に応じた減災計画、防災支援の技術開発、防災教育など、総合的に議論する。

13:45 ~ 14:00

[HDS15-01] 空中写真判読と浅部物理探査結果の対比による埋土層の不均質分布とその液状化・流動化

*稲崎 富士[1]、小河原 敬徳[1] (1.土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ)

14:00 ~ 14:15

[HDS15-02] 2018年北海道胆振東部地震に伴い変動した谷埋め盛土造成地の分布形態

*中埜 貴元[1]、藤原 智[1]、宇根 寛[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[HDS15-03] 自然堤防の比高による液状化危険度の違いについて

*小荒井 衛[1]、内山 滉太[1]、中埜 貴元[2] (1.茨城大学理学部理学科地球環境科学コース、2.国土地理院)

14:30 ~ 14:45

[HDS15-04] **大規模水害時における社会的脆弱性の空間的分析−東京都葛飾区を事例に−**

*連 暁[1] (1.筑波大学)

14:45 ~ 15:00

[HDS15-05] 南海トラフ巨大地震に関する見通しの可視化の意義と方法

*福島 洋[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

15:00 ~ 15:15

[HDS15-06] リアルタイム防災情報を活用した効率的な津波避難の検討

*大石 裕介[1,2,3]、古村 孝志[2]、今村 文彦[3]、三原 宜輝[4]、牧野嶋 文泰[3]、山下 啓[3]、東山 孝生[5]、後藤 知範[5]、大村 誠[4]、永山 実幸[4] (1.富士通研究所、2.東京大学地震研究所、3.東北大学災害科学国際研究所、4.川崎市総務企画局危機管理室、5.富士通株式会社)

空中写真判読と浅部物理探査結果の対比による埋土層の不均質分布とその液状化・流動化

Influence of inhomogeneous structure in surficial reclaimed body traced by aerial photos and delineated by near surface geophysical survey at Makuhari-Kaihin Park liquefied by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake.

*稲崎 富士[1]、小河原 敬徳[1]
*Tomio INAZAKI[1], Takanori Ogahara[1]

1. 土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ
1. Public Works Research Institute, Tsukuba Central Institute

2011年東北地方太平洋沖地震では東京湾臨海部の埋立地や関東平野域の河川沿い堤防盛土などで大規模な液状化が発生した．その後の現地調査によって，この液状化が表層の人工地盤部で集中的に発生したこと，人工地盤内部の不均質構造が液状化の局所的発生と被害形態に影響することがわかってきた．

筆者は同地震で大規模な液状化現象が発生した海浜幕張地区の幕張海浜公園B地区において詳細な浅部物理探査・地盤調査を実施した（稲崎，2013）．当該サイトでは最表層の公園造成改良土（層厚約1m）の下に約8m厚の覆土・浚渫埋土が分布し，その下位に海成砂主体の自然地層が分布する．また浅部物理探査によって人工地盤部が低S波速度で特徴づけられることを示した．しかし液状化の特徴的な出現形態，すなわち公園縁辺部の植栽との境界部に弧状の亀裂脈が形成され，本震後に液状化が発生し同期してカーテン状に砂を噴出した，を説明可能な浅部地盤モデルを解釈することはできていなかった．

今回 1973年から1987年にかけて各年に同地区を撮影した空中写真を入手し埋立て過程を追跡した．その結果同公園B地区は埋立区が2つに分かれており，北側が先に造成されたこと，列状のサンドポンプから散布された砂が南ブロック内に羊歯状に堆積していたこと，サンドポンプによる湿式埋立て後に重機による乾式覆土が北側から形成されたこと，などを判読することができた．

これらの時空間情報を基に浅部地盤探査結果を再分析し，液状化過程を解釈した．まず最表層の造成改良土はキャップ層としてふるまい地表亀裂の分布を規制した．湿式埋土層中の砂卓越部で液状化が発生し人工地盤がブロック状に振動した．それに伴い湿式埋土層中の粘性土層は大規模変形を受け流動化した．自然地層とその構造はこのサイトでの液状化に寄与していない．液状化・流動化は対象サイトのほぼ全域で発生しており，地表で観察された亀裂と噴砂はその結果として生じた地表現象である．したがって地表の噴砂列・亀裂分布のみからサイトの液状化現象を説明することは本来的に不十分である．

巨大地震による埋立地の液状化・流動化を理解するには，埋立て過程の詳細な時空間的解析と浅部地盤に対する稠密かつ総合的な現地調査が不可欠である．本研究は地震40年前からの空中写真の判読と地震後の現地での浅部物理探査，オールコア試料分析の組み合わせが液状化現象の理解に極めて有用であることを示した．

キーワード：東北地方太平洋沖地震、埋土、液状化、流動化、浅部物理探査、空中写真判読
Keywords: 2011 off the Pacific Coast Tohoku Earthquake, reclaimed land, liquefaction, fluidization, near surface geophysics, aerial photo interpretation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震に伴い変動した谷埋め盛土造成地の分布形態
Distribution morphology of deformed reclaimed valley associated with the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*中埜 貴元[1]、藤原 智[1]、宇根 寛[1]
*Takayuki Nakano[1], Satoshi Fujiwara[1], Hiroshi Une[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

１．はじめに

2018年9月6日に発生した2018年北海道胆振東部地震（M6.7）においては、山間地や丘陵地において斜面崩壊が多発し、甚大な被害が生じた（砂防学会，2018など）。併せて、札幌市清田区を中心とした谷埋め盛土造成地においても液状化等を起因とする盛土の流動現象が生じ、宅地や社会インフラに甚大な被害が生じた（地盤工学会・土木学会，2018など）。この谷埋め盛土の変動現象を議論するためには、盛土分布とその形状を知る必要があるが、国土交通省の「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン」に基づいて作成されたと考えられる既往の盛土分布図では、基準面積（3,000m^2）以上のものも省略されており、詳細な分布は明らかにされていなかった。そこで、造成前の空中写真からSfM-MVS技術によりDSMを作成し、フィルタリング処理により擬似的なDEMとして用い、造成後のDEMと差分をとることで谷埋め盛土造成地の分布形態を明らかにした。また、地表変位を検出可能な干渉SARの結果から、当該地区の変位分布を抽出し、谷埋め盛土分布と比較した。本発表ではこれらの結果を報告する。

２．対象地区と手法

谷埋め盛土造成地の分布図作成は、札幌市清田区と厚真町の地盤災害発生区域周辺を対象に実施した。造成前のDSM作成に用いた空中写真はそれぞれ国土地理院が1960年代と1970年代に撮影した空中写真である。空中写真はいずれも44枚使用した。DSMの生成にはAgisoft製Metashape Professional (旧PhotoScan）を用い、DSMのフィルタリング処理は中埜（2017）に従い、一定領域内の最低値を取得する方法を採用した。SfM処理においては、造成前後で変化のない地点にそれぞれ35点、20点のGCPを配置した。造成後のDEMは基盤地図情報5mDEMを用いた。

SAR干渉画像は、JAXAのだいち2号（ALOS-2）のデータを用いて国土地理院が解析したもののうち、2018年8月23日と2018年9月6日のペアによる干渉画像を用いた。

３．結果と考察

札幌市清田区周辺では、既往の盛土分布図よりも複雑に入り組んだ樹枝状の盛土分布図が得られた。地盤被害が大きかった里塚地区では、盛土厚は最大で15m程度であった。なお、SfM処理におけるGCPの高さ方向の残差のRMSEは約1.2mであったため、盛土厚にもその程度の誤差が含まれているが、ほとんどの高さ方向の残差は0.2m以下であり、一部の箇所を除いて誤差は小さいと考えられる。この盛土分布図とSAR干渉画像を比較すると、盛土域で衛星から遠ざかる変動またはコヒーレンスが低下したことによる非干渉領域が確認できた。この非干渉領域は現地で大きな地盤被害が確認されている箇所に相当し、衛星から遠ざかる変動域では盛土のわずかな沈下または滑動的変動が生じた可能性がある。

厚真町の造成地では最大厚が10mに満たない小規模な盛土が確認できた。SfM処理におけるGCP高さ方向の残差のRMSEは約0.8mであり、盛土厚にもこの程度の誤差が含まれている。この地点では地表の亀裂等が現地で確認されており（飯場・永井，2018など）、盛土の滑動的変動に伴う変形が生じたと考えられる。なお、この地点のSAR干渉画像は非干渉領域となっており、盛土の変動は検出できていない。

４．今後の課題

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

空中写真とSfM-MVS処理及びフィルタリング処理により擬似DEMを作成することで、比較的簡易かつ迅速に盛土分布の概要を把握することができた。また、干渉SARにより発災直後の地表変動箇所検出を迅速に行える可能性が示された。ただし、擬似DEMの作成は造成前が山林地であった場合には大きな誤差を含むことになるため、注意が必要であるとともに、より効果的かつ迅速に行えるフィルタリング処理方法の検討が必要である。今回のような盛土造成地の被害を含め、地盤災害は旧地形と深く関わることから、造成前DEM等を含めた地形特性情報の整備が望まれる。最後に、本地震により被害に遭われた方々に心よりお見舞い申し上げます。

謝辞：だいち2号（ALOS-2）データの所有権は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にあります。このデータは、だいち2号に関する国土地理院とJAXA間の協定に基づき提供されたものです。

引用文献：

飯場・永井（2018）：北海道胆振東部地震の被害調査報告書（速報） 基礎地盤関連.
地盤工学会・土木学会（2018）：北海道胆振東部地震による液状化被害.
中埜（2017）：科学研究費助成事業研究成果報告書，課題番号15K16288.
砂防学会（2018）：平成30年北海道胆振東部地震土砂災害緊急調査団第一次調査団調査報告.

キーワード：2018年北海道胆振東部地震、谷埋め盛土、SfM-MVS、干渉SAR
Keywords: The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, reclaimed valley, SfM-MVS, InSAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然堤防の比高による液状化危険度の違いについて
Liquefaction risk evaluation using relative height data of natural levee

*小荒井 衛[1]、内山 滉太[1]、中埜 貴元[2]
*Mamoru Koarai[1], Kouta Uchiyama[1], Takayuki Nakano[2]

1. 茨城大学理学部理学科地球環境科学コース、2. 国土地理院
1. Earth Science course, College of Science, Ibaraki University, 2. Geospatial Information Authority of Japan

中埜ほか(2015)の液状化危険度評価では、自然堤防の危険度を比高が5mの閾値で評価を区分しているが、実際に比高が5m以上の自然堤防は中川低地・加須低地・利根川下流域においてはほとんど存在せず、評価区分に改良の余地がある。以前は液状化評価を比高の根拠となる標高データは25000分の1地形図の等高線から作成していたので、5m以上の精度で細分化できなかったため閾値を5mで設定した可能性が高い。しかし現在は航空レーザから作成した精度数10cmの標高データを使用することが可能なため、評価区分の閾値の精度を良くすることができると考えられる。

本研究では、利根川下流域を対象に東北地方太平洋沖地震で液状化が発生した自然堤防の比高を調査した。GISを用いて、数値地図25000(土地条件)、5mDEMデータ(標高)、国土交通省関東地方整備局・公益社団法人地盤工学会(2011)による東北地方太平洋沖地震による液状化発生範囲図を重ね合わせた。そして、液状化が発生した自然堤防の標高とその自然堤防に隣接する自然堤防以外の地形（主に後背低地か海岸平野・三角州）の標高から比高を算出した。中埜ほか(2015)の自然堤防の危険度評価は自然堤防の比高5mを境に別の危険度を割り当てているが、本研究の結果から比高の閾値を変更した液状化ハザード評価基準を作成し、その評価基準に基づいた比高ごとの自然堤防における液状化発生率（液状化した自然堤防の5mグリッド数／全自然堤防の5mグリッド数）を求めた。

0.5m単位で比高を区分して自然堤防の液状化発生率を求めたところ、地域による違いがあるものの、比高1.5m～2.5mの間で急激に発生率が減少する、もしくは比高が1.5m～2.5mより大きくなると漸次的に発生率が減少するという結果であった。そこで、自然堤防の比高の閾値としては、2mまたは3mで設定するのが適切ではないかと考え、それぞれの閾値で自然堤防を二分して液状化発生率を求め、他の地形種の液状化発生率と比較しているところである。

キーワード：液状化ハザードマップ、自然堤防、比高
Keywords: liquefaction hazard map, natural levee, relative height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模水害時における社会的脆弱性の空間的分析−東京都葛飾区を事例に−

Spatial Analysis of Social Vulnerability to large-scale flood: a case study on the Katsushika Ward, Tokyo

*連 曉[1]
*LIAN XIAO[1]

1. 筑波大学
1. University of Tsukuba

地球温暖化に伴う水害の規模と頻度の増加が指摘されている。一方、高齢化や人口構造の変化、適応策の欠如等による水害の脆弱性が増加されている。水害の脆弱性を低減し、適応能力を増加する必要がある。社会的脆弱性を評価することは水害の脆弱性を低減し、適応能力を増加するためには重要なステップである。

本研究では、MOVEフレームワーク（災害脆弱性評価フレームワーク）を参考にして、社会的脆弱性を曝露度、感受性、対応能力という三つの側面から分析する。具体的には14の指標で社会的脆弱性を評価する指標体系を構築し、情報エントロピー法と地理情報システム（GIS）を用いて、東京都葛飾区の水害の社会的脆弱性の空間的分布を明らかにする。

キーワード：GIS、大規模水害、社会的脆弱性
Keywords: GIS, large-scale flood, Social Vulnerability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ巨大地震に関する見通しの可視化の意義と方法
Importance and method of visualization of future occurrence possibilities of giant earthquakes along the Nankai trough

*福島 洋[1]
*Yo Fukushima[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

地震の起こり方は多様であり、確率的な予測しかできない。将来的に、特定の地震については「○○の現象が観測されているので、○日（時間）の間に、○○の地震が発生する可能性が極めて高い」といった確度の高い地震発生予測（地震予知）が可能となるかもしれないが、少なくとも現在の地震科学のレベルにおいては、このような地震予知の実現性は見えていない。

現在、今後数十年以内の発生が懸念されている南海トラフ巨大地震に関して、その発生確率が相対的に高まったと評価できるような現象が観測された場合の防災対応についての検討が内閣府中央防災会議下のWG（以下、内閣府WG）を中心に進められている。史料調査や地震観測等から、南海トラフ巨大地震は100-150年程度の平均繰り返し周期を持っていること、紀伊半島沖を境にして西側と東側でわずかな時間差（数年以内）をおいて別の地震が発生する場合や両側が同時に破壊される場合があること、普段はプレート境界面での地震はあまり起こっていないこと等がわかっている。

2018年12月に出された内閣府WGの報告書「南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応のあり方について（報告）」では、このような現状を背景に、西側か東側のいずれかが破壊されるような「片割れ」地震（マグニチュード８級）の際に、もう片方の未災地が取るべき対応のあり方について重きを置いてまとめられている。規模のより小さい「一部割れ」地震（マグニチュード７級）や、巨大地震発生につながる可能性があるゆっくりすべりが観測された際の考え方についても述べられているが、いずれも、国として踏み込んだ対策の方針は示されていない。つまり、起こりうる現象は基本的に不確実であるものの、そのなかでも相対的に不確実性が小さいこと、切迫性がより大きい場合に焦点を絞って書かれている。

根拠に乏しい現象・不確実性の大きい事象への対応は難しいという観点から、内閣府WGの考え方は妥当なものと考えられるが、一方で、甚大な被害が想定される地元の地方自治体、公共団体、企業等においては、不確実性も考慮したうえで、より高度な判断をしたいというニーズもあるであろう。実際に地震が発生しなくとも、何らかの異常な自然現象が発生すれば、それに社会が反応し、地方自治体、公共団体、企業等が特別の対応を取らねばならないケースも想定される。このようなことを考えると、これらの組織が、どのような（非定常な）自然現象が発生する可能性があって、それがどのように推移していく可能性があるのかを理解し、起こりうる社会の現象についてあらかじめ想定しておくことは有意義であろう。そのためのツールとして、火山等でも使われている事象系統樹は有効であろう。その開発にあたっては、現場と協働し、ニーズも踏まえながら進めていくことが重要であると思われる。

キーワード：南海トラフ巨大地震、地震発生予測
Keywords: Nankai Trough Giant Earthquakes, Earthquake Forecast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リアルタイム防災情報を活用した効率的な津波避難の検討
Investigation of efficient tsunami evacuation using real-time disaster information

*大石 裕介[1,2,3]、古村 孝志[2]、今村 文彦[3]、三原 宜輝[4]、牧野嶋 文泰[3]、山下 啓[3]、東山 孝生[5]、後藤 知範[5]、大村 誠[4]、永山 実幸[4]
*Yusuke Oishi[1,2,3], Takashi Furumura[2], Fumihiko Imamura[3], Yoshiteru Mihara[4], Fumiyasu Makinoshima[3], Yamashita Kei[3], Takao Higashiyama[5], Tomonori Goto[5], Makoto Oomura[4], Mitsuyuki Nagayama[4]

1. 富士通研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 東北大学災害科学国際研究所、4. 川崎市総務企画局危機管理室、5. 富士通株式会社
1. Fujitsu Laboratories Ltd., 2. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 3. IRIDeS, Tohoku University, 4. Kawasaki City, 5. Fujitsu Ltd.

１．はじめに

近年、沖合での津波観測網の拡大やその高速解析技術の発達などにより、リアルタイム防災情報の発信が可能となりつつある。また、東日本大震災の際には、音声通話の大半が規制される中、パケット通信は比較的繋がる状況が続きスマホのSNS機能等が情報共有において重要な役割を果たしており、今後はスマホなどを通して得られるリアルタイム防災情報の避難への活用が期待できる。そこで本研究では、津波避難におけるリアルタイム防災情報の有効な活用に向けて、スマホアプリによるリアルタイム情報の提供が避難行動に与える影響を評価するため、津波避難の実証実験を実施した。

２．津波避難実証実験

平成30年12月９日の川崎市津波避難訓練において行った実証実験では、避難路において地震による建物倒壊、火災、液状化などによる通行不可地点を設定し、「通行不可」と記されたパネルを持った係員を配置した。実証実験参加者は通行不可地点に遭遇した際、スマホアプリによってその地点の位置情報の投稿を行い、投稿された情報は他の参加者のアプリ画面上にリアルタイムに共有された。本実証実験への参加者は、地域住民の他、事前に参加を募った中高生や関係者などを含む84名であった。

避難行動は、スマホの位置測定機能により、位置情報の時系列データとして取得した。また、通行不可地点に関するリアルタイム防災情報が避難行動に与える影響を評価するため、実験参加者のうち関係者24名を2グループに分け、片方のグループのスマホアプリでは上述の通行不可地点の投稿・共有機能を無効（防災情報無し）にした。その結果、防災情報有りのグループには、通行不可地点への遭遇回数が減り効率的な避難経路選択に成功した避難者が複数みられ、リアルタイム防災情報の有効性が確認された。しかしながら、グループ毎の平均値を比べると、防災情報有りのグループは避難距離が若干短くなったものの、避難時の平均歩行速度が遅く、避難時間の改善には繋がらなかった。平均歩行速度を比較したところ、防災情報無しでは 4.9km/h であり、防災情報有りでは 4.7km/h と、情報有りで減速していることがわかった。平均歩行速度を低下させる要因としては、分かれ道や通行不可地点付近でのスマホを用いた避難路の検討、あるいは通行不可地点の投稿のための立止まりが挙げられ、防災情報有りのグループ12名中で9名に、避難行動中の10秒以上の立止まりが見られた。

３．今後の課題

リアルタイム防災情報がかえって避難路の検討などのための立止まり時間を長引かせた原因として、情報の

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

精度の低さが挙げられる。実験参加者のアンケートにおいても、「間違った通行不可地点情報のために、どこの道も通れなくなった」といった意見が複数見られた。通行不可地点の投稿74件のうち、誤差が20 m 以内の正確な投稿は40件（全体の54.8%）であった。不確かな情報はその参照や解釈自体に時間を要するため、避難遅れにつながる可能性が高い。今後、リアルタイム防災情報を有効に活用した効率的な避難の実現には、情報の質を保つことが重要であり、また情報を基に、時間をかけずに次の行動を決められるような、分かりやすい情報提供手段の検討が不可欠である。

キーワード：津波、避難、スマートフォンアプリ
Keywords: tsunami, evacuation, smartphone application

©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-TT 計測技術・研究手法

2019年5月30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 301B 3F

[H-TT23] 地理情報システムと地図・空間表現

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)、田中 一成(大阪工業大学工学部都市デザイン工学科)、中村 和彦(東京大学)、座長:小荒井 衛(茨城大学)、田中 一成(大阪工業大学)

地球惑星科学分野で展開されている自然・人文現象に関する地理空間情報を取得，加工，蓄積，分析，可視化するための汎用的な理論と方法を検討する．また，デジタル空間データとGISを用いた実証研究や、地図による具体的な空間表現の成果を発表する．本セッションは日本語で行う。

10:45 ~ 11:00

[HTT23-01] **(Web)GISとRによる$PM_{2.5}$およびオキシダント濃度解析**

★招待講演

*山川 純次[1] (1.岡山大学大学院自然科学研究科)

11:00 ~ 11:15

[HTT23-02] 中国深圳市における城中村の空間構造と変容

*欒 雅蓉

11:15 ~ 11:30

[HTT23-03] 東京都全域における路地空間の立地特性に関する研究

*谷口 亮[1]、石川 剛[1]、岡 檀[2] (1.株式会社東京地図研究社、2.情報・システム研究機構 統計数理研究所)

11:30 ~ 11:45

[HTT23-04] 歌詞を用いた夜景写真の分析

*駒井 大輝[1]、田中 一成[1] (1.大阪工業大学)

11:45 ~ 12:00

[HTT23-05] 周辺との関係からみた看板設置に関する評価手法

*岸川 明弘[1]、田中 一成[1] (1.大阪工業大学)

12:00 ~ 12:15

[HTT23-06] 俯瞰景観における景観要素

*田中 伸明[1]、田中 一成[1] (1.大阪工業大学)

(Web)GISとRによる$PM_{2.5}$およびオキシダント濃度解析
An analysis of the year-round distribution of $PM_{2.5}$ and Oxidant by (Web)GIS and R

*山川 純次[1]
*Junji Yamakawa[1]

1. 岡山大学大学院自然科学研究科
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

岡山県岡山市における$PM_{2.5}$およびオキシダントの年平均濃度分布を地理統計学的手法で推定し(Web)GISで検討した。

環境物質の濃度観測データは国立環境研究所のウェブサイトから取得した。$PM_{2.5}$の対象年度は2015年，オキシダントの対象年度は2006年である。解析に必要な地理情報データは政府系オープン・データであるJPGIS(国土地理院, 2018)を使用した。地理統計解析にはGNU R (R core team, 2018)を使用した。GISはFOSS4G (Open Source Geospatial Foundation)のOn-premise型GISであるQGIS (QGIS Development Team, 2018)を使用し，WebGISはjSTAT MAP(総務省統計局, 2019)を使用した。

まず環境物質の濃度観測データに関するバリオグラムを検討して空間依存性を推定し，これに基づいてクリギング法により対象地域全体の濃度分布を推定した。次にGISを用いて推定濃度データを他の地理情報データと併せて検討した。またQGISで濃度推定の確かさを表現する手法を検討した。さらに濃度推定データをjSTAT MAPで解析するために必要な座標変換について検討した。

解析の結果，岡山市における$PM_{2.5}$とオキシダントの年平均濃度分布が推定された。また表現手法の検討により$PM_{2.5}$とオキシダントそれぞれの推定値の変動係数の分布をGISとWebGISによって定性的に把握することが可能となった。地理統計解析に使用した直角座標系からjSTAT MAPで使用する座標値である地域メッシュコードへの変換で発生する誤差は検討を要する。

GISは地球環境データと地理情報データを併せた解析と地図表現に有効である。またWebGISはこれらの検討をWebブラウザのみで実行可能にしつつある。地球惑星科学の研究でも一層の活用が期待される。

キーワード：GIS、jSTAT MAP、クリギング、FOSS4G、PM2.5、オキシダント
Keywords: GIS, jSTAT MAP, Kriging, FOSS4G, PM2.5, Oxidant

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中国深圳市における城中村の空間構造と変容
Development Process and Spatial Structure of Urban Villages in Shenzhen City China

*欒 雅蓉
*YARONG LUAN

During the 30 years of the reform and opening-up policy, economically developed cities and regions have expanded rapidly in China. Villages which originally surrounded the city before their expansion were rapidly submerged by the expanded city areas and surrounded by high-rise buildings. They are turned into the "urban villages". In the rapidly urbanized regions, urban villages are common phenomena. This problem becomes extremely serious in the Pearl River Delta region in China.

In the present study, Shenzhen City was selected as the research area. Field work was performed on the 18 sample urban villages selected from total 320 urban villages of Shenzhen City. Based on the changes in their internal spatial structures, the development of the urban villages is divided into three stages, e.g., embryonic stage, growth stage, reformed stage. After analyzing the spatial structures, different characteristic features were found in each stage. And the main factors of the spatial structural changes arising from different stages were summarized.

It was found that the traffic condition was the key factor for the embryonic stage; rental price was the key factor for the growth stage and the regulatory power of the government was the key factor for the reformed stage.

キーワード：城中村、深セン市
Keywords: Urban Village, Shenzhen City

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京都全域における路地空間の立地特性に関する研究
An analysis on the location characteristic of alley spaces in Tokyo

*谷口 亮[1]、石川 剛[1]、岡 檀[2]
*Ryo Taniguchi[1], Go Ishikawa[1], Mayumi Oka[2]

1. 株式会社東京地図研究社、2. 情報・システム研究機構 統計数理研究所
1. Tokyo Map Research Inc., 2. Research Organization of Information and Systems The Institute of Statistical Mathematics

都市における路地空間は自動車を中心とした道路交通計画や大規模開発によりその数が急速に減少しているが、近年、路地のコモンスペースとしての側面が見直されつつあり、全国各地で路地を中核にしたまちづくりも進められるようになった。路地は都市空間を特徴づける重要な要素と考えられるが、空間情報としてその存在を把握するのは困難が伴う。そこで我々は従前より、GISを用いて路地の存在が推測される街区を抽出する「路地推計ロジック」を考案し、東京都や徳島県における現地調査を通して、ロジックの精度確認を行ってきた。

本研究では、東京都のほぼ全域を対象として路地推計ロジックを実施し路地分布を推計した。解析には、国土地理院製の基盤地図情報（縮尺レベル2500）とEsri社製のArcGIS Pro 2.2を用いた。さらに、推計結果から「路地存在率」を算出し、木造建物棟数や用途地域等との地域指標との比較を通して、路地の立地特性に関する考察も行った。また、三重県全域でも市町村単位の路地存在率について推計し、都道府県の違いによる地域差が見られるのかの検証を行う予定である。

キーワード：地理空間データ、路地、GIS
Keywords: Geospatial information Data, Alleys, GIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

歌詞を用いた夜景写真の分析
Image analysis of night scape using lyrics

*駒井 大輝[1]、田中 一成[1]
*Hiroki Komai[1], Kazunari Tanaka[1]

1. 大阪工業大学
1. Osaka Institute of Technology

Night scape has a beauty that attracts people. In recent years, due to the spread of cameras and SNS, there are many new trends and new popular spots. As a byproduct, this seems to attract tourist. In this research, the characteristics of the night scape were analyzed using the photos and post contents from SNS. As a result, by the analysis to evaluate a part of the values, the examples: the perseverance, the painfulness and the merriment are appeared of the night scape.

キーワード：イメージ分析、夜間景観、ソーシャルネットワーク
Keywords: Image analysis, Night scape, SNS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

周辺との関係からみた看板設置に関する評価手法
On the Method to Evaluate Signboards based on the Relationship with the Surrounding Space

*岸川 明弘[1]、田中 一成[1]
*Akihiro Kishikawa[1], Kazunari Tanaka[1]

1. 大阪工業大学
1. Osaka Institute of Technology

The street space in the city is an important space to impress visitors with the image of the city.

However, in recent years, miscellaneous and townscapes are being formed due to the enlargement of buildings and the diversification of size, forms and colors of signboards.

The signboard design combines size, color, and letters together to create a signboard.

In this research, we aim at grasping the degree of group signs by checking the placement and colors appropriate to the characteristics of the place for Kyoto city.

Based on these relationships, we try to design a signboard suitable for the street.

キーワード：屋外広告物、規制、京都
Keywords: Outdoor Advertisement, Regulation, Kyoto

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

俯瞰景観における景観要素
ON THE LANDSCAPES ELEMENTS FROM A BIRD’S-EYE VIEW SCAPE

*田中 伸明[1]、田中 一成[1]
*Nobuaki Tanaka[1], kazunari Tanaka[1]

1. 大阪工業大学
1. Osaka Institute of Technology

When it comes to landscapes, beautiful landscapes are formed from local climates such as history and customs by elements such as varying nature and demographic structures. A feature that creates these beautiful landscapes is the linear landscape element. This linear element is characterized as being beautiful because landscape elements that can be continuously viewed form a beautiful landscape such as a building that looks continuous due to the shape and color, in addition to linear landscape elements such as rivers and roads. Hypotheses concerning continuity and image are present not only in urban landscapes, but also in the landscape of rural areas and mountainous regions. Therefore, in this research, focusing on a bird's eye view from high vantage points, we aim to examine urban landscapes by analyzing their elements, shape, view and area. As for the examination method, analyzed and expressed the continuity of streets, rivers, green roads etc, using image analysis and GIS. From the results, extract and consider the relationship between the position and shape of elements with regards to continuity and the beauty of urban landscapes.

キーワード：高層建築、俯瞰景観、連続性
Keywords: High-rise building, Bird's eye view Landscape , Continuity

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[H-CG31] 原子力と地球惑星科学

コンビーナ:笹尾 英嗣(国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター)、幡谷 竜太(一般財団法人　電力中央研究所)、竹内 真司(日本大学文理学部地球科学科)、座長:新里 忠史

原子力の平和利用は，エネルギー問題や環境問題等を解決するための糸口になると考えられるが、その一方で，福島第一原子力発電所事故を契機として，原子力施設の耐震安全性，放射性物質の環境動態や放射性廃棄物の処理・処分等の諸問題が顕在化している。また，2017年には高レベル放射性廃棄物地層処分に係る「科学的特性マップ」が公表され，2018年からは同マップに関する対話型全国説明会が開催されるなど，国を中心に地層処分への理解促進に向けた動きが進められ，原子力に対する地球惑星科学に関わる研究者・技術者の説明責任も大きくなっている。本セッションでは，放射性廃棄物の処分に主軸を置き，地層処分や中深度処分の安全性に大きな影響を与える可能性がある，地質環境特性，微生物ー核種相互作用，鉱物ー水相互作用，セメントー地下水相互作用などに関する発表を広く募集する。加えて，原子力発電所敷地内の活断層やセシウム等の放射性核種の環境動態、汚染除去土壌の減容・再利用など，原子力と地球惑星科学に関連するテーマの発表も歓迎する。これらの発表によって，理学・工学，社会科学といった異文化の交流や協働を促進することを目指す。

9:00 ~ 9:15

[HCG31-01] 陸域からの外挿による沿岸海域の後期更新世の隆起量評価とその不確実性

*幡谷 竜太[1]、濵田 崇臣[1]、清水 洋平[1] (1.一般財団法人　電力中央研究所)

9:15 ~ 9:30

[HCG31-02] 沿岸部における地下水流動性の地下水年代測定による調査

*長谷川 琢磨[1]、中田 弘太朗[1]、富岡 祐一[1]、太田 朋子[1]、丸井 敦尚[2]、町田 功[2]、井川 怜欧[2]、小野 昌彦[2]、松本 親樹[2] (1.一般財団法人　電力中央研究所 、2. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

9:30 ~ 9:45

[HCG31-03] 地下坑道での弾性・比抵抗測定に基づいた岩盤透水性の推定

*川口 草太[1]、後藤 忠徳[1]、柏谷 公希[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

9:45 ~ 10:00

[HCG31-04] 地下水および物質移行経路と花崗岩冷却過程の関係に関する検討

*笹尾 英嗣[1]、湯口 貴史[2]、石橋 正祐紀[1] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、2.山形大学　理学部)

10:00 ~ 10:15

[HCG31-05] 物質移行の観点から見た付加体中の不連続構造の特徴

*竹内 真司[1]、倉田 力[1]、丹羽 正和[2]、植木 忠正[2] (1.日本大学文理学部地球科学科、2.日本原子力研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[HCG31-06] Retardation of Cs and Sr leachings by geopolymer matrices with zeolte and titanate adsorbent

*黒田 知眞[1]、Soonthornwiphat Natatsawas[1]、Chaerun Raudhatul Islam[1]、Hnin Wint Wint Two[1]、戸田 賀奈子[1]、小林 佑太朗[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2] (1.北海道大学工学院、2.北海道大学工学研究院)

陸域からの外挿による沿岸海域の後期更新世の隆起量評価とその不確実性
Uplift estimation in coastal sea area by extrapolation of the land area model and its uncertainty

*幡谷 竜太[1]、濵田 崇臣[1]、清水 洋平[1]
*Ryuta Hataya[1], Takaomi Hamada[1], Yohei Shimizu[1]

1. 一般財団法人　電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

１．はじめに

平成27-28年に国の研究会[1]において、沿岸海底下を含む沿岸部での地層処分が議論され、課題が抽出された。我々はこれを踏まえ、沿岸海域の隆起量評価に取組んでいる。昨年度は、後期更新世以降の隆起運動の一様傾動モデル(隆起量分布の平面近似モデル)を構築し、データセットの違いがモデルとその外挿から見積もられる海域の隆起量に大きく影響することを報告した[2]。これを受け、本発表では、モデルの絞り込みとデータ・モデルの不確実性の評価方法について検討する。

２．研究手法

概要調査を念頭に、基本的には従来手法を踏襲する。陸域では、段丘に関わるデータ(段丘を構成する地質、テフラなどの年代情報など[3, 4など])を収集し、段丘編年を検討する。続いて、後期更新世の隆起量の指標となる海成・河成段丘の分布から[5など]、隆起量分布を把握する。隆起量分布から三次元の隆起運動モデルを構築し、それを海域へ外挿する。モデルの検証として、新第三紀以降の地史を考慮した考察を行う。不確実性の検討として、仮想的なものも含め、段丘編年に関わる複数のモデルに基づく海域の隆起量評価を行い、比較・検討する。

３．事例研究

段丘が広く分布し、後期更新世以降の隆起量が比較的大きいことで知られる宮崎平野中・北部を取り上げた。

(1) 後期更新世以降の隆起量モデル

先行研究の再検討を行い、これらで示された段丘の対比・編年を踏襲した。よって、基本データセットと構築された後期更新世以降の陸域の平均的な隆起モデルは、幡谷ほか[2]と同じ一様傾動モデルである。

(2) 地質構造からのモデルの絞り込み

鈴木[6]の走向線図並びに海上音波探査記録の再解析によれば、宮崎層群は現海岸線よりも東に振れた北北東走向・東南東傾斜の同斜構造を示している。これは宮崎層群堆積以降の運動の反映と解釈できる。

また、海上音波探査記録の再解析によれば、宮崎層群と上位更新統の地表境界は、北北西方向を呈す。また、海域の宮崎層群分布域には多数の谷が刻まれているのに対し、更新統分布域はなだらかな陸棚地形を呈す。これらは更新世における北北西方向の汀線の存在と東北東方向の傾動を示唆する。

一方、九州中・南部は、測地(GPS)により反時計回りの運動をしていることが知られている[7など]。

以上により、少なくとも宮崎層群堆積時から現在に至るまでの反時計回りの回転運動が考えられる。このことから、この地域の後期更新世以降の隆起運動は、東北東への傾動と考えるのが妥当であろう。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(3) 隆起モデルとその外挿の不確実性の検討

基本データセットより一部を割愛したもの、一部のデータを差し替えたもの(別の編年の作業仮説に基づく)から作ったモデル群に基づき、外挿した沿岸海域の後期更新世の平均隆起速度分布を比較した。今回の検討では、段丘編年の違いよりも、データの量による見積の差異が大きかった。

４．まとめ

陸域の隆起モデル(作業仮説)は、隆起量のデータセットに依存する。考えうるデータセットから構築されたモデルの絞り込みの方法として、地史的な検討が考えられる。また、データセットの不確実性の影響は、今回は、段丘編年の違いよりも、データの量(分布)が大きかった。引き続き研究事例を蓄積したい。更に、これらは、内陸部を含む広い範囲での隆起量分布の把握が重要であり、MIS5e段丘以外の時代に形成された段丘も指標にした隆起量データの取得の必要性を示している。

【謝辞】

本研究は経済産業省「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分技術に関する調査等事業(沿岸部処分システム高度化開発)」の一環として実施した。本事業の共同実施者の一つである(国研)日本原子力研究開発機構の方々には有益な助言を頂いた。 (株)ダイヤコンサルタント、川崎地質(株)に調査のご協力頂いた。また、海域の検討では、(国研)産業技術総合研究所より開示して頂いた海上音波探査記録等を使用した。以上の方々に深く謝意を表す。

【文献】

[1]経済産業省、沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment.html#engan_kaiteika
[2] 幡谷ほか、2018、日本地球惑星科学連合2019大会演旨、HCG27-02.
[3] 町田・小池、2001、日本の海成段丘アトラス、東京大学出版会.
[4] 長岡ほか、2010、地学雑誌、119、632-667.
[5] 吉山・柳田、1995、地学雑誌、104、809-826.
[6] 鈴木秀明，1986、東北大學理學部地質學古生物學教室研究邦文報告，90，24p.
[7] 地震調査委員会、2013、九州地域の活断層の長期評価（第一版）.

キーワード：高レベル放射性廃棄物、地層処分、沿岸部、隆起、第四紀
Keywords: high level radioactive waste, geological disposal, coastal area, uplift, Quaternary

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸部における地下水流動性の地下水年代測定による調査
Deep groundwater mobility at costal area estimated by groundwater dating

*長谷川 琢磨[1]、中田 弘太朗[1]、富岡 祐一[1]、太田 朋子[1]、丸井 敦尚[2]、町田 功[2]、井川 怜欧[2]、小野 昌彦[2]、松本 親樹[2]
*Takuma HASEGAWA[1], Kotaro NAKATA[1], Yuichi Tomioka[1], Tomoko Ota[1], Atsunao Marui[2], Isao Machida[2], Reo Ikawa[2], Masahiko Ono[2], Shinji Matsumoto[2]

1. 一般財団法人　電力中央研究所 、2. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

高レベル放射性廃棄物の最終処分では、科学的特性マップが示され、輸送の観点から、沿岸部が処分候補地として適正が高いとされている。この沿岸部深部での地下水の流動性を調査するために、沿岸域の大深度ボーリング（1000m級）から地下水を採取し、地下水年代測定を実施した。地下水の主要溶存イオンと^{3}H、^{14}C、^{36}Clなどについて調査した。この結果に基づいて、沿岸部の地下水を現海水、現降水、氷期降水、化石海水の4種類に分類した。Cl濃度が低い地下水(1900mg/l以下)を降水系、Cl濃度が高い地下水を海水系とした。^{14}C濃度を有意に含む地下水(10pMC以上)を若い地下水(現海水・現降水)、有意に含まない地下水を古い地下水(氷期降水・化石海水)とした。この結果、海水系の地下水は、^{14}C濃度が高い現海水と^{14}C濃度が低い化石海水に分類された。現海水の^{36}Cl/Clは現海水程度(=0.7×10^{-15})であり、化石海水の^{36}Cl/Clは現海水よりも高かった。これは、化石海水が^{36}Clの原位置生成の影響を受けるほど古いことを示している。このため、現海水と化石海水は、^{14}Cだけでなく、^{36}Clからも分類の妥当性を確認できた。現降水と氷期降水の区分については、水素酸素同位体比や涵養温度の推定が困難なため、分類の妥当性を確認できていない。ただし、^{36}Cl/Clから現降水中の^{36}Clは現海水由来、氷期降水の^{36}Clは化石海水由来と推定できた。このため、混合している地下水の古さから、間接的に地下水の古さが表されていると考えられる。

この結果、現降水と現海水に分類された地下水は約40%、氷期降水・化石海水に分類された地下水は約60%となった。

本研究は、経済産業省からの受託研究「沿岸部処分システム高度化開発」として実施したものである。ここに記して謝意を表します。

キーワード：地下水年代、沿岸部、放射性同位体
Keywords: groundwater dating, costal area, radioactive isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地下坑道での弾性・比抵抗測定に基づいた岩盤透水性の推定
Attempt to Estimate permeability of rock mass based on elasticity and resistivity measurement in underground tunnel

*川口 草太[1]、後藤 忠徳[1]、柏谷 公希[1]
*Sota Kawaguchi[1], Tada-nori Goto[1], Koki Kashiwaya[1]

1. 京都大学大学院工学研究科
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University

Fracture distribution in the rock has a great influence on the groundwater flow. So, it is necessary to grasp its characteristics for resource exploration and geological disposal of radioactive waste. Previous studies have been attempting to grasp the hydraulic characteristics on a local scale using boreholes and the like, but it is considered difficult to grasp the hydraulic characteristics in undrilled areas. In this study, we tried to estimate the permeability of rocks in deep underground from physical property values like resistivity and Young's modulus in order to grasp macroscopic hydraulic characteristics of rock including fracture. The validity of the present estimation method was examined, by comparing this estimated value with the measured value.

The survey area is the research tunnel exposed bedrock (depth 300 m, 500 m) of the Mizunami underground research labolatory of the Japan Atomic Energy Agency, located in Mizunami-city, Gifu Prefecture. In this area, a lot of logging data is published and the fracture distribution in the gallery is also examined in detail.(eg. Ishibashi et al.,2016) Furthermore, permeability of the same rock is measured in 2015 (Sato, 2015). In this study, we measured resistivity using a small electric surveying device (4 pole method with electrode interval of about 10 cm) in addition to these. Young's modulus was measured using a Schmidt-lock hammer.

In this study, the permeability was estimated using a rock physics model. The resistivity was expressed as follows using modified archie’ s law (Katsube and Hume,1983)(1).

$\sigma_{eff}=a\,\sigma_w\,\Phi^m+\sigma_c c$(1)

Where σ_{eff} is electrical conductivity of rock, $a$is toriosity, σ_w is relectrical conductivity of pore water, $\Phi$is porosity, m is cementation factor, σ_c is clay reistivity.The elasticity of rock, was expressed as follows using Gassmann’ s Relation (Gassmann, 1951) added clay effect (2).

$1/K=1/K_m+\Phi/K_w+c/K_c$(2)

Where K is bulk module of rock, K_m is bulk module of mineral, $\Phi$is porosity, K_w is bulk module of pore water, c is clay content, K_c is bulk module of clay. Where K is bulk module of rock, Km is bulk module of mineral, $\Phi$is porosity, Kw is bulk module of pore water, c is clay content, Kc is bulk module of clay. The porosity and the clay content rate were two unknown parameter, and these were determined from the measured values of resistivity and bulk modulus by Nelder-Mead method. Permeability was estimated from Kozeny-Carman's equation (Carman, 1961) for plane crack (3).

$k=\Phi t^2/8\,\tau^2$

k is permeability, $\Phi$is porosity, t is opening width, τ is tortuosity.

Estimated value of pemeability and measured value are consistent with estimated value and error of about one digit in many rock parts.

We will use other rock physics models like unsaturated pore and data obtained from laboratory experiments and loggingdate to further improve the estimation accuracy of permeability.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地下水および物質移行経路と花崗岩冷却過程の関係に関する検討
Study on relationship between pathway of groundwater and mass transport, and cooling process of granitic rock

*笹尾 英嗣[1]、湯口 貴史[2]、石橋 正祐紀[1]
*Eiji Sasao[1], Takashi Yuguchi[2], Masayuki Ishibashi[1]

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、2. 山形大学　理学部
1. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 2. Faculty of Science, Yamagata University

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては，花崗岩などの結晶質岩では割れ目が地下水流動や物質移動の経路になることから，その分布を知ることが重要である。筆者らは岐阜県南東部に分布する土岐花崗岩を事例として，花崗岩中の割れ目の形成および充填の履歴を花崗岩マグマ定置後の地史と合わせて検討してきた（笹尾ほか，2015）。また，石橋ほか（2016）は肉眼観察では変質の認められない花崗岩において，斜長石中に微視的空隙が存在することを見出すとともに，この空隙がマトリクス拡散経路として機能していることを明らかにした。この微視的空隙はマグマ冷却過程で生じる初生的な変質により形成されたと推定されており，花崗岩冷却過程で生じる諸現象が地下水や物質の移行経路の形成・発達に果たす役割がある可能性を示唆する。

土岐花崗岩においては，筆者らによる一連の研究によって，花崗岩体の冷却過程（Yuguchi et al., 2019a, 2012）やその過程に生じた鉱物の変質（Yuguchi et al., 2015, 2019b），割れ目の形成および充填の履歴（石橋ほか，2014, Ishibashi et al., 2016）が明らかにされている。本研究ではこれらの研究成果に基づいて，花崗岩冷却過程と地下水および物質移行経路形成の関係を検討した。

Yuguchi et al.（2019a）は土岐花崗岩で得られた15個の岩石試料に対して，熱年代学的な手法を用いて岩体内の領域ごとの温度時間履歴を復元し，温度時間履歴は岩内の位置に応じて特有の性質（冷却速度の相違など）を有することを明らかにした。さらに，領域ごとの温度時間履歴と割れ目の分布について比較検討を行い，800℃から300℃に至るまでの冷却時間と割れ目発生頻度の間に関連があることを見出した。冷却時間が長い場合，割れ目頻度が高く，冷却時間が短い場合，割れ目頻度が低くなり，冷却時間と割れ目発生頻度との間には良い相関がみられることが分かった。

この一方で，Yuguchi et al.（2012）はYuguchi et al.（2011a,b）で報告した長石の組織に基づいて算出される“Local Cooling Index（LCI）”（局部的な冷却過程の均一さを測る指標であり，LCIが大きいほど局部的な冷却過程が不均一であることを示す）と割れ目頻度を比較した。その結果，LCIと割れ目頻度に相関があり，LCIが大きいほど割れ目頻度が大きいことを明らかにした。これらをまとめると，土岐花崗岩体においては，冷却速度が遅いものの，局部的な冷却過程が不均一である箇所において割れ目頻度が高いと言える。

斜長石中の微視的空隙について，石橋ほか（2016）は花崗岩冷却直後の初生的な熱水変質によるものと考えているが，その後，Yuguchi et al.（2019）によってさらなる検討が進められた。その結果，斜長石の変質は黒雲母の変質と一連の反応として生じた可能性が高く，350℃～180℃の温度領域で形成されたと考えられた。石橋ほか（2014）は割れ目を充填する比較的細粒の方解石は，斜長石中のCa成分が熱水に溶け出し，割れ目中に方解石として沈殿したと推察している。このことは，斜長石（および黒雲母）を変質させた熱水と割れ目充填鉱物の方解石を沈殿させた熱水は同一のものであることを意味する。熱水の起源については明らかではないが，Yuguchi et al.（2015）で黒雲母の変質が検討された試料は，肉眼およびBTV観察では近傍に割れ目が認められない場所から採取されており，割れ目に流入した熱水というよりは花崗岩冷却過程で形成される熱水によるものであることを示唆する。

以上より，地下水の移動経路である割れ目や物質移行経路（の一つと考えられる）である斜長石中の微視的空隙は花崗岩冷却過程において形成されたものであると言える。したがって，花崗岩冷却過程を検討することによってこれら移行経路の分布をより良く理解できる可能性を示す。

（文献）

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石橋ほか，2014；応用地質, 55, 156-165.
Ishibashi et al., 2016；Eng. Geol., 208, 114-127.
石橋ほか，2016；原子力バックエンド研究, 23, 121-129.
笹尾ほか，2015；JpGU2015, HCG34-01.
Yuguchi et al., 2011a；J. Mineral. Petrol. Sci., 106, 61-78.
Yuguchi et al., 2011b；J. Mineral. Petrol. Sci., 106, 130-141.
Yuguchi et al.，2012；Eng. Geol. 149-150, 35-46.
Yuguchi et al., 2015；Am. Mineral., 100, 1134-1152.
Yuguchi et al., 2019a；J. Asian Earth Sci.，169, 47-66.
Yuguchi et al., 2019b；Am. Mineral., in press.

キーワード：花崗岩、マグマ冷却過程、割れ目、微視的空隙
Keywords: granite, cooling process of granitic magma, fracture, micropore

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

物質移行の観点から見た付加体中の不連続構造の特徴
Fracture characterization in the accretionary complex from the view point of mass transfer

*竹内 真司[1]、倉田 力[1]、丹羽 正和[2]、植木 忠正[2]
*Shinji Takeuchi[1], Chikara Kurata[1], Masakazu Niwa[2], Tadamasa Ueki[2]

1. 日本大学文理学部地球科学科、2. 日本原子力研究開発機構
1. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities & Sciences, Nihon University, 2. Japan Atomic Energy Agency

１．はじめに

日本列島の地質の基盤の大部分は、付加体で構成されていると考えられている（狩野ほか、1998）ことから、高レベル放射性廃棄物の地層処分のサイト選定において付加体は無視できないと考えられる。付加体中にはプレートの沈み込みに伴って形成された亀裂や断層などの不連続構造が多数存在するため、放射性物質は地下水とともに不連続構造中を移行することが懸念される。このため付加体中の不連続構造が有する物質移行上の特徴を理解することが重要である。本研究では、新第三紀および先新第三紀付加体中に観察される断層などの不連続構造を含む試料を採取し、地質学的な観察や室内透水試験などを行い、亀裂物質移行上の特徴について検討している（竹内ほか2018）。

調査対象は、新第三紀付加体が分布する三浦層群三崎層（神奈川県三浦市）および先新第三紀付加体が分布する秩父帯（東京都あきる野市）とした。三崎層では、普遍的に発達する“面なし断層”（井尻ほか、1955）を含む試料、秩父帯では付加体を特徴づけるメランジュ中の基質部の泥岩を採取し、光学顕微鏡観察、走査電子顕微鏡（SEM）観察、走査型Ｘ線顕微鏡（XGT）分析、室内透水試験などを実施した。

２．新第三紀付加体

神奈川県三浦半島南端に露出する三浦層群三崎層中には面なし断層が網目状に普遍的に発達する。昨年度までの検討において、観察対象とした面なし断層の断層部では母岩の細粒化はあるものの、元素分布にはほとんど変化が観察されないことがSEM観察およびXGT観察により確認された（竹内ほか2018）。今回、SEM画像を用いて母岩部と断層部の空隙率を測定した。測定は村上ほか（2008）を参考に、画像処理により空隙と鉱物で二値化した後に空隙の面積率を測定した。300倍に拡大した画像観察において複数個所で測定した結果、断層部の空隙率の平均値は約1.2%、母岩部のそれは約2.7%となり、断層部が低い値を示すことが判明した。また、室内透水試験（変水位透水試験）において、面なし断層に直交する方向と面なし断層を含まない試料の透水係数を算出した結果、前者では約6E-9 (m/s)、後者では2E-8 (m/s)の値が得られたことから、面なし断層を含む岩盤が透水異方性を有することが明らかとなった。以上の結果から、網目状に発達した面なし断層を含む新第三紀堆積岩においては、断層で囲まれた領域内で物質移行の遅延効果が期待される。

３．先新第三紀付加体

泥岩試料の薄片観察の結果、せん断運動に伴う鱗片状へき開が観察された。また、XGT分析の結果、へき開沿いにFeの濃集が確認された。へき開を横断する方向のFeの濃度（XGTのカウント数）は、へき開部にほぼ限定されており、周辺母岩側への拡散は認められなかった。ただし、このFeの変質は、最近の地表付近での地下水による汚染の可能性も否定できない。室内透水試験（変水位透水試験）により、へき開面に直交する方向と平行な方向の透水係数を算出した結果、へき開面に平行な方向では約4E-8 (m/s)、直交方向のそれは約2.5E-8

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(m/s)の値を示した。このことから、泥岩基質部には若干の透水異方性が存在することが推定される。透水異方性に大きな差が認められないのは、鱗片状へき開のへき開面が湾曲していることや、地表部での風化により、深部の新鮮な試料と比較して開口していることなどが考えられる。以上の結果から、泥岩基質部中のへき開面は物質移行上の選択的な移行経路となり得るものと考えられる。

4. まとめ

新第三系付加体に発達する面なし断層および先新第三系付加体に発達する鱗片状へき開を対象として地質試料の観察、各種顕微鏡観察、室内透水試験などにより、物質移行上の特性として以下の知見を得た。

・新第三紀付加体中に発達する面なし断層は、母岩が細粒化し、明瞭な透水異方性を示すことから、物質移行上のバリアとなることが期待される。

・先新第三紀付加体中に発達する鱗片状へき開は、透水異方性は弱く、へき開面が選択的な物質移行上の経路となり得る。

以上の結果を踏まえて、新旧付加体中の不連続構造における物質移行上の特性を示す概念モデルを構築した。今後は、より新鮮な試料を用いた検討により、物質移行概念モデルを適切に改良する予定である。

キーワード：地層処分、付加体、新第三紀、先新第三紀、物質移行
Keywords: Geological disposal, Accretionary complex, Neogene, Pre-Neogene, Mass transfer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Retardation of Cs and Sr leachings by geopolymer matrices with zeolte and titanate adsorbent

*黒田 知眞[1]、Soonthornwiphat Natatsawas[1]、Chaerun Raudhatul Islam[1]、Hnin Wint Wint Two[1]、戸田 賀奈子[1]、小林 佑太朗[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2]
*Kazuma Kuroda[1], Soonthornwiphat Natatsawas[1], Chaerun Raudhatul Islam[1], Hnin Wint Wint Two[1], Kanako Toda[1], Yutaro Kobayashi[1], Tsutomu Sato[2], Tsubasa Otake[2]

1. 北海道大学工学院、2. 北海道大学工学研究院
1. Graduate school of Engineering, Hokkaido University, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

After the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS) that occurred due to the Tohoku big earthquake in 2011, contaminated water with radioactive nuclides such as cesium (Cs) and strontium (Sr) have been continuously generated due to cooling of fuel debris by water. Zeolite or titanate adsorbents have been used for removing Cs or Sr from the contaminated water. The spent adsorbents would probably be solidified for the safety storage and disposal. Glass and cement have been proposed for solidifying binder. However, they have some disadvantages such as generation of secondary radioactive waste during vitrification and large amount of waste volume limited by bigger free water volume. Recently, geopolymer is considered as new binder which has potential to solve the above disadvantages for safety disposal of the spent adsorbent. Geopolymer has the potential to decrease total volume of solidified substances comparing cement because amount of containing free water is less than that containing cement. Primary phases of geopolymer such as calcium silicate hydrate (C-S-H) or potassium alumino silicate hydrate (K-A-S-H) may have property for sorbing radioactive nuclides. Furthermore, it is possible to obtain the desirable phases by changing the type and ratio of the starting materials. So, the appropriate primary phases could be designed depending on the type of the radioactive nuclide in disposed radioactive waste. However, there are few data about leaching behavior of radioactive nuclides from geopolymer in real disposal condition. In this context, this study was conducted leaching and sorption experiments to understand the leaching behavior from geopolymer with zeolite or titanate containing Cs or Sr.
In this study, geopolymer samples from mixing of KOH, metakaoline and water glass were investigated in leaching experiments. From the leaching experiments of Cs and Sr from geopolymer with titanate, most of Sr was tightly remained after 90 days even without titanate. This means that K-A-S-H matrix formed after the mixing has high capacity for Sr storage. On the other hand, small part of Cs (around 4%) was leached out after 90 days. However, although it is well known that Cs and Sr are easily leached out from cement matrix (A. El-Kamash, et al., 2006, and M. Takaoka, et al., 2015), K-A-S-H matrix is better in terms of Cs and Ss storage. From sorption experiments of Cs and Sr by using powder C-S-H and K-A-S-H samples as matrix components of cement and geopolymer, it is cleared that K-A-S-H has higher sorption capacity than that of C-S-H. From desorption experiment of Cs and Sr using deionized water from the C-S-H and K-A-S-H, it is cleared that almost of Cs was desorbed from C-S-H even for one day, while 90% of Cs was remained in K-A-S-H under the same condition. Consequently, K-A-S-H matrix in geopolymer has higher retention capacity than that of C-S-H matrix in cement. We conducted safety assessment for geopolymer and cement waste form in pit type disposal system using leaching ratio obtained in this study. From results of the assessment, K-geopolymer would be applicable for safety encapsulation and disposal of Cs and Sr as waste form.

キーワード：ジオポリマー、放射性廃棄物の処分、カリウムアルミノシリケート水和物、カルシウムシリケート水和物

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Geopolymer, Disposal of radioactive waste, Potassium almino silicate hydrate, Calcium silicate hydrate

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[H-CG31] 原子力と地球惑星科学

コンビーナ:笹尾 英嗣(国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター)、幡谷 竜太(一般財団法人　電力中央研究所)、竹内 真司(日本大学文理学部地球科学科)、座長:竹内 真司

原子力の平和利用は，エネルギー問題や環境問題等を解決するための糸口になると考えられるが、その一方で，福島第一原子力発電所事故を契機として，原子力施設の耐震安全性，放射性物質の環境動態や放射性廃棄物の処理・処分等の諸問題が顕在化している。また，2017年には高レベル放射性廃棄物地層処分に係る「科学的特性マップ」が公表され，2018年からは同マップに関する対話型全国説明会が開催されるなど，国を中心に地層処分への理解促進に向けた動きが進められ，原子力に対する地球惑星科学に関わる研究者・技術者の説明責任も大きくなっている。本セッションでは，放射性廃棄物の処分に主軸を置き，地層処分や中深度処分の安全性に大きな影響を与える可能性がある，地質環境特性，微生物ー核種相互作用，鉱物ー水相互作用，セメントー地下水相互作用などに関する発表を広く募集する。加えて，原子力発電所敷地内の活断層やセシウム等の放射性核種の環境動態、汚染除去土壌の減容・再利用など，原子力と地球惑星科学に関連するテーマの発表も歓迎する。これらの発表によって，理学・工学，社会科学といった異文化の交流や協働を促進することを目指す。

10:45 ~ 11:00

[HCG31-07] 地層処分における地下施設の閉鎖後モニタリングの留意点

*村上 裕晃[1]、渡辺 勇輔[1]、福田 健二[1]、岩月 輝希[1] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

11:00 ~ 11:15

[HCG31-08] 福島県阿武隈山地の森林域における放射性セシウム環境動態に関する長期モニタリング

*新里 忠史[1]、渡辺 貴善[1]、佐々木 祥人[1]、三田地 勝昭[2]、伊藤 聡美[1]、阿部 寛信[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.エイ・ティ・エス株式会社)

11:15 ~ 11:30

[HCG31-09] 福島第一原発汚染水問題を踏まえた地層処分の問題点

*柴崎 直明[1] (1.福島大学)

11:30 ~ 11:45

[HCG31-10] 新潟県を例にHLRW科学的特性マップの非科学性の検証と、処分場検討の進め方の基本課題

*赤井 純治[1]、大野 隆一郎 (1.新潟大学名誉教授)

11:45 ~ 12:00

[HCG31-11] 埼玉県における「科学的特性マップ」の問題点と高レベル放射性廃棄物（HLW）の保管方法

*関根 一昭[1]、末永 和幸[2]、小林 忠夫 (1.埼玉県立秩父高等学校、2.末永環境地質調査事務所)

12:00 ~ 12:15

Discussion

地層処分における地下施設の閉鎖後モニタリングの留意点
Focus points of post-closure monitoring in geological disposal

*村上 裕晃[1]、渡辺 勇輔[1]、福田 健二[1]、岩月 輝希[1]
*Hiroaki Murakami[1], Yusuke Watanabe[1], Kenji Fukuda[1], Teruki Iwatsuki[1]

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
1. Japan Atomic Energy Agency

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、施設閉鎖後に地質環境が初期状態に回復することを前提として安全評価が行われる。これまで、大規模地下施設の建設に伴い形成される掘削擾乱領域（Excavation disturbed Zone; EdZ）を対象に、水圧・水質の擾乱の程度や地質構造との関連性、操業期間中におけるその範囲の拡大などが研究されてきた。一方で、実際の地下環境における施設閉鎖後のEdZの回復に関する研究事例は、国内外において極めて少ない。この知見を得るためには、地下施設の建設前から閉鎖後まで継続して地下水モニタリングを行うことが一つの手段である。我々は、これまで瑞浪超深地層研究所（以下「瑞浪URL」）の建設前から操業中の地下水の水圧・水質変化に関するデータを取得してきた。それらの知見に基づき、地下施設の閉鎖後にモニタリングを実施する場合の留意点について検討したので、その結果を報告する。

検討に用いたデータは、瑞浪URLの深度500mの立坑に20～30m間隔で設置された集水リングの地下水（以下「立坑湧水」）の水質データと、瑞浪URLの立坑から約50m離れた地点に堆積岩から基盤花崗岩にかけて掘削されたボーリング孔（MSB-2号孔）の地下水の水質データである。これらの水質データの経時変化とその原因や地質・地質構造との関連性について検討した。なお、瑞浪URL周辺では、地下深部に相対的にCl濃度の高い地下水（以下「高Cl地下水」）が、地表付近では相対的にCl濃度の低い地下水（以下「低Cl地下水」）が分布している（Iwatsuki et al., 2005）。また、瑞浪URLの立坑湧水のCl濃度の変化から、立坑の掘削深度が深くなるにつれて深部から高Cl地下水が湧昇してきていることが明らかになっている（水野ほか, 2008）。

MSB-2号孔では、堆積岩中と花崗岩中で地下水の水質変化の傾向が異なる。礫岩層中の地下水のCl濃度は、立坑の掘削が当該深度に達してから数年間は低下傾向を示した。立坑の掘削により当該深度にあった高Cl地下水が排水され、上位から低Cl地下水が供給されたと考えられる。Cl濃度は、その後の数年間は一時的に上昇したが、現在は再び低下して礫岩層中の立坑湧水のCl濃度と同程度となっている。このことから、礫岩層中の地下水は、一時的に湧昇してきた深部の高Cl地下水の影響を受けたものの、立坑の掘削面がより深部へ移動するにしたがって当該深度における湧昇の勢いが弱まり、再び低Cl地下水によって希釈されたと推測される。一方、土岐花崗岩中の地下水のCl濃度は、立坑の掘削が当該深度に達した際に大きく低下したが、その後は約10年間かけて緩やかに上昇している。このことから、土岐花崗岩中の地下水は、初期は低Cl地下水によって希釈されたが、その後は深部から湧昇する高Cl地下水の影響を受け続けていると考えられる。

これらの結果は、水質分布が地質によって異なることに加えて、各深度の地下水の供給源が時間とともに変化していることを示す。これらの変化が認められた地点では、地下施設閉鎖後の水圧回復に伴い、再び地下水の供給源が変化すると予想できる。つまり、施設閉鎖後の地下水環境の回復過程を把握するためには、本研究で対象とした礫岩層のように地下水の供給源が変化している地点を選び、その分布範囲を把握した上で閉鎖後モニタリングを行うことが重要であると言える。逆説的に言えば、本研究で対象とした土岐花崗岩中の地下水のように地下水の供給源が大きく変化しない地点は、閉鎖後モニタリング地点としての重要性は低いと考えられる。

文献：Iwatsuki et al. (2005) App. Geochem., 20, 2283-2302. 水野ほか (2008) 日本原子力学会和文論文誌, 12, 89-102.

キーワード：地下水、地下施設の閉鎖、モニタリング
Keywords: Groundwater, Closure of underground facility, monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島県阿武隈山地の森林域における放射性セシウム環境動態に関する長期モニタリング

5 years monitoring results for the environmental dynamics of radiocesium in mountainous forest of the Abukuma Mountains, Fukushima

*新里 忠史[1]、渡辺 貴善[1]、佐々木 祥人[1]、三田地 勝昭[2]、伊藤 聡美[1]、阿部 寛信[1]
*Tadafumi Niizato[1], Takayoshi Watanabe[1], Yoshito Sasaki[1], Katsuaki Mitachi[2], Satomi Ito[1], Hironobu Abe[1]

1. 日本原子力研究開発機構、2. エイ・ティ・エス株式会社
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. ATOM TRANSPORT SERVICE CO., LTD

はじめに

東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所事故（以下、1F事故）に由来する放射性物質のうち、^{137}Cs（以下、Cs）は半減期が約30年と長く、今後長期にわたり分布状況をモニタリングし、その影響を注視していく必要がある。は、福島県阿武隈山地の生活圏に隣接する落葉広葉樹林（以下、コナラ林）及び常緑針葉樹林（以下、スギ林）において、2013年4月以来、森林内のCs分布と林内の移動及び林外への流出を長期観測している[1]。加えて、住民帰還が進む中で様々な森林環境におけるCs環境動態の把握が重要と考えられるため、土砂生産量が高いと見込まれる山岳地にて2013年8月より3年間[2]、生活圏に隣接する除染林地にて2016年3月より3年間[3]及び林床被覆が焼失した林野火災跡地での流出観測[4]を2017年6月より約2年間実施した。本論では、以上の観測結果を整理し、今後の課題を考察する。

観測地と手法

観測地は阿武隈山地の森林計6地点である。林内のCs移動と林外への流出を同時観測する地点として、生活圏に隣接するコナラ林とスギ林の未除染地を各1地点選定した。林外への流出観測地は、山岳地、コナラ林の除染地、林野火災跡地と非延焼地のスギ林に各1地点を設定した。林外へのCs流出観測では、傾斜約30度の森林斜面にステンレス製もしくは塩化ビニル製の板で区画した観測プロットを設置し、プロット下端部のトラップにて土壌等の流出物を全量回収した。地形が急峻な山岳地では流域単位で流出量を観測し、河川への流出点付近の治山ダムにおける埋積地形の変化から土砂流出量を算出した。Cs流出量（Bq/m^2）は、観測プロットもしくは流域面積、流出物の重量とCs濃度から算出した。林内における森林上部（樹冠）から森林の地表面（林床）へのCs移動量（Bq/m^2）は、林内雨量、樹幹流量及びリターフォール量を観測し、それらの採取面積と試料のCs濃度から算出した。林外へのCs流出率と林内の移動率は、観測地のCs存在量に対する流出量もしくは移動量の百分率とした。林床から土壌深部へのCs移動は、林床リターと深度20cmまでの土壌をスクレーパープレートで全量採取し、試料の採取面積、重量及びCs濃度からリター層と土壌各深度のCs存在量（Bq/m^2）を算出し深度分布の経年変化を比較した。

森林内のCs分布は、林床リターと土壌層を地下部、樹木を地上部として、地下部と地上部のCs存在割合を求めた。樹木試料は、観測地に分布する全樹木の直径の頻度分布に基づき代表木を5本選定して伐倒し採取した。樹木のCs存在量（Bq/m^2）は、樹木バイオマスと樹木各部のCs濃度から求めた樹木1本あたりのCs量（Bq/本）に樹木密度（本/m^2）を乗ずることで算出した。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

結果と考察

年間のCs流出率は、未除染のコナラ林で0.01－0.41%、スギ林で0.05－0.19%、山岳地で0.06－3.1%[2]、除染地で0.16－0.84%[3]、火災跡地では火災発生後の約半年間で2.6%、翌年は0.63%であった。樹冠から林床へのCs移動率は、未除染のコナラ林で0.23－3.09%、スギ林で0.36－1.04%の範囲であった。2015年の台風に伴い多量の土砂が堆積した山岳地を除き、いずれの森林環境においてもCs移動と流出率は最大数%であり、1F事故からの経過年数とともに低下する傾向にあることから、Csは今後とも林内に留まる傾向にあると考えられる。また、スギ林におけるCs存在量の約9割が2015年10月時点で地下部のリター層と土壌層に存在し、地下部では1F事故からの経過とともに、リター層から土壌表層にCs存在量の重心が移動していた。ただし、2016年8月には、林床のCs存在量の約70－80%が土壌表層0－5 cmに分布していた。

以上の結果は、森林内のCs分布が、栄養分の吸収を担う樹木細根の分布と類似していることを示す。林内での移動や林外への流出が限定的であることを踏まえると、今後は林床から林産物へのCs移行プロセス解明とフラックス算出が中心課題であり、チェルノブイリ原子力事故の事例からは、少なくとも1F事故後10年間を超えた長期観測が林産物の濃度予測に当たり必要と考えられる。

[1] Niizato et al., 2016, J. Environ. Radioact. 161, 11-21.

[2] 渡辺ほか, 2017, KEK proceedings, 2017-6, 122-126.

[3] 渡辺ほか, 2019, 第20回「環境放射能」研究会要旨論文集, P-23.

[4] 新里ほか, 2018, JpGU2018予稿集, HCG27-06.

[5] 梶本ほか, 2014, 森総研研究報告, vol.13, 113-136.

キーワード：東京電力福島第一原子力発電所事故、放射性セシウム、流出入量、山地森林
Keywords: TEPCO’s Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, radiocesium, input-output budgets, mountainous forest

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島第一原発汚染水問題を踏まえた地層処分の問題点
Problems of geological disposal based on the contaminated water issues at Fukushima Daiichi NPS

*柴崎 直明[1]
*Naoaki Shibasaki[1]

1. 福島大学
1. Fukushima University

深刻な原子力事故から8年が経過した福島第一原発では，汚染水問題がまだ解決していない．多くの汚染水対策が実施されてきたが，地下水バイパスや凍土壁の効果は予想されたものよりも限定的であった．これは，原発敷地の複雑な地質や水文地質に対する調査や理解が不足していたためである。この経験をもとに，発表者は2017年7月に経済産業省が公表した高レベル放射性廃棄物の地層処分のために科学的特性マップを検討した．このマップには，地下水や水文地質学に関する詳細な情報は示されていない．発表者は，水文地質学および地下水流動系の観点から，地層処分における重要な問題点を指摘する．

キーワード：福島第一原発、汚染水問題、地下水、地層処分、科学的特性マップ
Keywords: Fukushima Daiichi NPS, contaminated water issues, groundwater, geological disposal, Nationwide Map of Scientific Features for Geological Disposal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新潟県を例にHLRW科学的特性マップの非科学性の検証と、処分場検討の進め方の基本課題

Examination of "Nationalwide Map of Scientific Features" for HLRW geological disposal in case of Niigata Prefecture and fundamental problems in the fair discussion on this task

*赤井 純治[1]、大野 隆一郎
*Junji Akai[1], Ryuichiro Ohno

1. 新潟大学名誉教授
1. Emeritus Professor of Niigata University

●環境汚染と、微生物ー鉱物相互作用例

原発事故で,放射能は人間が完全にコントロールしがたいことを国民は広範に知った.筆者（赤井）の専門の鉱物学に関わり, Cs-微生物相互作用例とCs再循環過程を示した.このような、地表過程事例から地下過程の検討課題もありうる.

●新潟県の例でみるマップの非科学性の具体的指摘

科学的特性マップのNUMOの説明会が新潟市でも説明会が開催され,その場でも発言したが新潟県の地質で二,三例指摘する。１）粟島も適地グリーンとされているが,その南に新潟地震の震央があり地震で西に傾き東岸で１.5m程隆起した.おそらく活褶曲か活断層が成長し,傾動したように思えるが適地と考え難い.２）かつての巻原発予定地（新潟市）が今も東北電力によって管理下にあるが,この周辺だけグリーンになっているのは地質の相違ではない等もある.３）五頭山塊がグリーンで,宝珠山で予備的ボーリング調査がなされたようであるが目的を聞いても回答なかったとの市民の声がある.地質では「五頭山体花崗岩は非常に裂罅が多く,断層粘土を伴うところも多々見られる.さらに津川層層当層が五頭山の中腹や山頂に点在,五頭山西方でのボーリングで地下2000mに津川層層当層と上位の西山層相当層の境が確認され,少なくも440万年前から現在までの間に3000m近く隆起.それらは,断層によって階段状に分布.さらに,五頭山地西縁と西の笹神丘陵には膨大な土石流堆積物が堆積, 7 層準が確認されそれらは五頭山地側と笹神丘陵を挟み古いほど急勾配であり,かなり新しい時期まで山地側隆起がわかる.以上から核のゴミ処分場としては不適切な場所であろう.」（笹神団研　2012；高橋明私信）.４）柏崎刈羽原発敷地付近の問題もある。一般論で,イ）既存の詳細な地質図データを使っていない：地質図はその地域の地質特性を空間的にも時間的にも総合的に示す基本中の基本である.ロ）活断層の取り扱いが問題で,新たな活断層生成の可能性もあり予見は不可能である.2019年1月熊本での震度６弱,M５.1の地震は,活断層が知られない地であった.この一例で,活断層問題の危険性は決定的である.変動帯という本質は,そういう事であり,これを3.11大震災で国民は広く知った.処分場問題は,国民・社会がどう受け止めるか,ここを基本にするか、国民世論を無視するかの民主主義の問題でもある.ハ）地下水の影響が大きく,最大問題と言って良い.降水量の大きい日本で,地下水影響は多大で,地震,火山活動他の影響でどう裂罅が生成し地下水動態が変わるか,最大の問題である.水のあるところには地下微生物も作用する。以上から科学的特性マップは,極めて非科学的と結論づけうる.

●民主主義と科学者倫理の視点、学術会議の課題

日本学術会議は,学術と社会に関わる課題に重要な見解を学術界を代表して独立性を持って発出してきた：例えば,軍学共同問題の新声明など典型的.学術会議は,原子力委に対し2012年に回答し、後,フォローアップの委

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

員会を設置し,社会的合意形成に関する分科会からは,国民目線に立った報告を2014年に出した.技術的検討の分科会報告も統合し,2015年に12の提言を回答した.しかしこの12提言は,2012年報告,2014年社会的合意分科会報告から逸脱,矛盾し,後退している.例えば,暫定保管は原則50年,最初の30年をめどに合意形成と適地選定としている.従来は30年を一つの期間としてその後の長期の政策選択となっていた. 2012年,2015年回答でも,専門家間の合意形成を重視するが,2015年提言では地層処分推進にほぼ方向づけ,適地のリスト化まで触れている.活断層を避けうると明言もしている.専門家で、日本列島に地層処分に適した場所はないとの断言,或いは強い疑念が多数ある中,専門家の議論・合意を無視し,地層処分推進に傾斜の回答を出したことは,文書内で矛盾しており問題で再検討すべきである.但しこれら文書には,専門家の合意,社会的合意の尊重,そのための委員会・会議の提案等貴重なものもある.この精神を踏襲した国民的議論に転換すべきである.

海外例で,2017年に米,露,リトアニアの専門家による意見交流があり,千年万年の長期保管技術は無理だが,100間年完全に安全な管理法はありうるとの結論になったという（Oleg　Bodrov　私信）.このような国際的議論と交流することも重要である.

●公正な議論を

電力会社からの拠出金と派遣職員に依存するNUMOは事実上,原発再稼働を支え,政府の施策を支持し、忖度する組織であり,国民目線からは、中立,公正ではあり得ない.これは,説明会でもわかった.公正中立な専門家内の議論の場を持たなければ,国民の信頼は得られない。

キーワード：高レベル放射性廃棄物、科学的特性マップ、新潟、基本問題、非科学的、公正な議論
Keywords: High Level Radioactive Waste (HLRW), Nationalwide Map of Scientific Features, Niigata, Fundamental problem, unscientific, fair discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

埼玉県における「科学的特性マップ」の問題点と高レベル放射性廃棄物（HLW）の保管方法

Problems of the "Nationwide Map of Scientific Features for Geological Disposal" in Saitama prefecture and storage method of High-level Radioactive Waste (HLW)

*関根 一昭[1]、末永 和幸[2]、小林 忠夫
*Kazuaki SEKINE[1], Kazuyuki SUENAGA[2], Tadao KOBAYASHI

1. 埼玉県立秩父高等学校、2. 末永環境地質調査事務所
1. Saitama Prefectural Chichibu High School, 2. SUENAGA Environmental Geology

2017年に資源エネルギー庁から「科学的特性マップ」が公表された．地層処分に対して適地および不適地に関する候補地が色別に示されている．埼玉県では，北西端から南東方向に延びる線状の黄色で示された部分が最も顕著な不適地である．ほかに南東端の一部に掘削可能性のある地域等の不適切な地域が存在する．上記外の地域はおおむね適地とされている．

埼玉県の北部には関東平野北西縁断層帯が走る．主なものは深谷断層に代表される断層帯と綾瀬川断層に代表される断層帯である．この断層帯は次のように評価されている．傾斜は50°～70°の南西傾斜（深さ500m以浅），幅は20～25㎞程度，南西側隆起の逆断層，平均的なずれの速度は20～40㎝/ 1000年，過去の活動時期は約6200年前以降，約2500年前以前，1回のずれの量は5～6m程度（上下成分），平均活動間隔は1万3000～3万年程度，予想される地震の規模はマグニチュード8.0程度，今後300年以内の地震発生確率は0～0.1％である（地震調査研究推進本部地震調査委員会,2005）．

深谷断層系の長さは約80㎞とされているので（杉山,2000），「科学的特性マップ」の活断層に関わる不適地の基準が断層の長さの100分の1（NUMO, 2017）に従えば，不適地の幅は800mとなる．活断層の傾斜が50°という可能性があり，水平的広がりがあることを考えれば，線状部分外の地域が適地に分類されていることは妥当な結論とは言えない．

深谷断層および綾瀬川断層が起震断層として引き起こす地震は，一括して関東平野北西縁断層地震として扱われる．本地震における破壊開始点が北・中央・南の3地点にある場合が想定され，それぞれ震源の深さは北が約19㎞，中央と南が約17㎞とされている．たとえば破壊点が北の場合は，震源の破壊形態を同心円状破壊とすると吉見町・川島町を中心とした地域および本庄市，美里町を中心とした地域で震度7が分布し，断層周辺に震度6強，県内広域で震度6弱となる地域が分布すると想定されている（埼玉県,2014,2015）．北・中央・南のいずれの破壊点であっても，震度7・震度6強・震度6弱の強い揺れが，「科学的特性マップ」で示された黄色に塗色された部分を大きく超えて分布する．断層の南西側に傾斜する活断層の地下17～19㎞に震源があるとすれば，広域において強い揺れの地域が分布する可能性は高い．

地層処分された高レベル放射性廃棄物が十分に低い状態になるためには，数万～10万年の時間が必要と考えられている．その間に活断層が存在する活発な地域においては，新たな活断層が生じる可能性があり，それが直接地層処分場を貫き廃棄物および廃棄物貯蔵システムを破壊することも否定できない．漏洩した放射性物質が地下水の移動に伴い地上を含む人間環境に影響を与える可能性についても想定されている（NUMO,2018）．

放射性廃棄物の地層処分に関して，地下水流動が最も重要な要件（IAEA,1977）であることが指摘されているにもかかわらず，「科学的特性マップ」においてはそのことが反映されていない．地下深部での地下水流動

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

はほとんどないという説明（NUMO,2018等）があるが，関東地下水盆の深層において地下水流動が認められ，埼玉県北東部には関東平野における地下水の流出域があると想定されている（宮越ほか,2003;丸井,2014）．

しかしながら，地下水の挙動を正確に把握する方法については十分な知見が蓄積されているとは言い難く，福島第一原発の汚染水問題に見るように，わずか数10mの深度における地下水の挙動でさえ正確に把握できていない（柴崎, 2018;末永, 2018）.「科学的特性マップ」における適不適の分類を行うためには地下水に対する視点にいっそうの重点を置く必要があると考える．その際，地域地質を考慮することが極めて重要であり，過去に蓄積されてきた水文学や水理地質学の研究成果を反映させる必要がある（伊藤,2018など）．「科学的特性マップ」における問題点を解決し，十分な理解と住民への安全性への信頼を得られるまでの暫定的な地上保管等（学術会議, 2012），さらには継続的な地上保管等も含めて地層処分以外の選択肢も検討するべきであると考えられる．

キーワード：科学的特性マップ、関東平野北西縁断層帯、地下水、保管方法
Keywords: Nationwide Map of Scientific Features for Geological Disposal, Kanto Plain Northwest Rim Fault Zone, groundwater, storage method

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | 202 2F

[H-CG34] 原子力災害被災地おける農業再生と風評被害払拭のための教育研究

コンビーナ:溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)、座長:溝口 勝(東京大学)、登尾 浩助(明治大学農学部)

東日本震災以来、さまざまな大学が学生を現場に連れて行き、そこから現場ニーズを拾うことの重要性を気づかせる教育プログラムを実施している。本セッション代表者も、原発事故の3か月後から福島県飯舘村に赴き、NPO法人や農家と協働で独自の活動を展開してきた。本セッションでは、大学の現場教育やフィールド研究を通して観察された学生の意識の変化について報告してもらい、大学の社会的価値のあり方について議論する。

15:30 ~ 15:45

[HCG34-01] 原子力災害被災地おける農業再生と風評被害払拭のための教育研究

*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

15:45 ~ 16:00

[HCG34-02] 飯舘村「農」の再生に向けて

★招待講演

杉岡 誠[2]、*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科、2.飯舘村復興対策課)

16:00 ~ 16:15

[HCG34-03] 土壌分画別セシウム吸収による作物毎の違い

*二瓶 直登[1]、大前 芳美[1]、古川 真[1]、吉田 修一郎[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:15 ~ 16:30

[HCG34-04] 福島県飯舘村における山菜とキノコによる農業再生

*登尾 浩助[1]、福山 雄大[2]、藤田 理子[1]、杉野 弘明[2]、溝口 勝[2] (1.明治大学、2.東京大学)

16:30 ~ 16:45

[HCG34-05] 被災地におけるスタディツアーが参加者の抱く訪問先への愛着に与える影響 - 農学部学生を中心とした福島県飯舘村訪問を事例に -

*蛯谷 夏海[1]、溝口 勝[1]、杉野 弘明[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:45 ~ 17:00

Discussion

原子力災害被災地おける農業再生と風評被害払拭のための教育研究
Education and research for rehabilitation of agriculture against harmful rumors in nuclear disaster areas

*溝口 勝[1]
*Masaru Mizoguchi[1]

1. 東京大学大学院農学生命科学研究科
1. Graduate school of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

2011年の東日本震災以来、さまざまな大学が学生を現場に連れて行き、そこから現場ニーズを拾うことの重要性を気づかせる教育プログラムを実施している。本セッションコンビーナもまた、原発事故の3か月後から福島県飯舘村に赴き、NPO法人や農家と協働で独自の農地除染法を開発し作物の試験栽培をしてきた。また、2012年から学生の現場見学会を実施して現地訪問前後における学生の意識の変化を目の当たりにしてきた。こうした経験を通して、福島の農業復興には放射能汚染地というハンデにめげずに新しい日本型農業の創設にチャレンジする若者を育成することが必要であるとの考えに至り、2018年度から【大学等の「復興知」を活用した福島イノベーション・コースト構想促進事業】（文部科学省）で「飯舘村における農業再生と風評被害払拭のための教育研究プログラム」を実施している。本セッションではこのプログラムに参加している土壌物理学会関係者に呼びかけ、現場教育やフィールド研究を通して観察された学生の意識の変化について報告してもらい、大学の社会的価値のあり方について議論する。

キーワード：原子力災害、農業再生、風評被害払拭
Keywords: nuclear disaster, agriculture reborn, against harmful rumor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

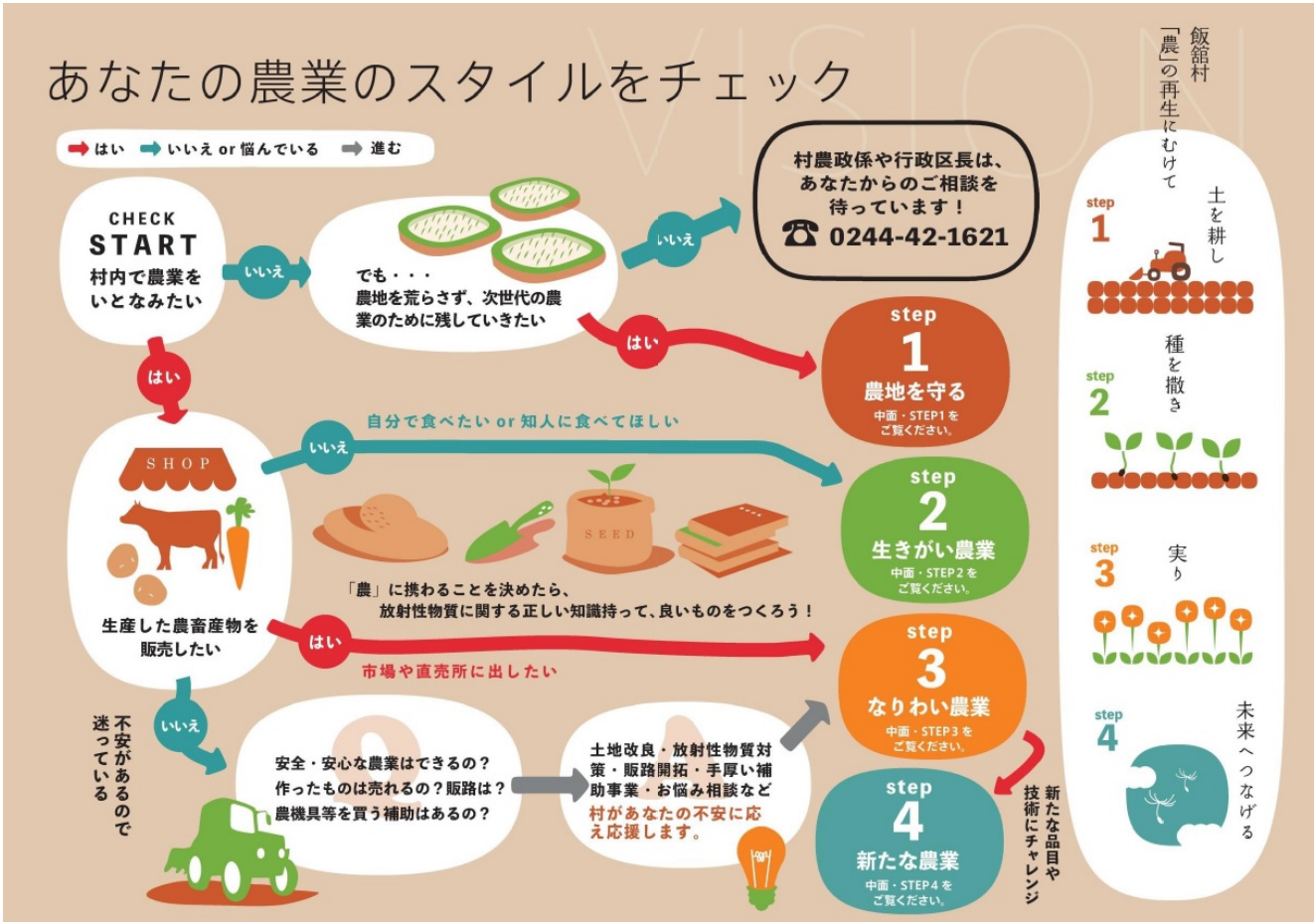
飯舘村「農」の再生に向けて
Towards the reborn of Iitate village 'Agriculture'

杉岡 誠[2]、*溝口 勝[1]
Makoto Sugisoka[2], *Masaru Mizoguchi[1]

1. 東京大学大学院農学生命科学研究科、2. 飯舘村復興対策課
1. Graduate school of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 2. Division of Reconstruction Measures, Iitate Village

東京電力福島第一原子力発電所の事故で全村民が避難していた飯舘村では平成2017年3月に一部地域を除き避難指示が解除されたが、生活環境の未整備、環境中の放射能への不安から、実際に飯舘村に定住している人は1割以下である。しかしながら、飯舘村役場は農家の希望に応じた４つの農業プラン（農地を守る農業、生きがい農業、なりわい農業、新たな農業）を提案し、「農」の再生に向けて努力している。本発表では、そうした取組を紹介する。

キーワード：飯舘村、農業、再生
Keywords: Iitate Village, agriculture, reborn



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

土壌分画別セシウム吸収による作物毎の違い
Difference among crop species by radiocesium absorption from different soil fractions

*二瓶 直登[1]、大前 芳美[1]、古川 真[1]、吉田 修一郎[1]
*Nihei Naoto[1], Yoshimi Ohmae[1], Makoto Furukawa[1], Syuichiro Yoshida[1]

1. 東京大学大学院農学生命科学研究科
1. The University of Tokyo, Graduate School of Agricultural and Life Sciences

福島第一原子力発電所事故に伴い広範囲に放射性セシウム（^{137}Cs）が降下した．^{137}Csの土壌中での存在形態には，作物が吸収利用しやすいと考えられている土壌分画（イオン交換態や有機物に吸着，f1分画と定義）と，作物が吸収利用しにくいと考えられる土壌分画（強酸抽出とフッ化水素酸による全分解成分，f2分画と定義）がある．どの土壌分画からどれだけ^{137}Csを吸収するかが分かれば，作物のCs吸収特性を把握することができる．しかし，これまで土壌分画ごとの^{137}Cs吸収量を示す手法の研究報告はない．そこで本研究では，作物の^{137}Csを吸収する土壌分画を把握するために，天然に存在する安定同位体セシウム（^{133}Cs）も調査することにより，各土壌分画からの移行係数（TF_{f1}とTF_{f2}と定義）を求めることで，作物中の各土壌分画由来の吸収割合（λ_1とλ_2と定義）と濃度を求めた．

ダイズ，ソバ，イネの3品目を，福島県水田土壌の除染による表土剥ぎによって得られた汚染土壌（^{137}Cs約22 kBq/kg，^{133}Cs約3.4 mg/kg）を用いてポットで30日間栽培し，地上部の^{133}Csと^{137}Cs濃度を測定した．栽培後の土壌を逐次抽出（酢酸アンモニウム抽出，過酸化水素分解，硝酸分解，フッ化水素酸による全分解）し，各土壌分画に含まれる^{133}Csと^{137}Cs濃度を測定した．計算の簡素化のため，土壌分画はf1（酢酸アンモニウム抽出，過酸化水素分解）とf2（硝酸分解，フッ化水素酸による全分解）の2分画に設定した．^{133}Csの測定は，ICP質量分析装置（パーキンエルマー, NexION350S），^{137}Csの測定はNaIシンチレーションカウンター（パーキンエルマー，Wizard）によって測定した．作物が吸収した各土壌分画量の判断は，$^{133}C_{f1}\times TF_{f1} + {}^{133}C_{f2}\times TF_{f2} = {}^{133}C_{作物,}$ $^{137}C_{f1}\times TF_{f1} + {}^{137}C_{f2}\times TF_{f2} = {}^{137}C_{作物}$ によって算出した．ここでC_{f1}またはC_{f2}はf1分画またはf2分画に存在する土壌のCs濃度，TF_{f1}またはTF_{f2}はf1分画またはf2分画土壌から作物へのCs移行係数，$C_{作物}$は作物のCs濃度を示す．

作物によってTF_{f1}とTF_{f2}は異なり，ダイズはf2分画からの吸収がソバよりも高かった．作物の^{137}Cs吸収のうちf1分画からは，ダイズは66 %，ソバは89 %，イネは76 %となり作物間差が確認された．さらに，カリウム施肥によるCs吸収抑制効果が，作物によって異なることが示された．また，作物の吸収特性を知る指標として^{137}Cs/^{133}Cs比を考案し，作物中の^{137}Csと^{133}Csを測定するだけで作物間の吸収能力差を判定した．これら各指標を考案・定義することで，作物の吸収能力を把握することを可能とした．

キーワード：放射性セシウム、土壌分画、ダイズ
Keywords: Radiocesium, soil fraction, soybean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島県飯舘村における山菜とキノコによる農業再生
Wild vegetables and mushrooms retrieving agriculter in Iitate Village, Fukushima Prefecture

*登尾 浩助[1]、福山 雄大[2]、藤田 理子[1]、杉野 弘明[2]、溝口 勝[2]
*Kosuke Noborio[1], Yudai Fukuyama[2], Satoko Fujita[1], Hiroaki Sugino[2], Masaru Mizoguchi[2]

1. 明治大学、2. 東京大学
1. Meiji University, 2. the Univewrsity of Tokyo

山林斜面に生育する山菜やキノコは、将来的には飯舘村の主要な農産物になる可能性がある。 福島第一原子力発電所からの放射性セシウムの降下物は、周辺の地表土壌を汚染した。 汚染された表層土壌の除去は、最近、農地では完了したが、山菜やキノコが生育する森林では実施されていない。 マツタケは、制御された環境下での栽培事例が無いので、日本では貴重な野生キノコの一つである。 マツタケは、飯舘村で農業を再生するための重要な農産物になり得ると考えた。 マツタケの生育環境条件を知るために、リター層の温度と気温を測定した。環境条件の予備結果を報告する。

キーワード：マツタケ、環境測定、土壌環境
Keywords: pine mushroom, sensing environmental factors, soil environment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

被災地におけるスタディツアーが参加者の抱く訪問先への愛着に与える影響 -農学部学生を中心とした福島県飯舘村訪問を事例に-

Effect of Study Tour toward Participants' Attachment on the Study Site - Case Study of University Student Tour to Iitate Village, Fukushiima Prefecture -

*蛯谷 夏海[1]、溝口 勝[1]、杉野 弘明[1]
*Natsumi Ebitani[1], Masaru Mizoguchi[1], Hiroaki Sugino[1]

1. 東京大学大学院農学生命科学研究科
1. Graduate school of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

東日本大震災の被災地での復興が進んでいるが、被害への理解の風化を感じる人は多い。しかし震災を教訓とし、復興後の発展を進めるためには、被災地域外の人に地域の魅力を伝え、交流の機会を作ることが必要である。そこで筆者らは被災地スタディツアーの定期開催を検討している。今年度は2018年10月～11月に、福島県飯舘村を訪問地としたケーススタディとして1泊2日のスタディツアーを3回実施した。ツアー前後には参加者である大学生(計44名)に質問紙調査を実施し、得られた結果を共起ネットワーク分析や因子分析により解析し、本スタディツアーが参加学生の農村への愛着等に対する影響を検証し、今後のスタディツアーについて検討した。

キーワード：スタディツアー、農村交流、地域愛着
Keywords: study tour, rural exchange, place attachment

©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30日(木) 13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS12] 地殻構造

コンビーナ:中東 和夫(東京海洋大学)、座長:村井 芳夫(北海道大学)、豊国 源知(東北大学)

固体地球の第一層を構成する地殻の構造について検討する．観測に基づく構造の記述やその進化の解明に加え，地震や火山など地殻内における諸現象の理解，地殻内物質の地質学的研究など，地殻に関わる多様な視点からの講演を歓迎する．また，これらの理解の基礎となる観測手法やデータ処理手法などについての発表も歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SSS12-01] 収縮脱水する大陸下部地殻：地殻活動への応力・流体の二元的作用

*小山 岳人[1] (1.東京大学生産技術研究所)

14:00 ~ 14:15

[SSS12-02] 海陸地震観測から得られた北海道南部の島弧－島弧衝突帯から太平洋プレート沈み込み帯前弧域の地震波速度構造

*村井 芳夫[1]、勝俣 啓[1]、高波 鐵夫[2]、渡邊 智毅[3]、山品 匡史[4]、長 郁夫[5]、田中 昌之[6]、東 龍介[7] (1.北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センター、2.米国ワシントンDCカーネギー研究所、3.マリン・ワーク・ジャパン、4.高知大学理学部、5.産業技術総合研究所、6.気象研究所、7.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

14:15 ~ 14:30

[SSS12-03] Structural Complexity Associated with Arc-Arc Collision in Hokkaido Island, Japan - Review on Controlled-Source Seismic Researches in Western and Central Hokkaido -

★Invited Papers

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、佐藤 比呂志[1] (1.東京大学地震研究所、2.千葉大学大学院理学研究院、3.地震予知総合研究振興会、4.北海道総合地質学研究センター)

14:30 ~ 14:45

[SSS12-04] Seismic imaging of the eastern Japan forearc region using S-net data

*豊国 源知[1]、趙 大鵬[1]、内田 直希[1]、中山 貴史[1] (1.東北大・理・予知セ)

14:45 ~ 15:00

[SSS12-05] いわき地域における地殻内反射面と地震活動との関係

*飯高 隆[1]、酒井 慎一[1]、五十嵐 俊博[1]、小原 一成[1]、加藤 愛太郎[1]、武田 哲也[2]、中川 茂樹[1] (1.東京大学地震研究所、2.防災科学技術研究所)

15:00 ~ 15:15

[SSS12-06] 首都圏下における異常な地震波異方性分布（１）フィリピン海スラブマントル

*石瀬 素子[1]、酒井 慎一[1]、加藤 愛太郎[1]、青井 真[2]、松原 誠[2] (1.東京大学地震研究所、2.防災科学技術研究所)

収縮脱水する大陸下部地殻：地殻活動への応力・流体の二元的作用
Shrinking and draining continental lower crust: its binary effects of stress and fluid on crustal activities

*小山 岳人[1]
*Takehito Koyama[1]

1. 東京大学生産技術研究所
1. Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

基本的に大陸地殻それ自体は、静的・受動的な多結晶岩石が地殻全体の構成要素とされ、非地震性の深部で延性的とされる。しかしこの性質は、未だ議論の続く地殻活動、つまり長期的安定性(アイソスタティックな崩壊への抵抗性)だけでなく、短期的諸現象、すなわち内陸部の水平圧縮状態(Zoback, et al. (1989))、内陸地震(Calais, et al. (2016))、そして希少な下部地殻地震(Simpson (1999))、も説明しにくく思える。

ならばこの地殻の、特に未知の多い下部を、再考することは可能だろうか。実は著者は、"相分離・不混和現象"を通じた、大陸地殻の流体排出を伴う収縮変形の可能性を、2012年JpGUにおいて発表した。そこで、今回はこの変形の原因としての新たな下部地殻を提案し、地殻活動について定性的だが総合的に考察する。

この下部地殻の基本物質として、SiO_2とH_2Oの二つを(他の元素、揮発性成分と共に)考える。これらの混合メルト系では、地殻深部の温度圧力条件において相分離が発生する(Kawamoto (2006), Hack, et al. (2007))。さらにSiO_2メルトは3次元超巨大分子ネットワーク構造を組む(Stebbins (2016))。よってこの過程は、水流体と分離する弾性的SiO_2ネットワークの体積収縮過程(Tanaka (2012), Koyama, et al. (2009), Koyama and Tanaka (2018))であるとみなせる(Tognonvi, et al. (2011)にこのSiO_2の収縮状態が示されている)。このネットワークの巨視的振舞いは、(結晶化前の)相分離ガラス、つまり、弾性的に固い自己収縮・排水する含水スポンジ、といったものである。

ここで下部地殻が、H_2O流体を排除し収縮するSiO_2ネットワークで構成され、通常の上部地殻と結合し相互作用していると考える(Figure)。この弾性収縮により上部地殻は下から水平に圧縮され、これにより地殻安定性と、内陸上部地殻内の地震を誘起する排除流体の間欠的注入がもたらされる。重要な点は、この収縮を指向する下部地殻はある程度の外部圧縮に追随するはずであり、非地震性または見かけの延性状態を示すことである。しかし弾性的SiO_2ネットワークに、応力・流体の二層間相互作用の下で大きな差応力が働くならば、その脆性挙動が下部地殻地震として現れると考えられる。

このように地殻深部について、一元的固体でなく、相分離過程で共存の二元的固体・流体を仮定することで、上部地殻と力学的・物質的に相互作用し、能動的収縮・脱水する下部地殻を用いた、地殻諸活動の定性的な説明が可能となる。

キーワード：大陸地殻、安定性、応力、地震、相分離現象
Keywords: Continental crust, Stability, Stress, Seismicity, Phase separation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

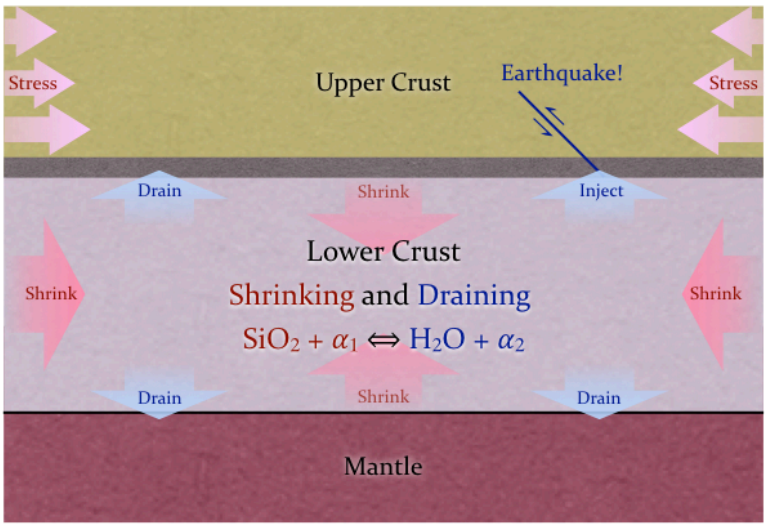


Figure: Self-squeezing lower crust mechanically and materially affecting the static and passive upper crust above.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海陸地震観測から得られた北海道南部の島弧ー島弧衝突帯から太平洋プレート沈み込み帯前弧域の地震波速度構造
Seismic velocity structure in southern Hokkaido deduced from ocean-bottom seismographic and land observations

*村井 芳夫[1]、勝俣 啓[1]、高波 鐵夫[2]、渡邊 智毅[3]、山品 匡史[4]、長 郁夫[5]、田中 昌之[6]、東 龍介[7]
*Yoshio Murai[1], Kei Katsumata[1], Tetsuo Takanami[2], Tomoki Watanabe[3], Tadashi Yamashina[4], Ikuo Cho[5], Masayuki Tanaka[6], Ryosuke Azuma[7]

1. 北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センター、2. 米国ワシントンDCカーネギー研究所、3. マリン・ワーク・ジャパン、4. 高知大学理学部、5. 産業技術総合研究所、6. 気象研究所、7. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington, 3. Marine Works Japan LTD, 4. Kochi University, 5. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 6. Meteorological Research Institute, 7. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

１．はじめに

北海道南部の日高山脈付近では、西進する千島弧と東北日本弧との衝突により、前者が後者に乗り上げる大規模な衝上断層構造を形成していると考えられている。このような島弧と島弧の衝突は、山脈の形成だけでなく、定常的な地震活動や1982年浦河沖地震(Ms 6.8)のような大地震発生にも影響を及ぼしていると考えられるので、地殻構造を3次元的にイメージングすることは、衝突帯のテクトニクスを明らかにするだけでなく、地震発生パターンや大地震の発生メカニズムを理解するためにも重要である。

この地域では、1999～2001年に大学合同で陸上稠密地震観測が行われ［勝俣・他（2002、東京大学地震研究所彙報**77**）］、1999年と2000年にはこれに合わせて苫小牧沖から釧路沖にかけての海域で自己浮上式海底地震計による自然地震観測が行われた。Murai *et al.* (2003, GRL **30**) は、1999年の海底と陸上両方のデータを同時に地震波トモグラフィー法で解析することによってP波速度構造を推定したが、データ数の制約により速度構造が推定できた領域と深さが限られ、S波速度構造も推定できなかった。村井・他（2016、JpGU）は、Murai *et al.* (2003) のデータに2000年の観測データを加えて、P波とS波の速度構造を推定したが、走時残差が大きいという問題点があり、これは観測点補正値の誤りによることがわかった。今回は、この誤りを修正して再解析を行い、得られた速度構造について考察する。

２．データおよび解析法

村井・他（2016）と同様に、Murai *et al.* (2003) で得られたP波速度構造の水平方向の平均値とP波とS波の速度比（Vp/Vs比）を1.73と仮定した1次元速度構造を初期モデルとして、海底、陸上のデータから1999年8月7日～9月30日および2000年8月1日～9月30日の期間に、北緯40.5˚～43.5˚、東経141˚～146.5˚の領域に震源が決定された951個の地震の走時データ（P波が18,001個、S波が10,350個）を用いて、Zhao *et al.* (1992, JGR **97**)の地震波トモグラフィー法によって速度構造を推定し、同時に震源の再決定を行った。

３．結果

（１）陸域における日高衝突帯の構造

千島弧の下部地殻と解釈される高速度領域が東から日高山脈に向かって衝上していて、東側の深さ25～35 kmではマントル最上部の速さを持つ高速度領域につながっている。日高山脈の西側では、日高主衝上断層で高速度領域に接するように東北日本弧と思われる低速度領域が西側から延びている。これらは、地震波トモグラフィー法による先行研究と調和的な結果であった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

（２）デラミネーション構造

深さ35～45 kmでは、日高山脈直下から1982年浦河沖地震の震源域直下に向かって南西向きに傾斜する低速度領域が、太平洋プレート上面付近まで達している。この低速度領域はMurai *et al.* (2003)によってデラミネートした千島弧の下部地殻と解釈され、海底地震計のデータを加えたトモグラフィー解析によってのみイメージングされている。今回の結果からは、幅約50 km、長さ約50 kmの領域がデラミネートしているように見える。

（３）島弧－島弧衝突構造の海域への延長部

衝突している島弧地殻と思われる太平洋プレート上面付近まで続く低速度領域は、日高山脈の海側への延長部に当たる襟裳岬の南東側で急になくなる。微小地震活動も低速度領域内では活発であるが、低速度領域外では低調になることから、日高山脈の海側への延長部では、島弧－島弧衝突の影響が急速に小さくなっていることが示唆される。

（４）島弧－島弧衝突によって発生した大地震

1970年の日高山脈南部の地震(M 6.7)は低速度領域と高速度領域の境界で、1982年浦河沖地震はP波速度が8.0 km/sより高速度の領域の西端でそれぞれ発生していて、Kita *et al.* (2012, JGR **117**)と同様に物質境界で発生したと考えられる。

（５）2003年十勝沖地震(M 8.0)

2003年十勝沖地震の本震時にすべりの大きかった領域（アスペリティ）の上盤側が高Vp/Vs比になっており、Machida *et al.* (2009, Tectonophysics **465**)と調和的である。

謝辞

海底地震計の設置にあたり、気象庁旧函館海洋気象台「高風丸」の乗組員の皆様にお世話になりました。また、東北大学の趙大鵬教授にはトモグラフィー解析のプログラムを使わせて頂きました。記して感謝致します。

キーワード：海底地震計、地震活動、トモグラフィー、日高衝突帯、デラミネーション、北海道
Keywords: ocean-bottom seismograph (OBS), seismicity, tomography, Hidaka Collision Zone, delamination, Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural Complexity Associated with Arc-Arc Collision in Hokkaido Island, Japan - Review on Controlled-Source Seismic Researches in Western and Central Hokkaido -

*岩崎 貴哉[1]、津村 紀子[2]、伊藤 谷生[3]、在田 一則[4]、佐藤 比呂志[1]
*Takaya Iwasaki[1], Noriko Tsumura[2], Tanio Ito[3], Kazunori Arita[4], Hiroshi Sato[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 地震予知総合研究振興会、4. 北海道総合地質学研究センター
1. Eathquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Association for the Development of Earthquake Prediction, 4. Hokkaido Research Center of Geology

Hokkaido Island has a complicated crustal structure reflecting subduction, accretion and collision processes from Late Jurassic to the present (e.g. Niida and Kito, 1986; Kimura, 1986; Ueda 2016). Central Hokkaido is composed of almost N-S trending geological units of the Sorachi-Yezo Belt (SYB), Hidaka Belt (HB) and Tokoro Belt (TB) from west to east. This region has been highly deformed under the dextral oblique collision between the Eurasia and North America (Okhotsk) Plates and the following westward movement of the Kuril Arc due to the oblique subduction of the Pacific Plate. The latter event has formed the Hidaka Collision Zone (HCZ) with the uplift of the Hidaka metamorphic rocks along the Hidaka Main Thrust (HMT) and the development of the west-verging fold-and-thrust belt with thick sedimentary package on the SYB.

In this paper, we review the previous controlled-source seismic studies in western and central Hokkaido, focusing the structural complexity formed by the arc-arc collision. The first seismic refraction study was undertaken in western Hokkaido in 1968-1969 (Okada et al., 1973). The crust obtained is 20-30 km thick, consisting of 5.9 and 6.6 km/s layers overlying the uppermost mantle of 7.5 km/s. Seismic refraction studies in 1984 and 1992 revealed the complicated structure in central Hokkaido (Iwasaki et al., 1998). The result from the 1984 profile along the Pacific coast is characterized by a rather thick (> 7 km) sedimentary package with a velocity of 2.5-5.5 km/s in SYB. The 1992 refraction/wide-angle reflection profile, which was extended from the western SYB to the eastern TB with SW-NE direction, also show a thick (~8 km) sedimentary package with a velocity of 2.6-5.8 km/s in the southwestern part of SYB, The upper crustal velocity show significant increase from 5.6 km in HB to 5.7-6.15 km in TB.

In 1990’s, several seismic reflection and refraction/wide-angle refraction experiments were undertaken in the southern HCZ (Arita et al., 1998; Tsumura et al., 1999; Ito et al., 2000) and the northern HCZ (Iwasaki et al., 2004, 2016). In the southern HCZ, the crustal delamination by the collision was clearly imaged from the reflection data by applying an advanced method of CRS/MDRS stacking (Tsumura et al., 2014). Namely, the upper 22-23 km crust in the Kuril Arc side is obducted along the HMT, while the lower part of the crust is descending almost to reach the Pacific plate. In the northern part of the HCZ, the detailed structure was obtained along the 227-km profile with E-W direction. In the fold-and-thrust belt of SYB, there exists a very thick (> 10-12 km) sediments including two or three velocity reversals. East of this package, several west-verging events are recognized down to a depth of 7-8 km, probably corresponding to the faults and structural boundaries formed by the collision process. The HMT was well imaged both by seismic reflection processing and refraction/wide-angle reflection analysis, along which the crystalline basement is almost outcropped. Beneath these complicated structures, we succeeded in imaging the NE Japan Arc crust which descends eastward to a depth of about 40 km under the hinterland side.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In the northern HCZ, the clear crustal delamination is not seen. The obduction of the upper Kuril crust starts at a deeper crustal level of at least 27-30 km and more easterly (~20 km) of the HMT as compared with the case in the southern HCZ. If the metamorphic rocks outcropped east of the HMT are the same crustal materials at depths shallower than 23 km as in the case of the southern HCZ, the deeper crustal portion originally situated at 23-27~30 km depth must exist in the western side of the present HMT. The very strong and deep reflectors found west of the HMT might result from the mixture of upper crustal (low velocity) materials of the NE Japan Arc and middle/lower crustal (high velocity) materials of the Kuril Arc.

キーワード：地殻・上部マントル構造、北海道、制御震源地震探査、島弧-島弧衝突、日高、地殻剥離
Keywords: crustal and upper mantle structure, Hokkaido Island, Controlled-source seismic experiments, Arc-arc collision, Hidaka, Delamination of crust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic imaging of the eastern Japan forearc region using S-net data

*豊国 源知[1]、趙 大鵬[1]、内田 直希[1]、中山 貴史[1]
*Genti Toyokuni[1], Dapeng Zhao[1], Naoki Uchida[1], Takashi NAKAYAMA[1]

1. 東北大・理・予知セ
1. RCPEVE, Tohoku Univ.

The great 2011 Tohoku-oki earthquake (Mw 9.0) occurred off the Pacific coast of Northeast Japan, where the Pacific plate is subducting beneath the Okhotsk plate. The S-net (the Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis along the Japan Trench), initiated in 2016, is a large-scale, permanent, ocean-floor seismograph network with cabled 150 stations, which covers a wide oceanic region off Northeast Japan (Kanazawa, 2013). In this study, we aim to reveal the 3-D seismic velocity structure beneath the forearc region covered by the S-net.

We carefully picked 3754 first P-wave arrival times of 63 local earthquakes (M3.5–6.2) in the Tohoku forearc region from the continuous S-net records. Then, the newly picked data are integrated with the existing arrival-time data (Zhao et al., 2012) of 360 teleseismic and 1,180 local earthquakes recorded at 3,205 Hi-net stations on the Japanese land areas. These combined data are inverted to obtain a new 3-D P-wave velocity (Vp) model beneath the entire Northeast Japan arc by using the seismic tomography method of Zhao et al. (2012).

In this work we focus on the obtained 3-D images at depths < 40 km below the region covered by the S-net. The major results are summarized as follows.
(1) Prominent low-Vp anomalies are revealed in the off-Iwate and off-Fukushima areas. These features are consistent with those revealed by previous works (e.g., Zhao et al., 2011; Huang & Zhao, 2013; Liu and Zhao, 2018), indicating that our hand-picked arrival-time data are quite accurate and robust.
(2) A significant high-Vp anomaly is revealed along the Japan Trench especially beneath the off-Miyagi region where the 2011 Tohoku-oki earthquake (Mw 9.0) occurred, which may reflect that the sedimentary layer is very thin above the subducting Pacific plate.

References
Huang, Z., D. Zhao (2013) JAES, 70–71, 160–168.
Kanazawa, T. (2013) Underwater Technology Symposium (UT), 2013 IEEE International.
Liu, X., D. Zhao (2018) Science Advances 4, eaat4396.
Zhao, D. et al. (2011) GRL 38, L17308.
Zhao, D. et al. (2012) GJI 190, 816–828.

キーワード：地震波トモグラフィー、東北沖、S-net、3次元地震波速度構造
Keywords: Seismic tomography, Offshore Northeast Japan, S-net, 3-D velocity structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

いわき地域における地殻内反射面と地震活動との関係
The relationship between the location of the mid crustal reflector and seismicity in Iwaki area, northeastern Japan

*飯高 隆[1]、酒井 慎一[1]、五十嵐 俊博[1]、小原 一成[1]、加藤 愛太郎[1]、武田 哲也[2]、中川 茂樹[1]
*Takashi Iidaka[1], Shin'ichi Sakai[1], Toshihiro Igarashi[1], Kazushige Obara[1], Aitaro Kato[1], Tetsuya Takeda[2], Shigeki Nakagawa[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 防災科学技術研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震以降，日本列島の地震活動は大きく変化した。この地震活動の変化は，東北地方太平洋沖地震に伴い島弧の応力場が変化したことに関係していると考えられる。いわき地域の地震活動は大きく変化し，地震が増加した。しかし，その理由はわかっていない。いわきの地殻内の活動域は，特徴的な活動を示し，15㎞より浅い地震活動と15-25㎞の深さの活動に分けられる。この地域では臨時観測がなされ，地殻構造が調査された（臼田，修士論文2018）。その結果，顕著な２つの後続波が観測され，逆VSP 法解析により反射面の検出がなされた。２つの波は，モホ面からの反射波と地殻内反射面からの反射波であることが示された（臼田，修士論文2018）。また，その反射波の振幅が大きいことから，地殻内反射面は流体によって引き起こされた可能性がある。そこで，この領域の地震活動と反射面との関係を調べた。この領域の地震活動は，東北地方太平洋沖地震に伴い3月11日に活発化が始まっている。その活発化が始まった領域は，反射面の南部直上であった。その後，活動域が拡大しているのであるが，臼田(2018)によって求められた反射面を取り囲むようにその周囲での活動が活発となっていった。また，4月10日までの活動において反射面の北側の領域で，比較的地震活動の低い領域が見られた。4月11日の福島県浜通りの地震は，反射面の北部の領域の比較的地震活動の低かった領域を埋めるように起こっていることがわかった。このように地震活動と反射面の位置は密接な関係があり，一連の地震活動が地殻内流体と関係している可能性が考えられる。臼田(2018)によって求められた反射面の存在領域の外郭は，臨時観測点の配置の形状によるため，その北側についてもHi-net等の観測点の記録を調べた。その結果，北側にも後続波が検出され反射面の存在が推測される。

キーワード：いわき、地震活動、反射面
Keywords: Iwaki area, seismicity, reflector

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

首都圏下における異常な地震波異方性分布（１）フィリピン海スラブマントル

Abnormal Seismic Anisotropy beneath the Tokyo Metropolitan Area (1) Mantle of the Philippine Sea Slab

*石瀬 素子[1]、酒井 慎一[1]、加藤 愛太郎[1]、青井 真[2]、松原 誠[2]
*Motoko Ishise[1], Shin'ichi Sakai[1], Aitaro Kato[1], Shin Aoi[2], Makoto MATSUBARA[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 防災科学技術研究所
1. Earthquake Reseach Institute, University of Tokyo, 2. National Research Institute for EarthScience and Disaster Resillience

１．はじめに

首都圏は，太平洋 (PAC) プレートとフィリピン海 (PHS) プレートが沈み込むと同時に伊豆-小笠原弧が衝突するという，世界で類を見ない特有なプレート収束帯に位置している．そのため，首都圏下では，これらプレートの相互作用によって様々なタイプの地震が引き起こされてきている．例えば，相模トラフ沿いのPHSプレートと北米プレート境界で発生するM 8級の海溝型地震や首都圏直下で数十年おきに発生するM 7級の地震が，首都圏に甚大な人的・物的被害をもたらしてきていることが分かっている．首都圏には人口と国の中枢的諸機能が集中しているため，次の首都直下地震に向けた地震の評価と被害想定，およびその対策が検討されている．しかし，3つのプレートが入り組んでいる首都圏下の構造の詳細は明らかにはされておらず，地震の評価に必要な首都直下地震の発生場所やメカニズムはよくわかっていない．そこで我々は，ダイナミクスやテクトニクスの示唆に富む情報をもたらす「地震波異方性」という観点から，首都圏下のプレート構造の解明に着手した．本研究では，P波走時をデータとしたP波方位異方性の3次元速度構造解析を行った．

２．対象領域とデータ

対象領域は，関東平野と房総半島を中心とした領域（北緯34.7～36.8度，東経138.5～141.5度）の深さ150 km以浅とした．解析に使用した地震，観測点，およびP波読み取り値の数は，それぞれ500観測点，1859地震，442960個である．なお，本研究では，Meso-net及びHi-netを中心とする基盤的地震観測網による地震波形記録を使用した．Meso-netは，5本の直線状（2～3 km間隔），および首都圏中心部（半径約80 km円内）における面状（4～10 km間隔）に分布する約296点の地震観測観測点で構成されている．そこで，対象領域中心部の構造は，水平方向には10 km，深さ方向ともには5 km間隔で求めた．また，初期震源パラメータは，防災科研で独自に決定された値を使用した．

３．解析と結果

Ishise & Oda [2008] の方位異方性トモグラフィー法を用いてP波方位異方性（水平面内）の3次元速度構造（等方性構造，地震波が速く伝わる方向，異方性の強さ）を求めた．その結果，深さ約80 km以浅の領域において，信頼性の高い解が得られた．得られた構造に見られる大局的な特徴は，先行研究 [e.g., Matsubara et al., 2005，Ishise et al., 2015] と矛盾しない．ただし，方位異方性については，先行研究では認知できなかった幾つかの特徴的な構造がとらえられた．

そのひとつが，東京湾および関東平野の下，深さ50 km以深においてNNE-SSE方向にP波が速く伝播する異方性領域が存在する点である．ここでは，①領域内の異方性の方向が非常によく揃っている，②異方性の強さが非常に強く，等方性不均質の摂動量と同程度かそれ以上ある，という特徴がみられる．この特徴的な異方性

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

を示す領域は，PAC スラブと接するPHSスラブの下端のエッジ部分に位置しており，地震活動が活発で高速度異常を示すことから，PHSスラブマントルに相当すると考えられる．

そこで，不均質構造などを手掛かりに，スラブマントルに相当すると思われる領域の異方性を追跡したところ，NNE-SSE異方性領域の西側では，南北の異方性がみられた．また，NNE-SSE異方性領域の直上の深さ30～50 kmでは，異方性の方向がNNE-SSE（深さ50 km）からNW-SE（深さ30 km）へと半時計回りに変化していることがわかった．さらに，NNE-SSE異方性領域直上の深さ30 kmで見られるNW-SE異方性は，西方，かつ浅部への広がりを示しており，深さ20 km付近の相模湾沿岸部にまで分布している．つまり，PHSスラブマントルの方位異方性が連続的な空間変化を示す．

一般に，スラブマントルの異方性は，海洋底拡大時のマントル鉱物の選択配向，もしくは沈み込む際の曲げによる割れ目の形成で説明される．前者の場合，伊豆小笠原弧の走向に鑑みると，関東地方に沈み込んでいるフPHSプレートはおよそ東西方向に拡大して形成されたと推測されるので，東西傾向の方位異方性が期待される．一方，後者の場合，割れ目は沈み込み口の走向と平行に形成されるので，相模トラフの走向である西北西ー東南東の異方性が期待される．これらは，浅部の異方性の方向を大まかには説明するが，深さ50 km以深で観測された異方性とは大きく食い違っており，一般的な論法でPHSスラブの異方性を説明することができない．

このことは，首都圏下の構造が，方位異方性によるモデリングが適切でない環境にあることを意味しているのかもしれない．今後，対称軸の自由度を挙げた異方性の評価を行う必要がある．あるいは，首都圏下のプレート構造を理解する際には，これまでの沈み込み帯の概念の根本を変えて取り組む必要性があることを示唆しているのかもしれない．

謝辞：本研究は解析には，防災科学技術研究所Hi-netデータを使用させていただきました．本研究は，文部科学省受託研究「首都圏と中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」の一環として実施しました．

キーワード：地震波異方性トモグラフィー、首都圏、フィリピン海スラブ、太平洋スラブ
Keywords: seismic anisotropy tomography, Tokyo metropolitan area, Philippine Sea slab, Pacific slab

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS12] 地殻構造

コンビーナ:中東 和夫(東京海洋大学)、座長:鶴我 佳代子(東京海洋大学)、山本 揚二朗(海洋研究開発機構)

固体地球の第一層を構成する地殻の構造について検討する．観測に基づく構造の記述やその進化の解明に加え，地震や火山など地殻内における諸現象の理解，地殻内物質の地質学的研究など，地殻に関わる多様な視点からの講演を歓迎する．また，これらの理解の基礎となる観測手法やデータ処理手法などについての発表も歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[SSS12-07] 駿河湾横断海陸統合地殻構造探査

*佐藤 比呂志[1]、鶴我 佳代子[2]、馬場 久紀[3]、石山 達也[1]、川崎 慎治[4]、田中 康久[4]、林 俊史[2]、関野 善広[2]、篠原 雅尚[1]、岩崎 貴哉[1]、松原 誠[5]、平田 直[1,5] (1.東京大学地震研究所、2.東京海洋大学、3.東海大学、4.（株）地球科学総合研究所、5.防災科学技術研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS12-08] 東京海洋大学「神鷹丸」による駿河湾北部における反射法・屈折法地震探査（序報）

*鶴我 佳代子[1]、佐藤 比呂志[2]、馬場 久紀[3]、関野 善広[1]、林 敏史[1]、近藤 逸人[1]、青山 千春[1]、會川 鉄太郎[1]、石山 達也[2]、篠原 雅尚[2]、川崎 慎次[4]、田中 康久[4] (1.東京海洋大学、2.東京大学、3.東海大学、4.(株)地球科学総合研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS12-09] 駿河湾北部-富士川河口断層帯におけるエアガン-OBS構造探査（序報）

*馬場 久紀[1]、鶴我 佳代子[2]、佐藤 比呂志[3]、石山 達也[3]、篠原 雅尚[3]、西宮 隆仁[4]、阿部 信太郎[5] (1.東海大学海洋学部海洋地球科学、2.東京海洋大学、3.東京大学地震研究所、4.気象庁気象研究所、5.地震予知振興会)

16:15 ~ 16:30

[SSS12-10] 内浦湾における活断層イメージングのための三次元減衰プロファイリング

*鶴 哲郎[1]、清水 史緒[1]、小川 真由[1]、朴 進午[2]、古山 精史朗[1]、荒井 晃作[3]、井上 卓彦[3]、郭 晨[2] (1.東京海洋大学、2.東京大学大気海洋研究所、3.産業技術総合研究所)

16:30 ~ 16:45

[SSS12-11] 愛知県西尾市における高浜断層及び横須賀断層の延長部における重力探査

*竜沢 篤ノ助[1,2]、住田 達哉[2]、伊藤 忍[2]、阿部 朋弥[2] (1.早稲田大学大学院創造理工学研究科地球・環境資源理工学専攻、2.産業技術総合研究所)

16:45 ~ 17:00

[SSS12-12] Subduction geometry and seismicity around northern Ryukyu subduction zone

*山本 揚二朗[1]、高橋 努[1]、石原 靖[1]、尾鼻 浩一郎[1]、三浦 誠一[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2] (1.海洋研究開発機構、2.香川大学)

駿河湾横断海陸統合地殻構造探査
Deep seismic reflection profiling across the Suruga trough, Shizuoka, Japan

*佐藤 比呂志[1]、鶴我 佳代子[2]、馬塲 久紀[3]、石山 達也[1]、川崎 慎治[4]、田中 康久[4]、林 俊史[2]、関野 善広[2]、篠原 雅尚[1]、岩崎 貴哉[1]、松原 誠[5]、平田 直[1,5]
*Hiroshi Sato[1], Kayoko Tsuruga[2], Hisatoshi Baba[3], Tatsuya Ishiyama[1], Shinji Kawasaki[4], Yasuhisa Tanaka[4], Toshifumi Hayashi[2], Yoshihiro Sekino[2], Masanao Shinohara[1], Takaya Iwasaki[1], Makoto MATSUBARA[5], Naoshi Hirata[1,5]

1. 東京大学地震研究所、2. 東京海洋大学、3. 東海大学、4. （株）地球科学総合研究所、5. 防災科学技術研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Tokai Univerisity, 4. JGI Inc., 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

富士川河口断層帯は、駿河トラフの中軸部に位置するフィリピン海プレートと陸側プレートの境界面に形成されている断層と推定されるが、推定されている断層の深部形状は明瞭には捉えられていない。震源断層の形状は、強震動や津波予測の観点から重要であり、また地殻変動などを断層面上の固着の変化として把握するには欠かせない情報となる。そこで、文部科学省の「富士川河口断層帯の重点的調査観測」の一環として、駿河湾を横断する海陸統合地殻構造探査を実施した。

測線は赤石南部山地から由比を経て相模湾を横断し、伊豆半島伊豆市大沢にいたる海域20km、陸域40km、計60kmの区間である。陸域には、3.5Hzの三成分受振器300台を約100～200m間隔で設置した。海域には、水深500m以深の16km区間に18台の海底地震計を設置し、由比沖の浅海部2.5km区間には5台の浅海用地震計（OBX）を設置した。2018日10月初旬に静岡市側3点、伊豆半島1点での発破を行った。薬量はいずれも200kgである。海域では、東京海洋大学の神鷹丸に艤装した1950 cu inchのエアガンを25m間隔で発震した。発震点数は計1479回である。この他、ケーブル長600m、96chのストリーマーケーブルを曳航して、反射法地震探査を実施した。観測直前に来週した台風24号に伴う豪雨によって発生した密度流により、富士川河口延長部に設置した海底地震計での観測はできなかった。海域のエアガン発震は、陸域の全ての観測点で識別された。取得したデータは統合的に編集され、海底地震計（OBS, OBX）での記録については、疑似反射法（Shiraishi et al., 2016）を利用して発震記録合成を行った。これらの統合データから、CMP重合法により反射法地震探査断面を作成した。速度構造については、ランダム初期構造を用いた屈折トモグラフィー法解析により、測線中央部部で10kmの深さまで速度構造が求められた。時間断面において、駿河湾東部の往復走時3.5秒から7秒まで、静岡側陸域東部では5秒から11秒程度まで西に緩く傾斜する顕著な反射面群が卓越する。自然地震の震源分布も同様の傾向を示し、これらの反射面群はフィリピン海プレート内からもたらされたと判断できる。西傾斜の反射面が卓越する領域の最浅部の反射面は、必ずしも明瞭ではない。Hi-netによるトモグラフィから得られた速度構造で深度変換を行うと、フィリピン海プレート上面に相当する反射面群の深度は静岡側の由比直下で7km程度、陸域測線中央部で15km程度となる。屈折トモグラフィによる速度構造は、駿河湾西部で大規模な西に傾斜した楔状の低速度領域が顕著で、反射面から推定したプレートの沈み込み構造と調和的である。震源分布や地震波トモグラフィーから求められた速度構造の急変面とも良好な対応を示す。本実験は、文部科学省の「富士川河口断層帯の重点的調査観測」経費と、地震研究所の所内経費を使用して実施した。静岡県漁連をはじめ、静岡県・静岡市・伊豆市には実験の実施にあたり、ご協力いただいた。

キーワード：プレート境界、深部反射法地震探査、伊豆衝突帯
Keywords: plate boundary megathrust, deep seismic reflection profiling, Izu collision zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京海洋大学「神鷹丸」による駿河湾北部における反射法・屈折法地震探査（序報）

Multi-channel seismic profiling in the northern part of Suruga bay using the Shiyomaru-vessel of Tokyo University of Marine Science and Technology (Preliminary report)

*鶴我 佳代子[1]、佐藤 比呂志[2]、馬塲 久紀[3]、関野 善広[1]、林 敏史[1]、近藤 逸人[1]、青山 千春[1]、會川 鉄太郎[1]、石山 達也[2]、篠原 雅尚[2]、川崎 慎次[4]、田中 康久[4]
*Kayoko Tsuruga[1], Hiroshi Sato[2], Hisatoshi Baba[3], Yoshihiro Sekino[1], Toshifumi Hayashi[1], Hayato Kondotec[1], Chiharu Aoyama[1], Tetsutaro Aikawa[1], Tatsuya Ishiyama[2], Masanao Shinohara[2], Shinji Kawasaki[4], Yasuhisa Tanaka[4]

1. 東京海洋大学、2. 東京大学、3. 東海大学、4. (株)地球科学総合研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. University of Tokyo, 3. Tokai University, 4. JGI, Inc.

陸/海のプレート境界である南海トラフの北東端に位置する駿河湾北部では、詳細な沈み込み構造を明らかにした反射法地震探査は僅かしか行われていない。富士川河口断層帯の海域延長の形状把握は、想定「東海地震」の震源断層を探る上でも重要である。東京海洋大学では練習船「神鷹丸」を用い、2016年11月および2017年11月に同大学が保有する可搬型海域2次元地震探査システム用いた駿河湾での海域2次元人工地震探査を実施した（鶴我ほか, 2016, 2017; Tsuruga et al, 2018）。本研究では、文部科学省「富士川河口断層帯における重点的な調査観測」で実施した駿河湾北部海域を含む富士川断層帯周辺域での地下構造調査（佐藤ほか、本学会、2019；馬塲ほか、本学会、2019）の一環として、海域における人工地震探査の概要とその成果の第一報を報告する。

我々は、2018年10月1～9日、静岡県駿河湾中北部の海域において、東京海洋大学練習船「神鷹丸」に装備したエアガン震源とストリーマーケーブルシステムを用いた2次元反射法探査および屈折法地震探査を実施した。調査測線は、駿河湾北部海域を東-西に横断し陸域に及ぶ約19.5㎞の海陸統合測線H30-R00（海域の反射法測線のみはH30-L00測線と呼ぶ）、およびH30-L00測線の南側約5㎞に位置する東-西測線H30-L02（長さ20.0㎞）および伊豆半島側の中北部海域の南-北測線H30-L01（長さ16.1㎞）の3測線である。H30-L01測線は、2016年の反射法測線H28-L01測線の延長となる。発震は、海陸統合測線H30-R00、H30-L00およびH30-L02測線ではBolt社製エアガン1500LL（350 in^3 x 3基）と1500LL（300in^3 x 3基)で構成された２つのTri-Gun（エア総容量1,950 in^3）を船尾両舷より曳航し、発震点間隔は50 mで行った。H30-R00測線では往路・復路の航行により発震間隔が25 mとなるように設定した。南-北測線H30-L01では、Bolt社製エアガン1500LL（350 in^3 x 3基、エア総容量1,050 in^3）のみを使用し25m間隔で発震した。発震点の合計は2717点となった。反射法地震探査における受振アレイは、Hydroscience社製デジタルストリーマーケーブル（長さ600 m、センサー間隔6.25 m、96チャンネル、10ftコンテナ相当規格）と最後尾の測位用テールブイで構成した。システムは全て可搬型になっており、東京海洋大学練習船「神鷹丸」（総トン数　986トン、全長65 m、幅12.10 m）の後部甲板および室内観測室に設置した（鶴我ほか,2016、2017等）。 海陸統合測線での屈折法地震探査については佐藤（本学会, 2019）を参照されたい。

一次解析の結果からは、駿河湾北部を東西に横断するH30-L00測線下において、沈み込む伊豆半島側のプレート上の堆積層上面を表すと思われる反射面が連続的に西方傾斜して確認された。これは、約1～5㎞北方に平行にある東-西測線H29-L02（約12.2km）下において観察された反射面に連なるものと推測される。また南側の東西測線H30-L02でも海底谷により中央の連続性が途切れるものの西傾斜の強い反射面が確認され、以南に位置する2016年実施の東-西測線H28-L03との比較より、いずれも伊豆半島側プレート上の堆積層の上面の

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

反射と考えられる。これらの一次解析の結果からは、駿河湾北部において不明瞭となるプレート沈み込みの上面/境界と認められる堆積層の変形などの大きな特徴はまだ確認されておらず今後の精査を待つ。一方、駿河湾東北部の南-北測線H30-L01では、H28-L01測線から延長される伊豆半島の上部堆積層の反射境界が連続して認められ、北部では起伏の激しい反射面が観察されることから、伊豆半島と本州との境界との関連性を検討する。詳細な構造解析については本発表にて報告する。

なお本調査は、文部科学省の「富士川河口断層帯の重点的調査観測」経費、東京海洋大学および地震研究所の経費を使用して実施した。静静岡県漁業協同組合連合会、駿河湾の漁業協同組合・漁業者の皆様、東海大学実習船「北斗」、東京海洋大学スタッフの船上・陸上での多大な支援とご協力をいただいた。

キーワード：プレート境界、反射法・屈折法地震探査、駿河トラフ
Keywords: Plate boundary, Seismic reflection and refraction survey, Suruga Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

駿河湾北部-富士川河口断層帯におけるエアガン-OBS構造探査（序報）
Crustal structure refraction survey using Airgun-OBS in the northern part of Suruga Bay -Fujikawa fault zone- (Preliminary Report)

*馬塲 久紀[1]、鶴我 佳代子[2]、佐藤 比呂志[3]、石山 達也[3]、篠原 雅尚[3]、西宮 隆仁[4]、阿部 信太郎[5]
*Hisatoshi Baba[1], Kayoko Tsuruga[2], Hiroshi Sato[3], Tatsuya Ishiyama[3], Masanao Shinohara[3], Takahito Nishimiya[4], Shintaro Abe[5]

1. 東海大学海洋学部海洋地球科学、2. 東京海洋大学、3. 東京大学地震研究所、4. 気象庁気象研究所、5. 地震予知振興会
1. Department of Marine and Earth Science, Tokai University, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 5. Association for the Development of Earthquake Prediction

文部科学省「富士川河口断層帯における重点的な調査観測」の地下構造探査（佐藤ほか，2019（本学会）；鶴我ほか，2019（本学会））の一環として，2018年10月に駿河湾北部を東西に縦断する約19 kmの測線（H30－L00主測線）で，東京海洋大学練習船「神鷹丸（986トン）」による反射法･屈折法地震探査が実施された．本研究発表では，エアガン-OBS構造探査（屈折法地震探査）の概要と得られた成果についてpreliminaryな報告を行う．

H30－L00主測線は，西端が静岡市清水区興津川沿岸域水深485ｍ付近から始まり，最も深い部分は駿河トラフ中軸部付近の1320ｍ，東端は沼津市戸田沿岸域水深500ｍに渡る両脇が急な斜面で挟まれたトラフ地形の測線である．駿河湾北部海域の東西距離の差し渡しが短く，沿岸域は漁場でもあることから，測線の長さは約19 kmが限界である．

主測線における屈折法地震探査では，ボルト社製Tri-Gunを2セット(総容量1950 in^3)曳航し，約50 ｍ間隔（往路･復路で発振点が間に収まるように調整したため実質的に約25 ｍ間隔）で発震，自己浮上式海底地震計（OBS）18台を約980 ｍ間隔で展開した．台風24号が，探査開始当日に駿河湾付近を通過したため，18台のOBSのうち6台が異常浮上等を起こして海岸に漂着したことなどから（中尾ほか，2019（本学会）），駿河トラフ中軸部付近でデータが得られないというアクシデントに見舞われたが，12台のOBSで良好な記録が得られた．

解析は鋭意進行中である．得られた各Record Sectionの様子を見ると，測線全体にわたって初動が明瞭に確認できるが，プレート境界をまたぐ測線でもあることから複雑な構造が推測される．見かけ速度の最も早い層は約6.8 km/secで，速度構造モデルは概ね5層構造と推定される．第1層および第2層の堆積層，ならびに第3層（音響基盤層）は，駿河湾中軸部に向かって西側傾斜をしており，反射断面（鶴我ほか，2019（本学会））と一致する．詳細な速度構造モデル結果については本発表で報告する予定である．

OBSの設置において，由比港漁業協同組合，清水漁協協同組合，戸田漁協協同組合には，多大なるご協力とご迷惑をおかけしました．

キーワード：駿河湾、OBS、地殻構造
Keywords: Suruga Bay, OBS, Crustal Structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

内浦湾における活断層イメージングのための三次元減衰プロファイリング
3D seismic attenuation profiling for imaging an active fault in Uchiura wan

*鶴 哲郎[1]、清水 史緒[1]、小川 真由[1]、朴 進午[2]、古山 精史朗[1]、荒井 晃作[3]、井上 卓彦[3]、郭 晨[2]
*Tetsuro Tsuru[1], Shio Shimizu[1], Mayu Ogawa[1], Jin-Oh Park[2], Seishiro Furuyama[1], Kosaku Arai[3], Takahiko Inoue[3], Chen Guo[2]

1. 東京海洋大学、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 産業技術総合研究所
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

We tested seismic attenuation profiling (SAP) to image active faults on a mini-3D seismic reflection dataset observed at Uchiura wan in 2018. Seismic reflection surveys are often conducted to investigate not only geological structures but also development of faults in sedimentary basins, because the past activities of faults are recorded as offsets of geological formations at their locations. However, it is sometimes difficult to specify the existence of faults within highly faulted/fractured areas because seismic reflections are inherently invisible there. SAP has been, therefore, applied to image faults as well as fractures and investigate their activities in poorly reflective areas: the igneous oceanic crust and volcanic areas.

SAP is a method to map seismic attenuation property using seismic reflection data. The authors use the spectral ratio method to estimate Q from seismic reflection data in frequency domain, because the method can be robustly applied in poorly reflective area. Reversely, Q-estimation methods in time domain are not stable in such areas because no reliable amplitude information is available there. However, SAP using the spectral ratio method has not been applied to image faults and fractures developed in sedimentary units (e.g. Tsuru et al, 2017; 2018), because the accuracy in Q-estimation decreases due to spectrum distortions. The spectrum distortions are mostly caused by interruption between primary reflections and interbed multiples within the sedimentary layers. Shimizu (2019) investigated the influences of several Q-estimation methods to interbed multiples by numerical experiments and then improved some processing parameters in the estimation of Q in the frequency domain. As a result, the authors successfully imaged a trend of an active fault on SAP time-slices (Q-slices) from a mini-3D seismic reflection dataset.

A high-resolution mini-3D seismic survey was conducted at Uciura wan in Suruga Bay on August 7th in 2018, by chartering R/V Daini Ikoi Maru of Oki Seatec Co., Ltd. During the survey, twenty of seismic lines were collected with sampling rate of 1 ms. An underwater speaker was adopted as an energy source in consideration of mitigating impact on marine ecosystem. Shot records were collected every 10 s (equivalent to about 10 m with the vessel speed of 2 knots) with a streamer cable of 16 channels. The source and the streamer cable were towed at 0.5 and about 1 m depths, respectively.

As a result of seismic data processing, including band-pass filter, NMO corrections and stacking with one velocity of 1500 m/s, a 3D seismic cube was created. The seismic cube was used for input data of SAP analysis. The data processing was conducted by MATLAB. On the other hand, as a result of the SAP analysis, a 3D cube of average Q was created. An active fault, which cuts seafloor, was clearly demonstrated over several seismic reflection profiles. However, its trend was not clear on seismic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

time-slices. Reversely, the trend of active fault was clearly figured out on several Q-slices as high attenuation anomalies. In this paper, we would like to show the results of SAP analysis from the mini 3D seismic reflection data observed in Uchiura wan.

キーワード：地震波減衰、活断層、三次元地震探査データ
Keywords: seismic attenuation, active fault, 3D seismic data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

愛知県西尾市における高浜断層及び横須賀断層の延長部における重力探査
Gravity survey at the extension of the Takahama fault and the Yokosuka fault in Nishio City, Aichi Prefecture

*竜沢 篤ノ助[1,2]、住田 達哉[2]、伊藤 忍[2]、阿部 朋弥[2]
*Tokunosuke Tatsuzawa[1,2], Tatsuya Sumita[2], Shinobu Ito[2], Tomoya Abe[2]

1. 早稲田大学大学院創造理工学研究科地球・環境資源理工学専攻、2. 産業技術総合研究所
1. Department of Earth Sciences, Resources and Environmental Engineering, Creative Science and Engineering, Faculty of Science and Engineering, Waseda University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

高浜断層及び横須賀断層に関連する地下構造を明らかにすることを目的として、愛知県西尾市において重力探査を実施した（図1）。当該地域は2018年9月に反射法地震探査（伊藤、2019）、及び屈折法による速度構造の解析が実施された。そこで、地震探査測線及びその延長部で重力探査を実施し（測線1、2）、地震探査結果と比較検討することでより詳細な地下構造を明らかにすることができると考えた。また、国土地理院発行の都市圏活断層図「蒲郡」（岡田ほか、2004）によると横須賀断層の北方延長部であり、杉戸・岡田（2004）によって伏在断層の存在が推定されている矢作古川周辺においても重力探査を実施した（測線3）。

本探査はラコストD型重力計（D68）及びラコストG型重力計（G304）を用いて、測線1及び測線2では測定点間隔約50m及び約100m、測線3では測定点間隔約30m及び約50mで、計150点の相対重力測定を行った。各測定点の位置座標は主にGNSS測量（ネットワーク型RTK法VRS方式）で、一部トータルステーション測量を併用して計測した。重力異常の計算は地質調査所重力補正標準手順SPECG1988（地質調査所重力探査グループ、1989）で行った。ブーゲー異常の計算では、50mメッシュDEMを用いた地形補正（村田ほか、1996）を行った。当該地域が平野部であることから地形が重力異常に与える影響は小さく、単純ブーゲー異常と50mメッシュDEMを用いたブーゲー異常との差は最大で0.074mGalであり、両者の間でパターンが大きく異なることはなかった。

重力探査の結果、地震探査測線とその延長部の測線（測線1、2）のブーゲー異常は、屈折法の解析結果であるP波速度分布断面の3000m/sの等速度線の起伏と良い相関がみられた。矢作古川沿いの測線（測線3）については、既往調査（杉戸・岡田、2004；今泉ほか編、2018など)によって横須賀断層の伏在断層の存在が推定されている地点の周辺において、ブーゲー異常の変動が大きかった。また、測線2東部でブーゲー異常の変動がみられた測定点周辺は、屈折法の解析結果においても周囲よりP波速度が遅く特異な地点であった。今後、反射断面の境界と重力異常値を用いて密度構造の推定を行い、詳細を検討する予定である。

文献

伊藤忍、2019、反射法地震探査による横須賀断層北部の地下構造、本大会
今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高編、2018、活断層詳細デジタルマップ　新編、154p
村田泰章・牧野雅彦・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・卜部厚志、1996、神戸市・芦屋市・西宮市における精密重力探査(1)－重力異常と伏在断層－、地質調査所月報、47、2/3、109-132
岡田篤正・鈴木康弘・堤浩之・東郷正美、2004、1:25,000都市圏活断層図「蒲郡」、国土地理院
杉戸信彦・岡田篤正、2004、1945年三河地震の地表地震断層、活断層研究、24、103-127
地質調査所重力探査グループ、1989、地質調査所重力補正標準手順SPECG1988について、地質調査所月報、40、11、601-611

キーワード：活断層、重力異常、地下構造、密度構造、反射法地震探査、ラコスト重力計
Keywords: active fault, gravity anomaly, subsurface structure, density structure, seismic reflection survey, Lacoste gravimeter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

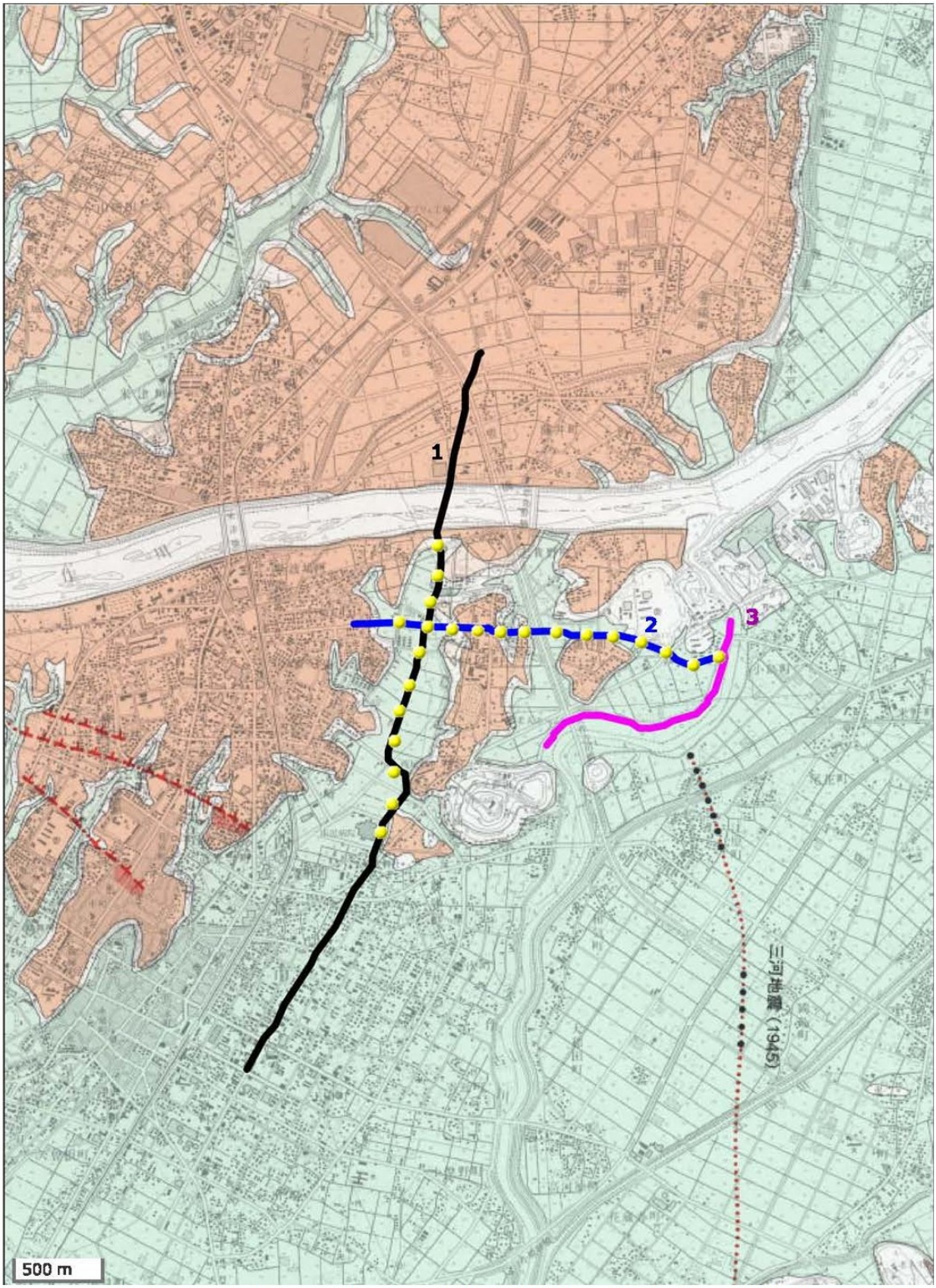


図1　愛知県西尾市における重力探査測線。都市圏活断層図「蒲郡」（岡田ほか、2004）をもとに加工して作成。
黒線が測線1、青線が測線2、紫線が測線3、を示す。測線1及び測線2の一部では反射法地震探査（2019、伊藤）が実施された。黄点線はその地震探査測線を示す。赤線は活断層、赤点は活断層(伏在部)、黒点は地震断層を示す。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Subduction geometry and seismicity around northern Ryukyu subduction zone

*山本 揚二朗[1]、高橋 努[1]、石原 靖[1]、尾鼻 浩一郎[1]、三浦 誠一[1]、小平 秀一[1]、金田 義行[2]
*Yojiro Yamamoto[1], Tsutomu Takahashi[1], Yasushi Ishihara[1], Koichiro Obana[1], Seiichi Miura[1], Shuichi Kodaira[1], Yoshiyuki Kaneda[2]

1. 海洋研究開発機構、2. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. Kagawa University

At the Ryukyu subduction zone, located forearc region of Japan’ s Southwest Islands, the Philippine Sea plate is subducting beneath the Eurasian plate toward northwest direction. Due to the subduction, not only active seismicity but also short-term slow slip event (SSE) (Nishimura, 2014) and low frequency tremor (LFT) activity (Yamashita et al., 2015) were observed in the forearc region of Ryukyu arc. However, the subduction geometry is still unclear since seismic and geodetic stations are limited to the sparsely distributed islands. To know the seismicity, lithospheric structures and subduction geometry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) launched a series of seismic observations and active-source seismic surveys at the Ryukyu arc from 2013, as a part of research project funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan. In FY2016, we have conducted a passive source observation in the northern Ryukyu forearc region. We have deployed 47 seismic stations including 43 ocean bottom seismographs (OBS) and 4 onshore stations at Tanegashima (two stations), Nakano-shima, and Akuseki-jima. The observation period of OBS is about 4 months, from September to December 2016.
In this study, we conduct double-difference seismic tomography (Zhang and Thurber, 2006) to obtain both precious hypocenter location and structural information around plate boundary. We combine 1,303 events detect from our observation data with 454 events from Japan Meteorological Agency (JMA) with our data set. To improve the spatial resolution and ray coverage, we also used the arrival time data at 33 permanent stations from JMA seismic catalogue and dataset of a part of previous OBS observation in Hyuga-nada (Yamamoto et al., 2013; 161 events and 27 OBSs). After the tomographic inversion, we estimate the focal mechanisms by using P-wave first arrival polarity data. Then, we establish the subduction geometry model with reference to the velocity model, distribution of low-angle thrust type earthquakes, previous geometry model based on active source surveys (Nishizawa et al., 2009, 2017; Nakanishi et al., 2018).
Estimated subduction geometry indicates that there is no obvious roughness in this study area. Interplate earthquake, defined as earthquakes within 5 km from plate boundary of this study, is active at depth between 15 and 30 km especially in the southern part. The down-dip limit of interplate earthquakes is corresponding to the high Vp/Vs just above the plate boundary, suggesting that the existence of serpentinized mantle wedge. In addition, LFT, SSE, and interplate earthquake seem to be separately occurred along the plate boundary. Intraslab earthquake is also active. Some of them occurred in the seaward of trench axis. The separation between intraslab earthquakes and plate boundary is larger (25 ~ 30 km) in northern part than that in southern part (15 ~ 20 km). This regionality might be relate to the subduction of Amami Plateau.

キーワード：琉球沈み込み帯、フィリピン海プレート、地震活動、トモグラフィ
Keywords: Ryukyu Trench subduction zone, Philippine Sea Plate, seismicity, tomography

©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-GL 地質学

2019年5月30日(木) 9:00 ~ 10:30 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GL27] 地球年代学・同位体地球科学

コンビーナ:田上 高広(京都大学大学院理学研究科)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、座長:田上 高広、佐野 有司

地球の現在を知り、将来を展望するためには、地球史の精密な復元は欠かすことが出来ない。その中心となる学問分野が、地球年代学・同位体地球科学である。本セッションでは、分析方法の開発・改良や年代値較正などの基礎研究と、地球惑星史への応用研究について発表の場を提供する。具体的には、(1) 地球史の時間軸を与える放射年代・生層序・古地磁気層序・安定同位体比、(2) 地球惑星系の変動解析に用いられる放射性同位体および安定同位体、(3) 年代・同位体データをとりこんだモデリング、などの研究を含む。関連分野との統合的研究も歓迎する。

9:00 ~ 9:30

[SGL27-01] 宇宙線生成核種を用いた地形および地表近傍構成物の年代測定: 適用性と限界

★招待講演

*松四 雄騎[1] (1.京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野)

9:30 ~ 9:45

[SGL27-02] 宇宙線生成核種法を用いた海成侵食段丘の離水年代の推定：宮崎県日向市の事例（速報）

*末岡 茂[1]、小松 哲也[1]、松四 雄騎[2]、代永 佑輔[1]、佐野 直美[1]、平尾 宣暁[1]、植木 忠正[1]、藤田 奈津子[1]、國分 陽子[1]、丹羽 正和[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.京都大学防災研究所)

9:45 ~ 10:00

[SGL27-03] Multi-OSL熱年代法による土岐花崗岩体の10万年スケールの熱履歴推定

*小形 学[1]、King Georgina[2]、Herman Frédéric[2]、末岡 茂[1] (1.国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センター、2.ローザンヌ大学)

10:00 ~ 10:15

[SGL27-04] 地震時に石英ガウジが光刺激ルミネッセンス（OSL）信号を消失する深度条件

*蓑毛 裕希[1]、大橋 聖和[1]、長谷部 徳子[2]、三浦 知督[3] (1.山口大学大学院創成科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター、3.金沢大学)

10:15 ~ 10:30

[SGL27-05] 北陸層群からいくつかの年代測定結果の報告

*長谷部 徳子[1]、上口 椋[2] (1.金沢大学環日本海域環境研究センター、2.金沢大学地球学教室)

宇宙線生成核種を用いた地形および地表近傍構成物の年代測定: 適用性と限界

Terrestrial cosmogenic nuclides as a dating tool of landforms and near-surface materials: applicability and limitations

*松四 雄騎[1]
*Yuki Matsushi[1]

1. 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

造岩鉱物中の宇宙線生成核種を用いた年代測定について，その原理および種々の適用法と限界について述べる．まず，この手法により，地形を構成する岩盤や堆積物に対して露出年代測定を行うことができる．この適用法では例えば，気候変動に伴う山岳域の環境変遷の復元，大規模崩壊の発生年代の決定や，海成あるいは河成段丘の形成年代推定などを行うことができる．ただし，地形形成以降の表面の侵食や埋没，あるいは対象の宇宙線への曝露履歴が年代値の確度に影響を及ぼす．次に，この手法を，分析対象鉱物の地表近傍での存在時間推定のツールとして用いると，地表面の削剥速度を決定できる．この援用法は，炭酸塩岩からなる岩盤の削剥やケイ酸塩岩からなる流域の侵食速度の決定に利用されている．得られる値を，その場の気候環境や給源の地形量と対照することで，地形の発達過程における法則追求型の研究を行うことができる．地下深く埋没した砂礫堆積物を対象に，同一鉱物粒子に含まれる複数の核種を測定することで，砂礫の埋没年代の推定を行うことができる．石英中の^{10}Beと^{26}Alを分析する場合，数百万年程度の年代測定が可能である．この方法は，洞窟堆積物のほか，低地を埋積する土砂や更新世の地層に対して使用でき，堆積物が埋没した時代を決定すると同時に，給源山地の削剥速度の復元も可能であると考えられる．本講演では，適用の実例やモデル計算の結果を示し，手法の応用可能性と精度・確度を制約する要因について解説する．

キーワード：宇宙線生成核種、露出年代、削剥速度、埋没年代、地形発達
Keywords: Terrestrial cosmogenic nuclides, Exposure age, Denudation rate, Burial age, Landscape evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宇宙線生成核種法を用いた海成侵食段丘の離水年代の推定：宮崎県日向市の事例（速報）

Dating of marine erosional terraces using cosmogenic nuclides: A case study of the Hyuga City, Miyazaki Prefecture, southwest Japan (preliminary results)

*末岡 茂[1]、小松 哲也[1]、松四 雄騎[2]、代永 佑輔[1]、佐野 直美[1]、平尾 宣暁[1]、植木 忠正[1]、藤田 奈津子[1]、國分 陽子[1]、丹羽 正和[1]
*Shigeru Sueoka[1], Tetsuya Komatsu[1], Yuki Matsushi[2], Yusuke Yonaga[1], Naomi Sano[1], Noriaki Hirao[1], Tadamasa Ueki[1], Natsuko Fujita[1], Yoko Kokubu[1], Masakazu Niwa[1]

1. 日本原子力研究開発機構、2. 京都大学防災研究所
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

沿岸部における過去数万～数十万年の隆起速度の推定には，海成段丘の分布高度と離水年代を用いた手法が有効である（例えば，Ota and Omura, 1991, Quat. Res.）。日本列島における海成段丘の離水年代の制約は、主に段丘堆積物と被覆層を対象とした火山灰編年法や光ルミネッセンス法（特に長石のpIRIR法；例えば，Ito et al., 2015, Geochronometria）によって行われてきた。しかし、段丘堆積物を欠き、被覆層の発達も悪い海成侵食段丘については、これらの手法は適用できないため、離水年代の制約手法の確立が課題である。

本研究では，宇宙線生成核種（TCN）を用いた年代測定法のうち，^{10}Be法と^{26}Al法を用いて，岩盤の露出年代を求めることにより，海成侵食段丘の離水年代の制約を試みた。^{10}Be法と^{26}Al法は，岩石中に含まれる酸素やケイ素に宇宙線が照射されることで生成される^{10}Beと^{26}Alの蓄積量を基に，岩石の露出年代や侵食速度を推定する手法である（若狭ほか，2004，地形；松四ほか，2007，地形）。地表あるいは任意深度における^{10}Beと^{26}Alの生成速度は，宇宙線強度（緯度や高度等に依存），地下物質の密度，岩石の深度によって決まる。このうち，宇宙線強度は理論式による計算，地下物質の密度は測定ないし適当な値を仮定することにより求められる。したがって，岩石中の^{10}Beと^{26}Alの蓄積量を測定することにより，岩石の深度の時間変化，すなわち侵食・堆積シナリオの検討が可能となる。

本研究は、宮崎県日向市に分布する海成侵食段丘を対象に行った。本地域には3段の海成段丘が発達し、これらを上位から順にM1面，M2面，L面と呼称する。分布高度はそれぞれ，M1面が30～50m，M2面が19～30m，L面が海面付近から8m付近までである。分布高度に基づくと，M1面とM2面は三財原面と新田原面（長岡ほか，2010，地学雑），L面は完新世の地形面に対比されると考えられる。本研究では，M2面の平坦面上で3か所のピットを掘削し，TCN分析用の試料を採取した。ピット断面は，下位から順に，基盤岩，原位置風化層と解釈される大礫サイズの角～亜角礫層，土壌層からなる。岩石試料は、離水前の波食棚表面とみなせる基盤岩上の角～亜角礫層の最上部（深度は約50cm～1m）から採取した。岩種は，中新世の火成岩類である尾鈴山酸性岩類（中田，1978，地質雑）の花崗斑岩である。採取試料は，Kohl and Nishizumi (1992, GCA)の手順に従って前処理し，東濃地科学センターの加速器質量分析装置（JAEA-AMS-TONO; Saito-Kokubu et al., 2013, Nucl. Inst. Met. Phys. Res. Sect. B）で^{10}Beと^{26}Alの定量を行った。

分析の結果，^{26}Alと^{10}Beの濃度比は，理論的な想定値より有意に低い値となった。石英の純化の際に微量の不純物の残存が確認されているため，不純物の影響を受けやすい^{26}Alの測定結果に問題があると判断し，以下の議論には用いない事とした。^{10}Beは，単純な侵食・堆積シナリオを仮定した露出年代（minimum exposure age）を計算すると，約100～70kaの値が得られた。より詳細な検討として，段丘面が形成・離水後，一定速

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

度で現在の層厚まで被覆層が堆積したと仮定して^{10}Beの蓄積量を計算したところ，MIS5aに離水したシナリオが最も測定値と一致した。新田原面はMIS5cに対比されているため，本研究の結果に従えば，M2面の離水時期は従来の推定よりやや新しくなる。今後は，地下物質の密度のより正確な推定や，深度の異なる試料での^{10}Be測定によって，離水年代の確度を高めていく予定である。

謝辞：本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム高度化開発）」の成果の一部である。

キーワード：宇宙線生成核種法、海成侵食段丘
Keywords: cosmogenic nuclide dating, marine erosional terrace

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi-OSL熱年代法による土岐花崗岩体の10万年スケールの熱履歴推定
Estimation of thermal history of Toki granite over 0.1Myr timescale by Multi-OSL-thermochronometry

*小形 学[1]、King Georgina[2]、Herman Frédéric[2]、末岡 茂[1]
*Manabu Ogata[1], Georgina E King[2], Frédéric Herman[2], Shigeru Sueoka[1]

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センター、2. ローザンヌ大学
1. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 2. University of Lausanne

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、隆起・侵食による地下施設と地表との離間距離の変化や地下水流動の変化について評価することが求められる。そのため、様々な地質環境や時間スケールにおいて、隆起・侵食の速度を定量的に求める手法の開発・整備が必要である。侵食速度を定量的に求める手法としては、数メートルの侵食量を対象にする宇宙線生成核種(^{10}Be、^{26}Al)を利用する方法や、数百万年以上の長期における数十から数百度の温度領域(侵食量換算でkmオーダー)を対象とするフィッション・トラック法・(U-Th)/He法といった熱年代法が挙げられる。一方、地層処分においては、侵食量数百メートル(温度換算で数十度以下)かつ、放射性廃棄物が天然ウラン鉱石の放射能レベルまで減衰する数十万年以内における侵食史の評価が特に重要となる。

Multi-OSL (optically stimulated luminescence)熱年代法は、過去10-20万年の低温領域(<75℃)の熱履歴を推定できる方法として近年提唱されている。この手法は、鉱物中の電子のトラップ・熱的脱トラップの比率が周囲の温度に影響することを利用し、熱履歴を推定する方法である。対象鉱物となる長石は地殻浅部の多くの岩石に普遍的に含まれるため、岩種による制約も少なく、10万年スケールの侵食史の復元に有効だと期待できる。OSL熱年代法の適用は、ルミネッセンス信号が数十万年で飽和するため、露頭試料においては侵食速度の速い地域に制限される。そのため、先行研究のほとんどは、東ヒマラヤや南アルプス(ニュージーランド)、飛騨山脈といった侵食速度が数mm/yearを超える地域で行われている。しかし、大深度ボーリングコアを用い、ルミネッセンス信号が飽和していない地下深部の試料を利用することで、侵食速度の遅い地域にも適用できる可能性がある。

本研究では、ボーリングコアを用い、比較的侵食速度が遅い地域に対してMulti-OSL熱年代法を適用し、利用可能性を評価した。試料には、美濃高原(岐阜県瑞浪市)で掘削されたボーリングコアを用いた。アパタイトフィッション・トラック法で推定された約40 Ma以降の侵食速度（<0.16 mm/year）や、河成段丘から求められたMIS6からMIS2の隆起速度（0.11~0.16 mm/year）から、この地域の侵食速度は0.1 mm/year程度またはそれ以下と予想される。コアは主に山陽帯東部の土岐花崗岩帯で構成される。総掘削長が1,300 mabh (meter along borehole)で、159、449、751 mabh地点のコアを測定した。

全ての試料で、約10万年前から現在までほぼ温度が変化しないという結果が得られた。この結果は、この地域の侵食速度が遅いという予想と一致する。本研究により、大深度ボーリングコアを用いることで、侵食速度が遅い地域にもOSL熱年代が適用できる可能性が示された。Multi-OSL熱年代法は、既存の手法では推定が困難な数十万年までの低温領域の熱履歴を推定できる方法として利用できると考えられる。

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」の成果の一部である。

キーワード：ルミネッセンス、熱年代、長石
Keywords: luminescence, thermochronometry, feldspar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震時に石英ガウジが光刺激ルミネッセンス（OSL）信号を消失する深度条件

Depth condition under which OSL signal of quartz gouge experiences coseismic zeroing

*蓑毛 裕希[1]、大橋 聖和[1]、長谷部 徳子[2]、三浦 知督[3]
*Yuki Minomo[1], Kiyokazu Oohashi[1], Noriko Hasebe[2], Kazumasa Miura[3]

1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 金沢大学環日本海域環境研究センター、3. 金沢大学
1. Graduate School of science and Technology for Innovation, Yamaguchi University , 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 3. Kanazawa University

K-Ar法，FT法，ESR法などの年代測定法を用いて，断層岩に記録された活動イベントの年代を特定しようとする試みがなされている（例えばMurakami & Tagami, 2004）．提案されている手法の中でも，ルミネッセンス年代測定法は数十年～数十万年前までの適用年代範囲を持ち，活断層の年代測定に適していることから，歴史地震を引き起こした断層での解析が行なわれている（雁澤ほか, 2013）．また，石英ガウジの光刺激ルミネッセンス（OSL）信号がリセットする条件の速度依存性が実験的に検証され，すべり速度0.25 m/sから信号の減少，0.65 m/s以上では完全消失が確認された（蓑毛ほか, 2018, JPGU）．本研究では，石英ガウジに対して様々な垂直応力条件下で剪断を加え，高速摩擦に伴ってOSL信号が低下～消失することを確認した．そこから推定される，地震に伴うOSL信号の消失深度条件を発表する．出発物質は，兵庫県淡路島に分布する都志川花崗岩より抽出した粒径150 μm以下の石英粒子に，400 Gyのガンマ線を照射したものである．実験は回転剪断式高速摩擦試験機を用いて，垂直応力0.5–5.0 MPa，すべり速度0.65 m/s（一定）の条件で行なった．また，マグニチュード７前半の地震を想定し，すべり距離を2.1 mとした．OSL信号に対する破砕の影響を除くため，回収試料のうち75–150 μmの粗粒子のみを抽出し，信号測定を行なった．測定の結果，垂直応力0.5 MPaからOSL信号強度が消失し始めることが判った．0.5 MPaおよび1 MPa信号が完全に消失した粒子と依然信号を維持する粒子があり，アリコット（測定皿）ごとの信号強度の頻度はバイモーダルな分布をなす．一方，2.0 MPa以上ではすべての粒子が完全消失を示した．測定結果から，マグニチュード7前半の地震に伴う石英ガウジのOSL信号は，地下18～36 mおよび地下72 m以上に相当する静岩圧下で年代値のリセットと完全リセットがそれぞれ起こることになる．

[引用文献]
Bateman, M.D., Swift, D.A., Piotrowski, J.A., Rhodes, E.J., Damsgaard, A (2018), Can glacial shearing of sediment reset the signal used for luminescence dating?. Geomorphology. 306, 90–101.
鴈澤好博・高橋智佳史・三浦知督・清水聡(2013), 光ルミネッセンスと熱ルミネッセンスを利用した活断層破砕帯の年代測定法. 地質雑, 119, 11, 714-726.
蓑毛裕希・赤瀬川幸治・大橋聖和・長谷部徳子・三浦知督（2018），石英ガウジが光刺激ルミネッセンス（OSL）を消失する地震・地質学的条件．JPGU, 2018.
Murakami, M., and T. Tagami (2004), Dating pseudotachylyte of the Nojima fault using the zircon fission-track method. Geophys. Res. Lett., 31, L12604, doi:10.1029/2004GL020211.

[謝辞]
本研究は，平成27～30年度原子力施設等防災対策等委託費（野島断層における深部ボーリング調査）事業の支援を受けています．

キーワード：光刺激ルミネッセンス、活断層

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: optically-stimulated luminescence, active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北陸層群からいくつかの年代測定結果の報告
Result of age determination of samples from Hokuriku Group

*長谷部 徳子[1]、上口 椋[2]
*Noriko Hasebe[1], Ryo Kamiguchi[2]

1. 金沢大学環日本海域環境研究センター、2. 金沢大学地球学教室
1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 2. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

本研究では，石川県南部の鶴来地区などに分布する医王山累層とされる層や，金沢大学周辺や魚津地区で広域テフラ層との対比からのみ年代が推定されているものに対してジルコンフィッショントラック（ZFT）年代測定法およびU-Pb年代測定法を用いて年代測定を行った。その結果，鶴来地区の医王山累層はZFT年代(pooled age)が12.2±1.9~ 15.7±2.8Ma(誤差は２σ)，U-Pb年代が17.2±0.5~21.0±0.9Maとなり，日本海拡大イベント期に形成されたマグマだまりから時間をおいて（もしくは再溶融により）噴火が起こったことが示唆された。また医王山累層上層の音川累層から採取した試料も医王山累層の試料と誤差の範囲で一致する値となり，この地域の医王山累層と音川累層は短期間で形成されたと考えられる。これは八尾での早川（1983）の知見と矛盾しない。一方，採石場から採取した試料カガライトは，広域テフラとの対比（田村・山崎，2004）より約4.4 Ma と見積もられているTR１（大久保，1999)に相当すると考えたが，ZFT年代は33.2±4.6Ma，U-Pb年代は65.3±2.0Ma となり，大きく予想から外れていた。魚津地域から採取した試料はZFT年代3.4±0.7~9.7±1.4Ma、U-Pb年代:2.9±0.8~71.7±2.8Maとなり，噴出年代は概ね八尾地域に分布しているテフラ（OT2, OT3, 角井，1986）に対比される値となったが，FT年代に比して非常に古いU-Pb年代を示すものがあり，さらに対比を確認する必要がある。

キーワード：北陸層群、テフラTR1、テフラ Tng
Keywords: Hokuriku Group, TR1 tephra, Tng tephra

©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-GL 地質学

2019年5月30日(木) 10:45 ~ 12:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-GL27] 地球年代学・同位体地球科学

コンビーナ:田上 高広(京都大学大学院理学研究科)、佐野 有司(東京大学大気海洋研究所海洋地球システム研究系)、座長:佐野 有司、田上 高広

地球の現在を知り、将来を展望するためには、地球史の精密な復元は欠かすことが出来ない。その中心となる学問分野が、地球年代学・同位体地球科学である。本セッションでは、分析方法の開発・改良や年代値較正などの基礎研究と、地球惑星史への応用研究について発表の場を提供する。具体的には、(1) 地球史の時間軸を与える放射年代・生層序・古地磁気層序・安定同位体比、(2) 地球惑星系の変動解析に用いられる放射性同位体および安定同位体、(3) 年代・同位体データをとりこんだモデリング、などの研究を含む。関連分野との統合的研究も歓迎する。

10:45 ~ 11:15

[SGL27-06] **Geochemical origin/cycle analysis with isotopologues and isotopomers**

★Invited Papers

*吉田 尚弘[1] (1.東京工業大学物質理工学院, 地球生命研究所)

11:15 ~ 11:30

[SGL27-07] カナダ・ラブラドールの堆積岩を用いた古環境の推定

*須藤 克誉[1]、佐野 有司[1]、小宮 剛[1]、Bakert David[2]、Michael Broadley[2]、Bernard Marty[2] (1.東京大学、2.CRPG-CNRS, Université de Lorraine)

11:30 ~ 11:45

[SGL27-08] 高圧合成試料に基づくメソシデライト・ジルコンのHf-W年代測定

*小山 雄大[1]、高畑 直人[1]、佐野 有司[1]、杉浦 直治[1]、小池 みずほ[2]、羽場 麻希子[3]、坂田 周平[4]、桑原 秀治[5]、入舩 徹男[5] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.東京工業大学、4.学習院大学、5.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

11:45 ~ 12:15

[SGL27-09] 放射年代と天文年代ー国際年代層序表における年代数値に関連して

★招待講演

*兼岡 一郎[1] (1.東京大学地震研究所)

Geochemical origin/cycle analysis with isotopologues and isotopomers

*吉田 尚弘[1]
*Naohiro Yoshida[1]

1. 東京工業大学物質理工学院, 地球生命研究所
1. Department of Chemical Science and Engineering, Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Since the 1950’s, the stable isotope composition of natural samples has proved to be a unique tool for the study of geological and biological processes, their evolution and effect on Earth’s surface environment. However, due to technical and conceptual limitations, the complete set of information potentially contained in the different modes of isotopic substitution remains largely unexplored. In this study, using new methodological developments that allow analysis of more isotopically substituted molecules, we are developing new tracers in 3 modes of isotopic substitution, fully integrated in the study of geological, biological and anthropogenic processes which affect the origin and evolution of the Earth’s surface environment.

3 modes of substitution of stable isotopes in a single molecular species are;

1) Position specific isotope abundance (PSIA): Our group has pioneered PSIA of N_2O[1,2] and organic molecules using classic isotope mass spectrometry[3] and nuclear magnetic resonance[4,5]. We have shown that PSIA of hydrocarbons and organic acids allows to distinguish between biological and non-biological processes[4,6].

2) Mass-independent fractionation (MIF): The discovery of MIF of sulfur and oxygen in terrestrial samples has revolutionized environmental geochemistry and our understanding of the evolutionary history of the Earth's environment and life[7-9].

3) Clumped isotopes (i.e. isotopologues and isotopomers with 2 minor isotopes) provide unique information about the temperature history of molecules such as carbonates[10] or organic compounds[11-13].

We are currently developing new and improved tracers of environmental and biogeochemical processes and applying them to the environmental diagnosis. We are establishing and standardizing new methods for the analyses of every 3 complex modes of isotopic substitution, and unifying them to develop ultimate environmental diagnosis.

The development and application of these new isotopic tools to the environment evolution, in modern and more ancient eras, represents an important conceptual advance in Earth and life sciences. This will open new areas of research about, for example, the geological production of some atmospheric gases, metabolic processes and the biological fixation of atmospheric CO_2, the production and cycling of pollutant gas by industrial processes. As a whole, these new tracers will be integrated together for diagnosis of the Earth’s environment.

References:

1)Yoshida & Toyoda, 2000 *Nature*; 2)Yamazaki, Toyoda, Yoshida, et al., 2014 *Biogeosciences*; 3)Yamada,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Yoshida, et al., 2002 *RCM*; 4)Gilbert, Yamada, Yoshida, 2013 *Anal. Chem.*, and 5) 2014 *Anal. Chim. Acta*; 6)Gilbert, Yamada, Ueno, Yoshida 2016 *Geochim. Cosmochim. Acta*; 7)Danielache, Ueno, Yoshida et al., 2008 *J. Geophys. Res.*; 8)Hattori, Danielache, Ueno, Yoshida et al., 2013 *PNAS*, 9)Ueno, 2015 *Science*; 10) Yoshida, Abe, Yamada et al., RCM, 2013; 11)Tsuji, Yamada, Yoshida et al., 2012 *Sensor,*: 12)Ono et al., 2014 *Anal. Chem.*; 13)Stolper et al., 2014 *Science*.

キーワード：アイソトポマー、アイソトポログ、地球化学的循環、軽元素安定同位体
Keywords: isotopomer, isotopologue, geochemical cycle, light element stable isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

カナダ・ラブラドールの堆積岩を用いた古環境の推定
Estimation of Paleoenvironment by sedimentary rocks in Labrador, Cacada

*須藤 克誉[1]、佐野 有司[1]、小宮 剛[1]、Bakert David[2]、Michael Broadley[2]、Bernard Marty[2]
*katsutaka sudo[1], Yuji Sano[1], Tsuyoshi Komiya[1], Bakert David[2], Michael Broadley[2], Bernard Marty[2]

1. 東京大学、2. CRPG-CNRS, Université de Lorraine
1. University of Tokyo, 2. CRPG-CNRS, Université de Lorraine

カナダのラブラドール地方の39.5億年以上前の年代を持つと考えられる堆積岩において、田代ら(2017)の研究では炭酸同化起源とみられる、炭酸塩とグラファイト間における炭素同位体比(δ13C)のシフトが見られた。この結果から地球最古の生命の可能性が議論されたが、この堆積岩の形成年代は同じ地層とみられる5km離れた露頭で貫入している火成岩のジルコン年代に基づいていることから、正しい年代かどうかの議論となっている。

本研究では、この堆積岩の窒素同位体分析により、当時の大気組成及び生物作用と考えられる同位体シフトがメタン菌とシアノバクテリアどちらの作用と関わっているものかを炭素同位体比と併せて推定する。また、地球大気のキセノン同位体進化に基づく年代推定法を用いてラブラドール岩試料の年代を化学的に直接決定出来るかを試みた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高圧合成試料に基づくメソシデライト・ジルコンのHf-W年代測定
Hf-W dating of zircons from mesosiderites with high-pressure sintered sample

*小山 雄大[1]、高畑 直人[1]、佐野 有司[1]、杉浦 直治[1]、小池 みずほ[2]、羽場 麻希子[3]、坂田 周平[4]、桑原 秀治[5]、入舩 徹男[5]
*Yuta Koyama[1], Naoto Takahata[1], Yuji Sano[1], Naoji Sugiura[1], Mizuho Koike[2], Makiko K. Haba[3], Sakata Shuhei[4], Hideharu Kuwahara[5], Tetsuo Irifune[5]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 東京工業大学、4. 学習院大学、5. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター
1. the University of Tokyo, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Tokyo Institute of Technology, 4. Gakushuin University, 5. Geodynamics Research Center, Ehime University

Hf-W年代測定は、^{182}Hfが半減期8.9 Myr(Vockenhuber et al., 2004)で安定同位体^{182}Wへ壊変することを利用した手法である。Hfは親石性元素であるのに対し、Wは親鉄性元素であるため、原始惑星及び隕石の母天体におけるマントルとコア分離の年代を議論する上でHf-W年代測定は重要である。しかしながら、U-Pb年代測定に適し、熱変性に強い性質を持ち、初期太陽系の環境を知る上で重要な鉱物であるジルコン($ZrSiO_4$)に対して、In-situ (その場)でHf/W比を測定する際には困難が伴う。In-situ分析においては一般に、主成分のマトリックス効果による微量元素の感度の変化を避けるために、マトリックスが同じで測定元素の濃度が既知のスタンダードを準備する必要がある。ところが、ジルコンの結晶中にはWがほとんど取り込まれないため、測定に十分かつ均質なW濃度を持ち、スタンダードとして用いることができるジルコンは存在しない。したがって、これまでに行われてきたジルコンのHf-W年代測定においては、Hf/WのRSF(相対感度係数)を決定するためにW濃度既知のスタンダードジルコンを用いず、間接的な方法を用いて未知試料ジルコン中のHf/W比が求められてきた(e.g., Ireland & Bukovanská, 2003; Koike et al., 2017)。本研究では、In-situ分析においてジルコンのHf/Wに対する感度をより直接的な方法で決定できる方法を確立するために、十分な量のタングステンを含む標準ジルコンを作成した。はじめに、高純度のジルコン粉末に酸化ハフニウムと酸化タングステンを混合した。次に、混合物を高エネルギーボールミルで微粉末に破砕したのちに、愛媛大学のマルチアンビル装置を用いた高圧焼結により標準ジルコンを作成した。その際、約1700 ℃以上の高温にすると、ジルコンが熱分解し(Kanno & Suzuki, 1987)、Wが偏析する恐れがあるので、合成セルは1000 ℃、6 GPaの条件で3時間保持した。作成したジルコンのHf/W比は学習院大学のLA-ICPMS装置で確認した。更に、その合成スタンダードジルコンを基準として、東京大学大気海洋研究所のNanoSIMSを用いた30 μmスケールの空間分解能による Hf-W年代測定をメソシデライト中のジルコンに応用した。その結果、ジルコンのHf-W年代が報告されているメソシデライト(Asuka 882023)に対して、先行研究(Koike et al., 2017)と調和的なHf-W年代が得られた。

キーワード：ハフニウム-タングステン年代測定、ジルコン、メソシデライト、高圧合成、ナノシムス、相対感度係数
Keywords: Hf-W dating, zircon, mesosiderite, sintering, NanoSIMS, RSF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

放射年代と天文年代ー国際年代層序表における年代数値に関連して
Radiometric ages *vs.* astrophysical ages -with regard to the numerical age in the International Stratigraphic Chart

*兼岡 一郎[1]
*Ichiro Kaneoka[1]

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

2018年7月、国際地質科学連合（ＩＵＧＳ）の国際層序委員会（ＩＣＳ）によって、国際年代層序表（ＩＳＣ）の最新版(v.2018/07)が公表された。国際年代層序表において各層序境界に付加されている年代数値の取扱いについて注意すべきことを、筆者は2009年度版の国際年代層序表に基づいて以前の地球惑星科学連合大会で指摘した(兼岡,2016）。2018年度版も本質的な点については変わっていないが、その数値の表記法などについては2009年度版とはいくつかの異同があり、全体としての表記法の統一基準が以前より曖昧になっている点がある。ここではいくつかを指摘するとともに、年代数値を付加する際に採用されている天文年代と放射年代を比較・検討する。

2018年度版の国際年代層序表では、年代数値として天文年代が用いられているのが2009年度版ではCenozoicのうちQuaternary, Neogeneだけであったのが、Paleogeneまで拡張されてCenozoic全体に及んでいる。しかし有効数値としては、Pliocene内のPiacenzianの下限値3.600MaからOligocene内のChattianの下限値27.82Maまでは4桁で表示されているが、それら以外の範囲では3桁の有効数値でしか表示されていない。Quaternaryの年代下限値は2009年度版では2.588Maとされていたが、2018年度版では2.58Maと表示されている。これらの有効数値の桁数の表示の基準が不明確である。

MesozoicおよびPaleozoicの各境界の年代数値については、放射年代による数値が与えられていて、内挿値によるものを除けば、いずれも測定誤差がつけられている。有効数値としては4桁のものが多いが、実際には3桁から6桁までに及んでいて一般性に欠ける。また2018年度版の国際年代層序表では、2009年度版に比べていくつかの境界の年代数値が変更されているが、その表示の仕方についても統一性がない。

Cenozoicにおける各境界の年代数値として採用されている天文年代は、海水の酸素同位体比の変動に反映されている長期的な気候変動の主要な原因が、太陽を周回する地球の軌道の長期的な変化（ミランコビッチ周期）で説明できるとして、それに基づいて計算された年代と長期的な酸素同位体比の変動を対比させて求められる。計算された年代数値はいくらでも桁数を取ることが可能なので、放射年代では測定誤差の増大で困難な若い年代範囲に対しても、細かい年代数値を与えられるという利点がある。しかし軌道変化に基づいて計算された年代値の誤差はないと仮定しても、酸素同位体比の変動を計算値から得られる温度の変動と対比する際にはある程度の誤差を伴うはずだが、天文年代にはそれが反映されていない。また海水の酸素同位体比変動がミランコビッチ周期のみで完全に支配されている保証はなく、年代層序における各境界自体も、地球史を通じて酸素同位体比に反映されている保証もない。天文年代を用いて与えられた年代数値は、ミランコビッチ周期を前提とした“モデル年代”である。

一方、放射年代によって層序境界に与えられる年代数値を求めるためには、それぞれの年代境界に対して用いる放射年代の測定法、試料の種類、試料の採取箇所、測定法に対する年代適用限界などさまざまな要素を、慎重に評価する必要がある。この方法では分析精度に限界があるので、必然的に測定誤差を伴う。また放射壊変を利用するので、その壊変定数の不確定性も年代値の確度を左右するが、天文年代による”モデル年代”とは本質的に異なる。

国際年代層序表の各境界の年代数値に対しては、利用者における混乱を避けるためにも合理的な桁数の有効数値が与えられることが望ましい。しかし2018年度版の国際年代層序表ではそれが実現されていない。そのため、国際年代層序表に与えられている年代数値はCenozoicとそれ以外では異なった前提に基づいて得られた年代数値で表示されており、測定誤差も考慮して、年代値の有効数値としては3桁程度を目安として使用する

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

のが妥当であろう。

キーワード：国際年代層序表、年代数値、有効数値、天文年代、放射年代
Keywords: International Stratigraphic Chart, numerical age value, effective numerical value, astrophysical age, radiometric age

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月30日(木) 9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[S-MP32] 変形岩・変成岩とテクトニクス

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

プレート境界における地殻，マントルのダイナミクスを理解するために幅広い分野から研究成果を募集します．岩石学的，構造地質学的貢献のみならず，流体を含んだ地殻・マントルのレオロジー，熱や物質輸送の力学など，様々な手法，対象の成果を総合的に議論します．

9:00 ~ 9:15

[SMP32-19] Thermal interaction of the lithosphere and asthenosphere revealed from internal variations of pressure-temperature history in orogenic peridotite complexes

*小澤 一仁[1]、 ガリド カルロス[2]、ヒダス カロリ[2]、ボディニエ ジャン・ルイ[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.アンダルシア地球科学研究所、3.モンペリエ地球科学研究機構)

9:15 ~ 9:30

[SMP32-20] **Hydration and Ca-metasomatism in Mantle Wedge: An evidence from the Alag Khadny Accretionary Wedge, Western Mongolia**

*OTGONBAYAR DANDAR[1]、Atsushi Okamoto[1]、Masaoki Uno[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

9:30 ~ 9:45

[SMP32-21] **Attenuated Total Reflection Infrared (ATR-IR) Spectroscopy of Antigorite, Chrysotile and Lizardite**

*Ilona Talvikki Sakaguchi[1] (1.Nagoya University)

9:45 ~ 10:00

[SMP32-22] 南西インド洋海嶺Marion transform断層において採取された変形かんらん岩の構造岩石学的特徴

*柿畑 優季[1]、道林 克禎[2]、Dick Henry[3] (1.静岡大学大学院総合科学技術研究科、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.ウッズホール海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[SMP32-23] 一ノ目潟産スピネルカンラン岩捕獲岩から読み解くリソスフェア-アセノスフェア境界領域の構造と形成機構

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

10:15 ~ 10:30

[SMP32-24] 変成岩の縞構造と塑性不安定

*鳥海 光弘[1] (1.海洋研究開発機構)

Thermal interaction of the lithosphere and asthenosphere revealed from internal variations of pressure-temperature history in orogenic peridotite complexes

*小澤 一仁[1]、 ガリド カルロス[2]、ヒダス カロリ[2]、ボディニエ ジャン・ルイ[3]
*Kazuhito Ozawa[1], Carlos J. Garrido[2], Karoly Hidas[2], Jean-Louis Bodinier[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. アンダルシア地球科学研究所、3. モンペリエ地球科学研究機構
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), CSIC –UGR, Armilla, Granada, Spain, 3. Geosciences Montpellier, Montpellier, France

Dynamics of interaction between lithosphere and asthenosphere in their boundary zones (LABZ) plays an important role in transferring heat, material, and momentum from the earth’ s interior to the surface. Orogenic peridotites provide direct and high-resolution information for better understanding mantle processes taking place in the boundary zone. However, their exhumation obscure the information on dynamics operating in LABZ, while they could be driven and affected by processes taking place in and beneath the LABZ. This issue leads to ambiguity in the link between magmatism, relevant to whole-rock chemical characteristics, and exhumation of peridotite complexes, relevant to deformation and subsolidus reactions. Bodinier et al. (2008) actually pointed out two possible formation scenarios for plagioclase peridotites in orogenic peridotite complexes: subsolidus reaction from spinel peridotites and open magmatic processes in the plagioclase peridotite facies in the shallow mantle. In the context of lithosphere-asthenosphere interaction, it is crucial to discriminate these two possibilities. Spatial and temporal changes of pressure and temperature within an orogenic peridotite complex can be used to better constrain its history of decompression and magmatism. By exploiting the advantage of size of orogenic peridotite complexes, these data may provide valuable constraints on the LABZ dynamics.

Here, we examine internal variations of thermal and decompression history of three orogenic peridotite complexes: Ronda, Pyrénées, and Horoman. They exhibit diverse geological and petrologic characteristics providing an excellent chance of comparative study. The common feature of these orogenic peridotites is decompression from the garnet peridotite facies deeper than ~50km. In this study, we focus on garnet-related reaction microstructures, which are powerful tools to resolve pressure-temperature history because of their high hysteresis as compared with suppressed hysteresis of chemical zoning in minerals. Garnet and its breakdown products show contrasting features among the three. (1) Garnet was completely decomposed in both peridotite and pyroxenite lithologies in Horoman with formation of symplectite in slightly depleted peridotites; garnet rarely remains in both peridotite and pyroxenite lithologies with extensive formation of symplectite and kelyphite in Ronda; and garnet is completely decomposed into two-pyroxene spinel symplectite in peridotites but well preserved with partial formation of kelyphite rim and veinlets in pyroxenites in Pyrénées. (2) Coarse-grained granular olivine-plagioclase assemblage in both fertile peridotite and pyroxenites is common in Horoman; formation of olivine-plagioclase assemblage forming fine-grained intergrowth in fertile peridotites and pyroxenites is common with its extent being spatially variable in Ronda; and formation of olivine-plagioclase assemblage rarely in pyroxenites and very rarely in fertile peridotites in Pyrénées. These contrasts suggest: (1) high-temperature decompression path all through its ascent in Horoman; (2) low-temperature in deeper levels but relatively high-temperature decompression path in shallower levels in Ronda; and (3) high-temperature decompression path in deeper levels followed by rapid cooling in shallower levels in Pyrénées. Combined with pressure-temperature path deduced from chemical zoning and microstructure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

related to exsolution and dissolution in pyroxenes, we propose that the shallow high-temperature decompression of Ronda was caused by heating in the plagioclase peridotite facies and that the high-temperature decompression of Horoman by heating over a wide depth range deeper than the plagioclase peridotite facies. Pyrénées is probably intermediate of these two cases. The contrasting modes of thermal perturbation may imply different mechanisms of lithosphere-asthenosphere interaction, such as active upwelling vs. passive upwelling.

キーワード：リソスフェア・アセノスフェア境界、温度・圧力履歴、造山帯カンラン岩体
Keywords: lithosphere-asthenosphere boundary, pressure-temperature history, orogenic peridotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydration and Ca-metasomatism in Mantle Wedge: An evidence from the Alag Khadny Accretionary Wedge, Western Mongolia

*OTGONBAYAR DANDAR[1], Atsushi Okamoto[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Hydration and metasomatic reactions of mantle wedge play important roles on global material circulation and changes in physical properties along the plate interface within the subduction zone. Metasomatism is caused by specific components of fluids such as silica; however, our understanding on the relationship between hydration and metasomatism in mantle wedge is still limited. In this study, we report outstanding alteration textures of orthopyroxene as an evidence for significant Ca metasomatism within the mantle wedge, and its relation to the hydration processes.

The Alag Khadny accretionary wedge is located in the Chandman area, western Mongolia, Central Asian Orogenic Belt. The accretionary wedge is subdivided into northern and southern belts. The northern belt is consisted of orthogneiss bodies with layers of mica schists and paragneisses, including amphibolized eclogite, marble, and serpentinite bodies. The southern belt is composed mainly of serpentinized peridotite with minor ophicarbonates and limestone layer including lenses of epidote amphibolites. The ultramafic body mainly consists of harzburgite and lherzolite with minor dunite and its origin is interpreted as mantle wedge.

We collected 17 samples from the ultramafic body in southern belt of the Alag Khadny accretionary wedge in the Chandman area. The peridotites contain primary olivine (Ol), orthopyroxene (Opx), clinopyroxene (Cpx), and spinel. The peridotites were suffered from various extents of metasomatism and hydration. P-Olivine was replaced by antigorite with various extent, whereas primary Cpx was preserved without reactions. One of the notable features that is common in the peridotite is intense replacement of orthopyroxene (>60 vol.% was replaced). The mineralogy of the orthopyroxene replacement is divided into three types: secondary Cpx (S-Cpx) + tremolite (Tr), S-Cpx + tremolite (Tr) + S-olivine, S-Cpx. S-olivine shows lower Mg# (0.85-0.91) than the primary ones (Mg#=0.90-0.91), and S-Cpx shows the lower Al content and higher Mg# than the primary Cpx. Mass-balance calculation for the Opx pseudomorph showed the gains of Ca and water, and losses of silica, Mg and Fe. Due to the lack of Ca source in the primary minerals, significant amount of Ca metasomatism occurred induced by infiltration of the external fluids. The products of Ca metasomatism (S-Cpx, Tr) are commonly cut by antigorite veins, indicating that main hydration (antigorite formation) occurred after Ca metasomatism. The stability field of mineral assemblage of the Opx replacement was consistent with the P-T conditions of eclogite bodies in the Chandman area (T= 590-630 ˚C and P=11-16 kbar), implying that the hydration and metasomatism were caused by mantle wedge due to a supply of fluids derived from dehydration of the subducting slab.

Keywords: Ca metasomatism, Mantle Wedge, Orthopyroxene, Alag Khadny accretionary wedge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Attenuated Total Reflection Infrared (ATR-IR) Spectroscopy of Antigorite, Chrysotile and Lizardite

*Ilona Talvikki Sakaguchi[1]

1. Nagoya University

Ilona Sakaguchi[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1], Simon Wallis[2]

[1]Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, [2]Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

Distinguishing serpentine minerals antigorite, chrysotile and lizardite from a thin section can be challenging due to the similarity of their optical properties and chemical composition. Infrared spectroscopy (IR) is a method based on the characteristic absorption of infrared radiation by different chemical bonds. Since each serpentine mineral has a distinct crystal structure, infrared spectroscopy can be applied in serpentine mineral identification. Infrared radiation is also particularly strong in polar bonds making IR spectroscopy a powerful tool in studying serpentine mineral hydroxyl groups. Transmission infrared spectroscopy is the most widely used IR method but it requires time-consuming and arduous sample preparation. Using a newer method known as attenuated total reflection infrared spectroscopy (ATR-IR) can significantly reduce the sample preparation time since the measurements can be made directly from the surface of a normal thin section.

We applied the ATR-IR method to characterize antigorite, chrysotile and lizardite from samples from Mt. Shiraga serpentinite body, located in central Shikoku, SW Japan. The ATR-IR method proved to be a reliable and simple method to measure the infrared spectrum of serpentine minerals as there were clear differences in the absorbance band positions of the three serpentine minerals. However, we observed notable differences in the absorbance band positions and absorbance intensities of serpentine minerals between the ATR-IR measurements and transmission IR measurements published in previous studies. These results reflect the fact that the ATR-IR method is susceptible to spectral distortions that are caused by the dependence of absorbance intensity to wavelength and by anomalous dispersion of infrared radiation. On the other hand, spectral mapping is much more convenient in the ATR-IR method as measurements can be done from normal thin sections. We also used the ATR-IR method to map a sample with three co-existing serpentine minerals with interesting reaction textures.

ATR-IR spectroscopy, and especially ATR-IR mapping, has a lot of potential in the field of mineral spectroscopy and it could be applied in the study of a wide variety of serpentinite microstructures, such as veining and faulting. One possible research avenue would be to combine ATR-IR mapping of serpentinite microstructures to quantitative analysis of serpentine mineral hydroxyl group absorbance intensities.

Keywords: Attenuated total reflection infrared (ATR-IR) spectroscopy , Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), Sanbagawa metamorphic belt, Antigorite, Chrysotile, Lizardite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南西インド洋海嶺Marion transform断層において採取された変形かんらん岩の構造岩石学的特徴
Fabric and petrological characteristics of sheared peridotites in Marion transform fault, Southwest Indian Ridge

*柿畑 優季[1]、道林 克禎[2]、Dick Henry[3]
*Kakihata Yuki[1], Katsuyoshi Michibayashi[2], Henry Dick[3]

1. 静岡大学大学院総合科学技術研究科、2. 名古屋大学大学院環境学研究科、3. ウッズホール海洋研究所
1. Shizuoka University Graduate School of Science, 2. Nagoya University Graduate School of Environmental Studies, 3. Woods Hole Oceanographic Institution

南西インド洋海嶺は超低速拡大海嶺(1.4 mm/yr)であり，マントルの湧昇による熱の供給が少なく相対的に冷却の影響が大きくなることから，玄武岩質の薄い地殻が部分的に形成されるのみで海底に直接かんらん岩が露出している．南西インド洋海嶺に存在するMarion transform断層では1980年代以降ドレッジ調査が行われており，玄武岩や斑れい岩，かんらん岩が採取されてきた．

本研究では，1983年のPROTEA.5航海でMarion transform断層において採取されたかんらん岩7試料を用い，微細構造発達について考察を行った．かんらん岩試料はかんらん石，直方輝石，単斜輝石及び少量の角閃石，斜長石，緑泥石からなり，二次鉱物として蛇紋石や磁鉄鉱を含んでいた．かんらん岩は微細構造に基づいて，大部分が3-5 μmの極めて細粒な粒子からなるウルトラマイロナイト(2試料)と，変形した粗粒結晶と細粒化が進行して形成された基質からなる不均質な組織のテクトナイト(5試料)の2グループに分けられた．ウルトラマイロナイト中の3-5 μmの細粒は丸みを帯びており，一部に15 μm程度の比較的粗粒な伸長した粒子が見られた．一方不均質な組織のテクトナイトの基質中の粒子は多角形か不規則に伸長していた．どちらのかんらん岩にも亜粒界を伴うかんらん石粒子が存在し，相の混合が生じていた．かんらん石のMg#は89.5-91.2，スピネルのCr#は17.1-33.9であり，非常に肥沃な組成からやや枯渇した組成であった．角閃石はtremolite，magnesio-hornblende及びpargasiteの組成を示した．

ウルトラマイロナイト中には強く変形した角閃石粒子が含まれる一方，不均質な組織のテクトナイト中の角閃石は未変形なものから強く変形したものまで存在した．また，かんらん石の結晶方位ファブリックは，変形した角閃石を含む試料ではBタイプまたはEタイプであった．Bタイプ，Eタイプファブリックは水の存在下で形成されることが示されている．したがって本研究により，Marion transform断層下の上部マントルは剪断変形時に水の影響を強く受けていることが示される．更に，不均質な組織のテクトナイト中のかんらん石は粒子内歪が小さく，結晶方位の集中が見られない一方，ウルトラマイロナイト中では粒子内歪はやや大きく，結晶方位の明らかな集中が見られた．以上に基づくと，トランスフォーム断層下では，温度の低下と細粒化により不均質な組織のテクトナイトが形成され，更に温度低下と変形が進行することでウルトラマイロナイトが形成されたと考えられる．また，テクトナイトの細粒基質は主に粒界すべりと拡散クリープで，ウルトラマイロナイトは主に転位クリープで変形したことが示唆される．

キーワード：トランスフォーム断層、かんらん岩、変形機構
Keywords: transform fault, peridotite, deformation mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

一ノ目潟産スピネルカンラン岩捕獲岩から読み解くリソスフェア-アセノスフェア境界領域の構造と形成機構

Structure and formation mechanism of lithosphere-asthenosphere boundary decoded from Ichinomegata peridotite xenoliths

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1]
*Yuto Sato[1], Kazuhito Ozawa[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

Lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) is one of the largest discontinuities in mantle where heat transfer mechanisms change from conduction to convection (Sleep, 2005, 2006). Various formation mechanisms of LAB have been proposed and still controversial (Green et al., 2010; Hirschmann, 2010; Hirth & Kohlstedt, 1996; Karato, 2010, 2012; O’ Reilly & Griffin, 2006). Mantle xenoliths are fragments of mantle material (Nixon, 1987) and could have derived from the LAB zone and are useful to reconstruct its internal structure and to understand the ultimate cause of LAB zone and dynamic processes operated there. We have examined spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata maar located in the back-arc side of NE Japan to address this issue (Sato & Ozawa, submitting to Ame. Min.; Sato & Ozawa, 2017, 2018, JpGU meeting; Sato & Ozawa, 2016, 2017, AGU fall meeting). We succeeded in reconstructing the structures and clarifying the formation mechanism of the LAB zone beneath Ichinomegata.

Ichinomegata maar is a latest Pleistocene andesitic-dacitic volcano yielding spinel peridotite xenoliths (Katsui et al., 1979). Diversities of thermal, chemical, rheological, and petrological features of the xenoliths have been documented by previous studies (e.g., Kuno, 1967; Kuno & Aoki, 1970; Takahashi 1980, 1986; Koyaguchi, 1986; Tanaka & Aoki, 1981; Abe et al., 1992, 1998; Abe & Yamamoto, 1999; Satsukawa & Michibayashi, 2014; Satsukawa et al., 2017). Despite the numerous data, the derivation depths of the xenoliths have never been seriously examined. We devoted our effort to geothermobarometry of spinel peridotite xenoliths, and successfully estimated derivation pressures and temperatures ranging 0.7-1.6 GPa and 828-1081 ˚C for 8 of the 9 examined xenoliths by examining the time scale of development of every chemical zoning to identify minerals, mineral portions, and chemical species attaining equilibrium as close as possible just before the xenolith extraction.

Various depth variations were clarified. The shallow mantle, ranging from 28 to 32 km, is characterized by low temperature, granular, and plagioclase- and amphibole-bearing mantle, and the deep mantle, from 41 to 55 km, by high temperature, porphyroclastic, and plagioclase- and amphibole-free and melt-bearing mantle. It is notable that the sample-derived solidus condition coincides with the depth of change of deformation microstructures. This indicates that the wet solidus controls rheological LAB zone beneath Ichinomegata. We infer that the shallow zone corresponds to lithospheric mantle and the deep zone to LAB zone.

Intimate correlations between the depth variations of absence or presence of plagioclase and amphibole and geochemical data obtained by previous studies (e.g., Tanaka & Aoki, 1981; Abe et al., 1998) enable us to reconstruct geochemical depth variation; clinopyroxene and whole-rock of plagioclase- and amphibole-bearing shallower peridotites are characterized by light rare earth element (LREE) depleted patterns, low $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios (~0.7027-0.7030), and high $^{143}Nd/^{144}Nd$ ratios (~0.5133-0.5134); in

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

contrast, those of plagioclase- and amphibole-free and melt-bearing deeper peridotites by LREE enriched patterns, high $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios (~0.7033-0.7047), and low $^{143}Nd/^{144}Nd$ ratios (~0.5125-0.5130).

Previous studies attributed geochemical diversity to local magma-related processes beneath MOHO (e.g., Takahashi, 1980; Abe et al., 1992). However, the systematic depth variations of geochemistry indicate a larger-scale stratification of the upper mantle beneath Ichinomegata. We infer that the shallower geochemically depleted mantle represents oceanic lithosphere formed during Japan Sea opening and that the deeper enriched mantle represents LAB zone which formed recently through lithosphere thinning by asthenospheric upwelling. A similar scenario was proposed by Ohki et al. (1994) on the basis of temporal variations of Nd-Sr isotopes from Middle Miocene.

キーワード：リソスフェア-アセノスフェア境界領域、温度圧力推定、スピネルカンラン岩捕獲岩、マントル構造
Keywords: lithosphere-asthenosphere boundary zone, geothermobarometry, spinel peridotite xenolith, mantle structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

変成岩の縞構造と塑性不安定
Metasomatic banding and deformation instability in the metamorphic rocks

*鳥海 光弘[1]
*mitsuhiro toriumi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan agency of marine science and technology

Low grade metamorphic rocks formed in the plate boundary commonly show mineral bands composed of albite, amphiboles, chlorite and epidote in basic schists, and of chlorite, albite and quartz in pelitic schists. These bands are almost monomineralic and bimineralic and parallel to subparallel against schistosity plane. Judging from the orientation of bands nearly normal to the maximum stress direction, it seems that the banding is derived from compaction banding/porosity banding induced from the non-linearity of microcrack plasticity (Toriumi and Hara, 1995), elastic modulus (Fortin et al., 2009) and preferred orientation growth of chlorite and actinolite.
In this model, the low grade metamorphic rocks deform accompanied with progressive banding of low porosity and with migration of water vertical to the banding, and it induces stability change of solution and metamorphic minerals. Chlorite may favor the compaction bands but albite does porous bands. This type of yielding shoud lower the yield stress and then the deformation instability may occur in the metasomatic process in the plate boundary rocks.
Toriumi, M., and Hara, E., 1995, Tectonophysics, 245,249-261
Fortin, J., Stanchits,S., Dresen, G., Gueguen, Y., 2009, PAGEO, Doi 10.1007/s00024-009-0479-0

キーワード：変成岩の縞構造、圧密縞、変形不安定
Keywords: metamorphic banding, compaction banding, deformation instability

©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30日(木) 13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC37] 火山噴火のダイナミクスと素過程

コンビーナ:鈴木 雄治郎(東京大学地震研究所)、座長:鈴木 雄治郎(東京大学　地震研究所)、志水 宏行(東京大学地震研究所)

火山・火成活動現象とそれらを支配する微視的な現象を統一的に理解するための試みについて議論する．噴火の準備過程，マグマ上昇過程，噴出物挙動などのダイナミクスと素過程の基礎研究や，現象の階層を横断して理解するための手法開発についても議論したい．研究手法は問わず，観測・実験・数値計算などの幅広い分野からの発表，また火山・火成活動現象の理解において重要な分野横断型研究の発表も歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SVC37-01] 巨大地震による山体の共振は噴火を誘発したり阻止したりする

*並木 敦子[1]、Rivalta Eleonora[2]、Woith Heiko[2]、Willey Timothy[2]、Parolai Stefano[3]、Walter Thomas[2] (1.広島大学　総合科学研究科 環境自然科学講座、2.GFZ、3.OGS)

14:00 ~ 14:15

[SVC37-02] **低水蒸気圧下における安山岩質軽石の石基結晶化実験**

*安川 宙葵[1]、無盡 真弓[1]、中村 美千彦[1]、大槻 静香[2] (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、2.産業技術総合研究所)

14:15 ~ 14:30

[SVC37-03] 斜長石斑晶から読み解く噴火前マグマ進化と水の挙動：富士山宝永噴火への応用

*飯塚 毅[1]、原田 智代[1]、清水 健二[2]、牛久保 孝行[2]、浜田 盛久[2]、吉本 充宏[3] (1.東京大学、2.海洋開発研究機構、3.富士山科学研究所)

14:30 ~ 14:45

[SVC37-04] Probing magmatic processes just prior to historic eruptions at Sakurajima volcano: Toward understanding “magma pre-charge”

*新谷 直己[1]、中村 美千彦[1]、奥村 聡[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)

14:45 ~ 15:00

[SVC37-05] 桜島火山ブルカノ式噴火前のマグマプロセス：岩石学・地球物理学の連携研究

*坂内 野乃[2]、中村 美千彦[2]、安田 敦[1]、奥村 聡[2]、新谷 直己[2]、井口 正人[3]、味喜 大介[3]、下司 信夫[4] (1.東京大学地震研究所、2.東北大学理学研究科地学専攻地球惑星物質科学講座、3.京都大学防災研究所火山活動研究センター、4.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

15:00 ~ 15:15

[SVC37-06] 新燃岳2018年噴火のドーム形成に伴う間欠的ガス放出
★招待講演

*山田 大志[1]、上田 英樹[1]、森 俊哉[2]、棚田 俊收[1] (1.防災科学技術研究所、2.東京大学大学院理学系研究科　地殻化学実験施設)

巨大地震による山体の共振は噴火を誘発したり阻止したりする
Volcanic activities triggered or inhibited by resonance of volcanic edifices to large earthquakes

*並木 敦子[1]、Rivalta Eleonora[2]、Woith Heiko[2]、Willey Timothy[2]、Parolai Stefano[3]、Walter Thomas[2]
*Atsuko Namiki[1], Eleonora Rivalta[2], Heiko Woith[2], Timothy Willey[2], Stefano Parolai[3], Thomas R Walter[2]

1. 広島大学　総合科学研究科 環境自然科学講座、2. GFZ、3. OGS
1. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 2. GFZ, 3. OGS

The existence of a causal link between large earthquakes and volcanic unrest is widely accepted. Recent observations have also revealed counterintuitive negative responses of volcanoes to large earthquakes, including decreased gas emissions and subsidence in volcanic areas. In order to explore the mechanisms that could simultaneously explain both the positive and negative responses of volcanic activity to earthquakes, we here focus on the role played by topography. In the laboratory, we shook a volcanic edifice analogue, made of gel, previously injected with a buoyant fluid. We find that shaking triggers rapid migration of the buoyant fluid upward, downward, or laterally, depending on the fluid’s buoyancy and storage depth; bubbly fluids stored at shallow depth ascend, while low-buoyancy fluids descend or migrate laterally. The migration of fluids induced by shaking is two orders of magnitude faster than without shaking. Downward or lateral fluid migration may decrease volcanic gas emissions and cause subsidence as a negative response, while upward migration is consistent both with an increase in volcanic activity and immediate unrest (deformation and seismicity) after large earthquakes. The fluid migration is more efficient when the oscillation frequency is close to the resonance frequency of the edifice. The resonance frequency for a 30-km-wide volcanic mountain range, such as those where subsidence was observed, is ~0.07 Hz. Only large earthquakes are able to cause oscillation at such low frequencies.

Reference:
Namiki et al., Geology (2018) 47 (1): 67-70.

キーワード：共振
Keywords: Resonance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低水蒸気圧下における安山岩質軽石の石基結晶化実験
Groundmass crystallization experiments of an andesitic pumice under low vapor pressure.

*安川 宙葵[1]、無盡 真弓[1]、中村 美千彦[1]、大槻 静香[2]
*Yasukawa Hiroki[1], Mayumi Mujin[1], Michihiko Nakamura[1], Shizuka Otsuki[2]

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、2. 産業技術総合研究所
1. Division of Earth and Planetary Materials Science, Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University., 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Recently, nanoscale crystals (ultrananolite and nanolite) have been found in groundmass glasses of volcanic rocks. These crystals are thought to crystallize at very shallow part of conduit or inside lava dome. It is suggested that nanoscale crystals recorded information about eruption style transition in shallow conduit. In addition, the eruption style is assumed to be change with viscosity increase due to crystallization of nanoscale crystals. Therefore, it is imoprtant to clarify the nucleation and growth condition of nanoscale crystals for understanding volcanic eruption dynamics . Kinetics of nanoscale crystallization is, however, poorly understood compared to that of microlites. In this study, we performed the series of crystallization experiments that simulate dehydration-induced crystallization in shallow conduit and near surface conditions and investigated the crystallization condition of ultrananolite and nanolite.

As a starting material for the experiments, we used almost microlite-free andesitic pumice clasts from the 1914 (Taisho) Plinian eruption of Sakurajima volcano. The water content in the groundmass glass is approximately 0.5 wt.%. The samples were sealed in a silica glass tube and heated instantaneously to temperatures of 800, 900, 930, and 1000˚C for 3 and 30 minutes, and 2, 8 and 32 hours. When the silica glass tube was evaluated and welded shut, vapor pressure produced via degassing of the starting material is calculated to be of 0.07 (Low Vapor Pressure runs: LVPs). The higher vapor pressures were conducted at 2, 4, and 6 MPa by dehydration of brucite powder.

The mineral assemblage of the crystallized nanolite includes magnetite and pyroxene. The crystallization mode of the groundmass crystals is mostly classified into 5 types; 1) homogeneous nucleation of pyroxene in whole the sample and following growth to the size up to nanolite and occasionally microlite, 2) homogeneous nucleation of ultrananolite in whole the sample, 3) homogeneous nucleation of pyroxene and magnetite crystallization in the vicinity of plagioclase, 4) heterogeneous nucleation of pyroxene on the surface of plagioclase phenocrysts and microlites, and 5) heterogeneous crystallization of pyroxene and magnetite on the bubble surface. Appearance of these types was dependent on the experimental conditions. Magnetite nanolite crystallized under relatively high supercooling, i.e. at low H_2O vapor pressure. Pyroxene nanolite crystallized under wide temperature and pressure conditions. Ultrananolite crystallized in all the runs at 800˚C and at LVP. This indicates that ultrananolite appears under high supercooling. These results on nanoscale crystallization can be used to constrain the pressure-temperature-time paths of volcanic pyroclasts in a shallow conduit.

キーワード：ナノライト、ウルトラナノライト
Keywords: nanolite, ultrananolite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

斜長石斑晶から読み解く噴火前マグマ進化と水の挙動：富士山宝永噴火への応用

Decoding pre-eruptive magma evolution and water behavior from plagioclase phenocrysts: Application to the Hoei eruption of Mt. Fuji

*飯塚 毅[1]、原田 智代[1]、清水 健二[2]、牛久保 孝行[2]、浜田 盛久[2]、吉本 充宏[3]
*Tsuyoshi Iizuka[1], Chiyo Harada[1], Kenji Shimizu[2], Takayuki Ushikubo[2], Morihisa Hamada[2], Mitsuhiro Yoshimoto[3]

1. 東京大学、2. 海洋開発研究機構、3. 富士山科学研究所
1. University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Mount Fuji Research Institute

Explosive eruptions are often accompanied by signs of mixing of felsic and mafic magmas in their eruptive products, suggesting the potential link between explosive eruptions and magma mixing. Yet, the underlying mechanism of such eruptions remains elusive. The key to this debate is understanding pre-eruptive magma evolution including water behavior in the magma and the time lag between the magma mixing and eruption.

Water behavior in pre-eruptive magma has been widely studied using melt-inclusions in phenocrysts. More recently, it has been shown that hydrogen concentration in plagioclase phenocryst can be used as a hygrometer of pre-eruptive magma (Hamada et al., 2013). Furthermore, zoning of hydrogen content in the phenocryst can be used as a high-resolution chronometer, as hydrogen diffusion in plagioclase is sufficiently fast.

Here we report the first study that combines in-situ measurements of the contents of major and trace elements, including hydrogen, in plagioclase phenocrysts using the EPMA, LA-ICP-QMS, and SIMS, respectively. These analyses were carried out on sequential eruptive products of the 1707 Hoei eruption at Mt. Fuji. The Hoei eruption is characterized by its explosivity and wide chemical variation in the eruptive products (e.g., SiO_2=50~70 wt%), and the interaction of mafic and felsic magmas has been considered as playing a role in triggering the explosive eruption (Fujii et al., 2002).

We found that the light REE concentrations of plagioclase phenocrysts split in two clusters. These results suggest that there were at least two magma reservoirs underneath Fuji volcano in which magma differentiation had individually proceeded before the Hoei eruption, and also that plagioclase phenocrysts crystallized from these individual magmas were partly mixed before or during the eruption.

Our results further reveal that most melt inclusions have lower water contents than those estimated from hydrogen contents of the host plagioclase phenocrysts and the plagioclase-melt hydrogen partitioning. This suggests that water in melt inclusion could be more easly lost by secondary events than hydrogen in plagioclase phenocryst. Measured hydrogen contents in plagioclase phenocrysts suggest that the early-erupted felsic magma contained water up to 17wt%, whereas the late-erupted mafic magma had lower contents of ~5 wt%. Moreover, the combination of REE and hydrogen contents in the plagioclase phenocrysts (Figure) revealed that the higher water contents, Ce contents, and lower Anorthite contents in the evolved magma can be attributed to fractional crystallization. Moreover, intra-grain chemical variations suggest that rapid crystallization of plagioclase likely driven by decompression accompanied by the exsolution of water occurred in the felsic magma several hours before the explosive eruption. The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

decompression and water exsolution may result from the convection of the felsic magma caused by the injection of the hot and water-poor mafic magma.

キーワード：斜長石、含水量計、マグマ混合、爆発的噴火、富士山
Keywords: plagioclase, hygrometer, magma mixing, explosive eruption, Mt. Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

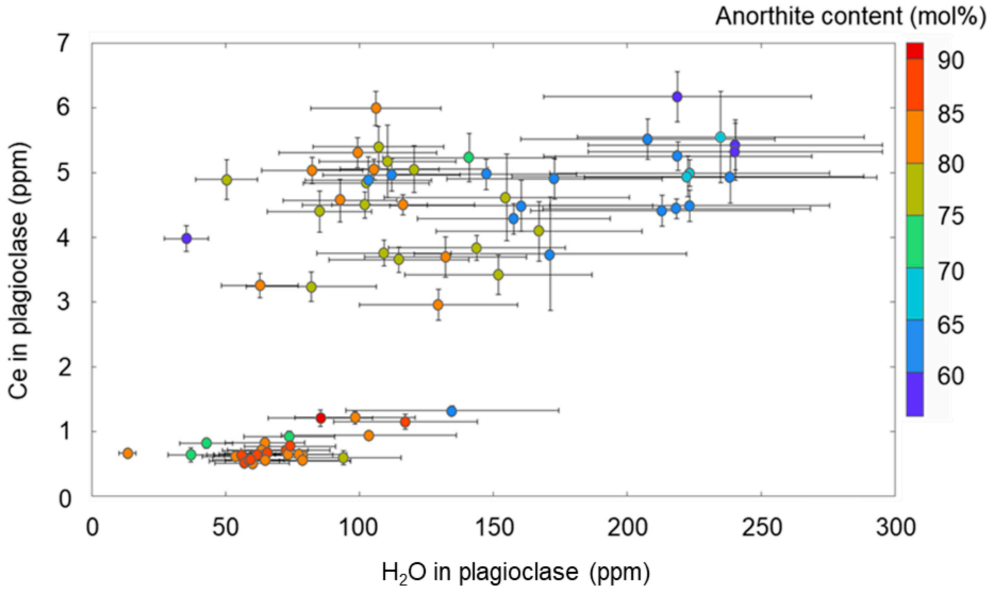


Figure: Cerium versus water contents in plagioclase phenocrysts. The plots are color-coded according to anorthite content. The water contents were calculated from the measured hydrogen concentrations in the phenocrysts.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Probing magmatic processes just prior to historic eruptions at Sakurajima volcano: Toward understanding “magma pre-charge”

*新谷 直己[1]、中村 美千彦[1]、奥村 聡[1]
*Naoki Araya[1], Michihiko Nakamura[1], Satoshi Okumura[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 UniversityUniversity

Based on the pressure at which volatiles within phenocryst-hosted melt inclusions and plagioclase rims were finally equilibrated, Araya et al. (2019, Scientific Reports) reported that the magma storage depths immediately prior to the historic Plinian eruptions at the Sakurajima volcano (AD 1471, 1779, 1914) were much shallower (0.9–3.2 km) than those of the present magma reservoirs beneath Aira Caldera (~10 km) and Sakurajima (~4–6 km). They proposed that the Plinian eruptions were fed from a thick shallow conduit pre-charged from the magma reservoirs. How this process, “magma pre-charge”, has occurred is poorly understood because the Sakurajima case is the first report. As magma pre-charge is assumed to have occurred at least a few tens of days before each eruption, probing magmatic processes just prior to the eruptions is a key to prepare for the possible future eruption.

Magnetite is a mineral suitable for investigating short-timescale pre-eruptive processes because of its fast element diffusion (i.e., high time resolution) compared to common phenocrystic silicates. We have analysed chemical compositions of more than 300 magnetite phenocrysts in pumices and lavas from the historic eruptions. The magnetite phenocrysts showed scarce zoning in each crystal (mostly within 1 Usp mol%), while their compositional range is wide (e.g., 27–45 Usp mol% for the 1914–1915 eruption). This indicates that the eruptions had initiated from a magma reservoir heterogeneous in at least either temperature, melt composition, or oxygen fugacity, and that this heterogeneity had not been perturbed prior to the eruptions. Therefore, widely accepted models for eruption trigger, such as new magma injection and overturn of stratified magma reservoir are not likely to apply to these historic Plinian eruptions.

キーワード：桜島火山、磁鉄鉱、拡散
Keywords: Sakurajima volcano, magnetite, diffusion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

桜島火山ブルカノ式噴火前のマグマプロセス：岩石学・地球物理学の連携研究

Magmatic processes prior to the Vulcanian eruptions of Sakurajima volcano: A combined petrologic and geophysical approach

*坂内 野乃[2]、中村 美千彦[2]、安田 敦[1]、奥村 聡[2]、新谷 直己[2]、井口 正人[3]、味喜 大介[3]、下司 信夫[4]
*Sakauchi Nono[2], Michihiko Nakamura[2], ATSUSHI YASUDA[1], Satoshi Okumura[2], Naoki Araya[2], Masato Iguchi[3], Daisuke Miki[3], Nobuo Geshi[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 東北大学理学研究科地学専攻地球惑星物質科学講座、3. 京都大学防災研究所火山活動研究センター、4. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Division of Earth and Planetary Materials Science, Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, 3. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Geological Survey of Japan, The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

桜島火山の1975年10月30日から2015年2月18日のブルカノ式噴出物について，地球物理学的観測記録が残る典型的および特徴的な11の爆発を選び，斜長石と輝石斑晶のメルト包有物の観察，主要元素組成のEPMA分析，反射法FT-IRを用いた153点の含水量の分析を行った．含水量は爆発ごとに幅広い分布を示し，全体では0－4.3wt.%の分布を示す．これは，MIの含水量が，取り込まれた深度よりも浅部（低圧）において，溶解度の低下に伴い脱水・再平衡化するためと考えられ，浅部に定置した時間が長いほど，あるいはマグマの上昇速度が遅いほど含水量が低下すると考えられる．

溶岩質噴出物に含まれるMIの含水量は0 –1.9 wt.%，スコリア質の試料は0 –4.3 wt.%に分布する．前者は後者に比べて低い範囲に集中し，溶岩質噴出物は，火道浅部～火口の溶岩ドームや溶岩プラグから由来すると考えられる．昭和期の南岳火口からの噴出物は，平成期の昭和火口からの噴出物に比べて全体的に含水量が高い傾向があり，昭和火口の平均値は1.4 wt.%，南岳火口の平均値は0.6 wt.%である．これは南岳活動期が昭和火口活動期より活発であったことと整合的である．

1995年8月24日の南岳噴火の噴出物に含まれるMIは1.9～4.3wt.%（平均2.5 wt.%）であり，歴史時代の３回のプリニー式噴火の結果（Araya et al., 2019）と同程度である．このことは，マグマが高速に上昇してすぐに噴火したことを示す．

1995年8月24日の噴火は，前後の期間と比べて爆発回数の少ない期間が３か月程度続いたのちに発生した．爆発に先立つ地球物理学的な挙動としては，マグマの貫入を表す伸縮計の急激な膨張があり，傾斜計の振り切れから５時間後，B型群発開始とほぼ同時に噴火が発生した．初期の噴火は空振を伴わず，100～200ｍの火柱が夜間に観測されたのち，空振を伴うブルカノ式爆発に移行した．また地殻変動量から見積もられる噴火前のマグマ貫入量・貫入率は，南岳の爆発に先立つ平均的な値の５倍以上と見積もられた．夜間の噴火であったため，噴煙などの地表現象の記録は乏しいものの，空振を伴わない継続性のある噴火だったことは，噴火メカニズムがサブプリニー式噴火に近いという点で，高速で大量に上昇してきたマグマが直接的に噴火したことと整合的であるように見える．また，ブルカノ式とプリニー式の噴火様式分岐を支配する要因として，マグマの上昇速度以外のパラメターを考える必要があることが明確となった．

さらに同噴火では，昭和期の本質物質と同様の組成を持つ軽石の他に，やはり規模の大きかった1987年11月17日の噴火と同様に，シリカに富む（SiO_2 67～73 wt.%）軽石が量的に多く噴出している（噴火予知連会報）．このことは，昭和期にブルカノ式噴火が繰り返される活動の中で発生した，比較的規模の大きい爆発的な噴火では，珪長質端成分マグマが主たる駆動力を持っていたことを示唆する．これは平成期の小規模な活

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

動において，噴出率が上昇するとマグマの組成が苦鉄質になる傾向（松本ほか，2003）とは逆センスになる．従って，桜島で将来発生し得る大規模噴火が，これまでのマグマ組成の時間変化の延長上で，苦鉄質に寄ったものになるとは限らないと考えられる．

キーワード：ブルカノ式噴火、メルト包有物、桜島火山
Keywords: Vulcanian explosion, Melt inclusion, Sakurajima volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新燃岳2018年噴火のドーム形成に伴う間欠的ガス放出
Cyclic degassing behavior accompanying dome-forming lava effusion at Shinmoedake volcano in the 2018 eruption

*山田 大志[1]、上田 英樹[1]、森 俊哉[2]、棚田 俊收[1]
*Taishi Yamada[1], Hideki Ueda[1], Toshiya Mori[2], Toshikazu Tanada[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科　地殻化学実験施設
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo

霧島連山の新燃岳では、2018年３月からおよそ７年ぶりとなる一連の噴火活動が発生した。噴火開始期の3月には、新燃岳火口内に溶岩ドームが形成された。霧島連山周辺に展開されている防災科学技術研究所（防災科研）の基盤的火山観測網（V-net）や気象庁火山観測網の傾斜計データ、V-netや国土地理院のGEONETのGNSS データには、同期する顕著な地盤変動が記録されている。この地盤変動は前回の2011年噴火の準プリニー式噴火や溶岩ドーム形成に伴う地盤変動と同様に、新燃岳から北西に約7 kmの地下10 kmの領域に球状圧力源を仮定することで説明することができる（上田, 2018, 火山学会）。測地観測によって得られるマグマ溜まり収縮の時間変化は、噴火活動の巨視的な振る舞いの把握に有効である。一方で溶岩ドーム形成時の観測記録には、低周波地震や火山性微動、噴火に起因すると思われる空振信号、上空二酸化硫黄量の急上昇、火口からの激しい火山灰放出等、興味深い特徴を有する観測データが記録されている（山田・他, 2018, 火山学会）。こうしたより時定数の短い信号は、地盤変動のモデリングのみでは拘束が難しい詳細なマグマの流動様式などに関する情報を有しているかもしれない。本発表では、V-netや気象庁火山観測網、東京大学が運用する上空二酸化硫黄量の定点測定データなどに記録された、溶岩ドーム形成に伴う観測記録や推定される噴火機構の特徴などについて紹介する。

防災科研による霧島連山の火山性地震リストには、3月6日の地盤変動の開始と同時に低周波地震（卓越周期が8 Hz以下）が急増し、3月7日の未明まで継続する様子が記録されている。低周波地震の震源はいずれも新燃岳の直下の深さ0.1–3.2 kmに分布することから、少なくとも地表から深さ3 km程度の領域までは、火口は鉛直の構造を有していることが示唆される。V-netや気象庁火山観測網の孔井式短周期地震計による地震波形には、上記の低周波地震の他に、継続時間が10–20分程度の微動が記録され始める。この微動はV-netの夷守台観測点(KRHV)における観測波形では0.8 Hz付近にピークをもち、低周波地震と同様に3月7日の未明までに概ね5–20分程度の休止時間を挟みながら継続する。この微動に同期して、V-net観測点に設置された微気圧計、気象庁火山観測網に設置された空振計による観測波形には、火口から伝搬していると思われる信号が記録されている。観測期間が日中の晴天時に限られる上空二酸化硫黄の定点測定データにも、3月6日の10時から17時ごろにかけて、微動に対応すると見られる二酸化硫黄量の間欠的な増加が記録されている。つまり、間欠的な微動は火口でのガス放出を伴うことが示唆される。先にも述べたとおり、溶岩ドーム形成時の傾斜変動記録には、マグマ溜まりの収縮と見られる変動が卓越している。しかし、周期250秒から2000秒のバンドパスフィルターを施すと、火口に比較的近い気象庁の高千穂河原観測点（KITK）の傾斜記録には、上記の微動に対応する山上りー山下りの周期的な変動が、最大で50 nrad程度の振幅で記録されている。この傾斜変動と地震波形における微動との対応関係を調べると、山下りの変動が微動振幅の増加に、山上りの変動が微動の休止時にそれぞれ対応する。

以上の観測データの特徴をまとめると間欠的なガス放出現象は、(1)山上りの傾斜変動、(2)山下りの傾斜変動と火口からのガス放出（微動、空振の励起）、(3)ガス放出の終了、休止時間を挟んで再びの山上りの傾斜変動、というサイクルを有している。新燃岳2011年噴火の溶岩ドーム形成期においても、上記のような間欠的な微動が地震波形に記録されており、同期する傾斜変動についてはTakeo et al. (2013)によって報告されてい

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る。Santiaguitoの溶岩ドーム成長時においても、類似する間欠的なガス放出に伴う地震波・音波の放出、関連する傾斜変動の観測事例が報告されている(Johnson et al., 2014)。また、噴火発生に先行する山上りの地盤変動という観点からは、ストロンボリ式噴火やブルカノ式噴火との類似性も指摘することができる。今後は各観測データに記録された信号の励起源の定量化を図ること、測地観測で得られているマグマ溜まり収縮の時間変化との対応を調べることで、溶岩ドーム形成の素過程についての普遍的な知見が得られることが期待される。

謝辞：気象庁火山観測網のデータを使用させて頂きました。

キーワード：溶岩ドーム噴火、新燃岳
Keywords: Lava dome, Shinmoedake

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-VC37] 火山噴火のダイナミクスと素過程

コンビーナ:鈴木 雄治郎(東京大学地震研究所)、座長:鈴木 雄治郎(東京大学　地震研究所)、山田 大志

火山・火成活動現象とそれらを支配する微視的な現象を統一的に理解するための試みについて議論する．噴火の準備過程，マグマ上昇過程，噴出物挙動などのダイナミクスと素過程の基礎研究や，現象の階層を横断して理解するための手法開発についても議論したい．研究手法は問わず，観測・実験・数値計算などの幅広い分野からの発表，また火山・火成活動現象の理解において重要な分野横断型研究の発表も歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[SVC37-07] 回折音場を考慮した空振振幅の推定

*石井 杏佳[1]、横尾 亮彦[1] (1.京都大学大学院理学研究科)

15:45 ~ 16:00

[SVC37-08] 間欠泉アナログ実験における圧力変動のメカニズムと周波数支配要因

*手嶌 法子[1]、寅丸 敦志[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)

16:00 ~ 16:15

[SVC37-09] 大規模火砕流の到達距離に対する温度の影響: 二層重力流モデルによる数値シミュレーション

*志水 宏行[1]、小屋口 剛博[1]、鈴木 雄治郎[1] (1.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SVC37-10] **九重山54kaプリニー式噴火による降下軽石（Kj-P1）の粒度分布**

*辻 智大[1]、岸本 博志[2]、藤田 浩司[2]、中村 千怜[3]、長田 朋大[3]、木村 一成[3]、池田 倫治[1]、西坂 直樹[4]、大西 耕造[4] (1.株式会社四国総合研究所、2.アジア航測株式会社、3.株式会社ナイバ、4.四国電力株式会社)

16:30 ~ 16:45

[SVC37-11] 霧島火山，2018年新燃岳噴火のEAI法による火山灰堆積量推定手法－数少ない観測値からの分析方法

*田島 靖久[1]、中田 節也[2]、長井 雅史[2]、前野 深[3]、及川 純[3]、及川 輝樹[4]、宮縁 育夫[5]、長谷中 利昭[5]、川口 允孝[5] (1.日本工営(株)中央研究所、2.防災科学技術研究所、3.東京大学地震研究所、4.産業技術総合研究所、5.熊本大学)

16:45 ~ 17:00

[SVC37-12] 光学式ディスドロメータによる降灰測定：噴煙観測におけるレーダーパラメータへの制約

★招待講演

*小園 誠史[1]、井口 正人[2]、三輪 学央[3]、真木 雅之[4]、前坂 剛[3]、味喜 大介[2]、西村 太志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学防災研究所火山活動研究センター、3.防災科学技術研究所、4.鹿児島大学地震火山地域防災センター)

回折音場を考慮した空振振幅の推定
Estimation of the amplitude of infrasoundsignal based on sound diffraction

*石井 杏佳[1]、横尾 亮彦[1]
*Kyoka Ishii[1], Akihiko Yokoo[1]

1. 京都大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

火山噴火にともなって発生する空振は、噴火イベントの検知・モニタリングや噴火メカニズムの理解において、有益な情報源である。そのため、いかに減衰が小さく、伝播過程での影響が少ない場所に観測点を設置できるかは、研究者にとって極めて重要な問題である。空振は、伝播経路の地形障壁による回折や反射の影響を受け、振幅の減衰・増幅や波形の変形が生じることが知られている（例えば、Kim & Lees, 2011; Lacanna & Ripepe, 2013）。したがって、最適な観測点の場所を選定するには、火山体の詳細な地形を考慮した3次元空振伝播シミュレーションから得られる振幅分布を踏まえて、観測点の設置に適した位置を事前に評価することが望ましい。しかし、計算時間や設備投資を考えると、3次元シミュレーションは負担の大きな手法である。そこで本研究では、計算コストの低い簡便な数値計算のみで、その場所の観測点としての適性を定量的に評価できる手法の提案を試みる。ここでは、特に火山地形による回折に焦点を当て、音波の回折理論の古典的解法に基づいた振幅推定を行った。このとき、伝播経路の地形断面を1枚のスクリーンで模擬し、そのスクリーンでの回折による振幅の減衰を評価するという方法をとった。スクリーンでの回折の理論式には、適用条件に制約のないMacdonald (1915)の厳密解を採用した。この手法を用いて、桜島昭和火口の噴火イベントを対象として振幅を推定し、3次元FDTDシミュレーション(Kim et al., 2015)の結果、および実際の観測値と比較した。このとき、もっとも地形障壁の影響を受けていないと考えられるKUR観測点の振幅を基準として、各観測点の振幅比を比較した。FDTDシミュレーションでは、桜島の国土交通省レーザー測量5 mメッシュ標高データ（2016年取得）を用いて、波源としてモノポールソースを仮定した。観測データは、2017年8月30日～9月26日までの期間に、桜島島内の7観測点で取得した。この期間に発生した気象庁発表の爆発イベント37例のうち、S/Nの良い31イベントを用いた。これらの結果を比較すると、全ての観測点で、回折理論に基づいて推定された振幅比が、FDTDシミュレーションによる振幅比に対して、±30%の精度で推定された。また、実際に観測された振幅比と比較すると、我々の推定結果は5点の観測点で観測結果の範囲内に推定された。一方、火口からの距離および方位角がKUR観測点と同程度でありながら、本研究で提案する手法では観測結果を再現できない観測点も存在した。これは、多重反射による振幅の増幅など、回折以外の影響を空振が受けていることを示唆しており、今後の更なる検討が必要である。

キーワード：空振、回折、FDTDシミュレーション
Keywords: infrasound , diffraction, FDTD simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

間欠泉アナログ実験における圧力変動のメカニズムと周波数支配要因
Mechanism and frequency change of pressure oscillation in the laboratory geyser system

*手嶌 法子[1]、寅丸 敦志[2]
*Noriko Teshima[1], Atsushi Toramaru[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 Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

間欠泉とは火山地域に見られる繰り返し熱水や水蒸気を噴き上げる温泉であり、地震活動において火山と類似点を持つことが知られている。間欠泉では内部で発生する圧力パルスが微動を励起することが知られているが、圧力パルスの起源や発生メカニズムは未だ十分に理解されていない。天然の間欠泉は複雑なふるまいを見せ、また直接的に内部を観察することが困難であるため、身近な物質を用いた再現実験（アナログ実験）による現象の単純化と可視化が有効だと考えられる。本研究では、流体振動モデルおよび室内アナログ実験により得られた圧力、温度と水面変動の測定データを用いて、間欠泉内部圧力変動の発生メカニズムおよび周波数の支配要因の解明を試みた。

本研究では天然間欠泉の周期的な噴出を再現する実内実験装置を用い、実験を行った。装置は主にフラスコ、ガラス管、ホットプレート、冷水槽から構成されており、それぞれ天然間欠泉における熱水だまり、噴出管、熱源、地下水の流入を再現している。水で満たしたフラスコをホットプレートにより加熱し沸騰が発生することで、フラスコ上部に接続されたガラス管内の水面が徐々に上昇していく。水面がガラス管の上端に達し、水が湧出すると、減圧沸騰により激しい噴出が引き起こされる。噴出された水は外部に接続されたタンクへと流れ、また噴出と同量の水が冷水槽から流れ込み再びフラスコ内を満たすことで１つの噴出サイクルが終了し、次のサイクルが始まる。このような噴出を連続的に発生させ、各種測定を行った。
フラスコ内部の圧力と温度の連続測定、および噴出イベントごとの噴出量の計測を行った。高速カメラ(250fps)と常速カメラ(60fps)を用い、フラスコ内部とガラス管内水面の動画を撮影した。撮影された水面の動画より、ガラス管内の水柱の上下変動量を動画計測ソフトMove-tr/2Dを用いて数値化した。また実験条件による圧力変動の特徴変化を調べるため、実験系の形状に関する３つのパラメータ（フラスコ内容積Vo, ガラス管内初期水位Lo, ガラス管断面積A）を変化させ実験を行った。

実験結果の解釈のため、寅丸他（日本火山学会2010年秋季大会）により提案された、ガラス管内の流体振動を記述するモデル式を用いた。ここでガラス管内の体積流量の変化は、フラスコ内圧力Pの変化およびガラス管内の水位Lの変化と関連付けられている。このモデル式から圧力変動の周波数fを表す式が得られ、ここでfは実験系の形状に関するパラメータ、およびフラスコ内の実効体積弾性率K*により表される。また実験において、動画解析やその他計測から正確なK*の値を決定することが困難であったため、本研究ではP、LおよびK*を関連付ける関係式 $AK^*/Vo=\Delta P/\Delta L$ を用い、K*を算出する手法を取った。ここでΔP、ΔLはそれぞれ圧力変動および水面変動の振幅を表している。またこれらの式において、K*以外のパラメータは実験の設定条件および測定結果より値を得ることが出来る。これらの関係式を用い、理論値としての共振周波数を算出し、実験において測定された圧力変動の卓越周波数との比較を行った。

実験結果より、フラスコ内で測定された圧力変動は、複数の高周波パルスおよびそれに引き続く低周波の減衰振動により構成されていることが分かった。ここで低周波の減衰振動はガラス管内の水柱の上下振動と強い逆相関の関係を持っていた。高速カメラ映像およびそれと同期する圧力波形の観察より、フラスコ内部で発生する高周波の圧力パルスは気泡の発生により引き起こされていることが分かった。ある噴出から次の噴出にか

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

けて、圧力変動の卓越周波数は系統的な減少を見せたが、これは加熱が進みフラスコ内の気泡量が増加したことによる実効体積弾性率K*の減少により説明できた。また測定された圧力変動の卓越周波数は実験条件ごとに異なる値を見せたが、それは実験系の形状に関する設定パラメータの違い、および直前の噴出量に支配されるK*の初期値の違いにより引き起こされていることが分かった。噴出量が大きいほど多くの冷水がフラスコに流入するためより温度が下がり、噴出直後の気泡量が少なくなりK*の初期値が大きくなることで、卓越周波数の初期値がより高くなることが確認された。

以上のことから、間欠泉アナログ実験における圧力変動はフラスコ内の気泡発生およびガラス管内の水柱振動により引き起こされており、その卓越周波数は実験系の形状に関するパラメータおよび直前の噴出量に支配されていることが分かった。

キーワード：室内実験、間欠泉、圧力変動、流体振動、周波数変化
Keywords: Laboratory experiment, Geyser, Pressure oscillation, Fluid oscillation, Frequency change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模火砕流の到達距離に対する温度の影響: 二層重力流モデルによる数値シミュレーション

Effects of temperature on the run-out distance of large-scale pyroclastic density currents: Numerical simulation of a two-layer depth-averaged model

*志水 宏行[1]、小屋口 剛博[1]、鈴木 雄治郎[1]
*Hiroyuki A. Shimizu[1], Takehiro Koyaguchi[1], Yujiro J. Suzuki[1]

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

大規模な爆発的火山噴火では，火砕物粒子とガスの混合物が火口から継続的に噴出し，それが火砕流として地表面を流動することがある．火砕流の到達距離(i.e., 火砕流堆積物の分布限界)と噴火条件(e.g., マグマ供給率や噴出温度)の関係を理解することは，火山学の発展のみならず火山災害の予測・対策のためにも強く求められている．特に，噴出温度は噴火様式と密接に関連していることから，その影響の理解は重要である(噴出温度は，マグマ噴火ではおよそ1000 K以上となるが，マグマ水蒸気噴火では噴出マグマが外来水と接触するためおよそ500 K以下となる)．本研究の目的は，火砕流ダイナミクスの数値計算に基づいて，大規模火砕流の到達距離に対する温度の影響を明らかにすることである．

一般に，火砕流の到達距離は，流れ内部で発達する粒子濃度の成層構造に強く依存する．具体的には，到達距離は，上部低濃度部(粒子濃度 < 1 vol.%)が周囲大気よりも低密度になり地表から“離陸”すること，または，下部高濃度部(~ 10—50 vol.%)が堆積し停止すること，のいずれかによって決められる．そのような密度成層構造をもつ火砕流の到達距離を再現するために，本研究では二層重力流モデルを開発した．火砕流ダイナミクスに対する温度の影響を評価するために，本数値モデルでは，低濃度流への大気の流入と，流入した大気の熱膨張を考慮した．供給源となる火口からは，均質な低濃度火砕流が定常的に供給される状況を想定した．この給源における低濃度火砕流の温度を幅広く変えたパラメトリック・スタディを実施した(400—1200 K)．

数値計算結果では，低濃度流が供給源から放射状に拡大するに従って，その密度は粒子沈降，大気流入，流入大気の熱膨張のために小さくなる．低濃度流の先端が周囲大気よりも低密度になり離陸すると，低濃度流は拡大を停止し，定常状態へ収束する(このときの低濃度流の先端と給源の間の距離を$r_{\infty U}$と呼ぶ)．低濃度流の底面から沈降する粒子は高濃度流を形成し，高濃度流も放射状に拡大する．高濃度流の先端における水平方向の質量フラックスが底面における堆積率と釣り合うと，高濃度流は拡大を停止し，定常状態へ収束する(このときの高濃度流の先端と給源の間の距離を$r_{\infty L}$と呼ぶ)．パラメトリック・スタディの結果，$r_{\infty U}$と$r_{\infty L}$の大小関係が温度に依存することが示された．高温の条件(> 600 K)では$r_{\infty U}$は$r_{\infty L}$よりも短いが，低温の条件(< 600 K)では$r_{\infty U}$は$r_{\infty L}$よりも長い．これは，低温時には流入大気の熱膨張が抑制されるために，温度が減少するにつれて低濃度流の離陸距離(i.e., $r_{\infty U}$)が著しく増加することによる．低温条件の結果(i.e., $r_{\infty U} > r_{\infty L}$)は，マグマ水蒸気噴火に伴う火砕流堆積物において，低濃度火砕流起源と考えられる成層構造が発達した堆積物が広範囲で見られるという観察事実を説明する．

キーワード：火砕流、二層モデル、到達距離、噴出温度、マグマ噴火、マグマ水蒸気噴火
Keywords: Pyroclastic density current, Two-layer model, Run-out distance, Temperature of erupted material, Magmatic eruption, Phreatomagmatic eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

九重山54kaプリニー式噴火による降下軽石（Kj-P1）の粒度分布
Total grain-size distribution of pumice fallout deposits (Kj-P1) from 54 ka plinian eruption at Kuju Volcano

*辻 智大[1]、岸本 博志[2]、藤田 浩司[2]、中村 千怜[3]、長田 朋大[3]、木村 一成[3]、池田 倫治[1]、西坂 直樹[4]、大西 耕造[4]
*Tomohiro Tsuji[1], Kishimoto Hiroshi[2], Fujita Kouji[2], Chisato Nakamura[3], Nagata Tomohiro[3], Kimura Kazunari[3], Michiharu Ikeda[1], Naoki Nishizaka[4], Kozo Onishi[4]

1. 株式会社四国総合研究所、2. アジア航測株式会社、3. 株式会社ナイバ、4. 四国電力株式会社
1. Shikoku Research Institute Inc., 2. Asia Air Survey Co. Ltd., 3. Naiba, 4. Shikoku Electric Power Co. Inc.

火山噴出物に基づいて推定する噴煙全体の粒度（Total Grain Size Distribution; TGSD）は，観測された噴火の観測記録および噴出物の分析を組合せて決定されている．しかし，古いテフラのTGSDに関しては，粒度分析が困難となることから，非常に挑戦的なテーマであり，ほとんど研究がなされていない．本研究では，約5.4万年前に九重山にて起こったVEI5規模のプリニー式噴火によって放出された九重第一降下軽石（Kj-P1）のTGSDを推定するために，九重第一降下軽石（Kj-P1）の地質調査および粒度分析を行った．Kj-P1は，粒度分布，最大粒径，構成粒子組成などの違いから，下部層と上部層に区分される．下部層と上部層それぞれのTGSDを検討した．

一般に，テフラの粒度分析には篩分析，レーザー回折粒度分析が用いられており，本研究でもこれらの手法を用いた．しかし，Kj-P1（特に上部層）は風化が著しいため，ダマ状になった堆積物を分離することが難しい．また，湿式篩分析では風化した大きな軽石が壊れて細粒分が多く計測されてしまい，正確な粒度測定ができない．そこで，露頭にて撮影した降下軽石の写真を用いて，軽石の輪郭をトレースする手法を実施した（画像解析法）．これにより風化した軽石を計測することができた．この結果を篩分析およびレーザー回折分析の結果と統合し，大分県内の20地点で上部層の，15地点で下部層の粒度データを採取した．その結果，ボロノイ分布を用いて粒度データを解析すると，上部層の中央粒径-1.5φ，分散2.5φ，下部層の中央粒径0.5φ，分散が2.6φと推定された．これは画像解析を用いない手法に比べて有意に粗い粒度である．今後，解析的手法を用いて手法の妥当性を検証する．

キーワード：粒度分布、九重山、プリニー式噴火、降下軽石
Keywords: grain size distribution, Kuju Volcano, plinian eruption, pumice fall deposit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島火山，2018年新燃岳噴火のEAI法による火山灰堆積量推定手法ー数少ない観測値からの分析方法

Estimating ashfall volumes for the 2018 Shinmoedake eruptions using the Ellipse Approximated Isopach (EAI) method - How to quantify ashfall volumes from limited ashfall observation locations

*田島 靖久[1]、中田 節也[2]、長井 雅史[2]、前野 深[3]、及川 純[3]、及川 輝樹[4]、宮縁 育夫[5]、長谷中 利昭[5]、川口 允孝[5]
*Yasuhisa Tajima[1], Setsuya Nakada[2], Masashi NAGAI[2], Fukashi Maeno[3], Jun Oikawa[3], Teruki Oikawa[4], Yasuo Miyabuchi[5], Toshiaki Hasenaka[5], Masataka Kawaguchi[5]

1. 日本工営(株)中央研究所、2. 防災科学技術研究所、3. 東京大学地震研究所、4. 産業技術総合研究所、5. 熊本大学
1. NIPPON KOEI CO.,LTD., 2. NIED, 3. ERI, the Univ. Tokyo, 4. Geological Survey of Japan, AIST, 5. Kumamoto Univ.

1. 概　要

霧島火山，新燃岳では2017年10月11～17日に噴火が生じ，2018年3月1日から噴火活動が活発化し，3月6日の溶岩噴出からブルカノ式噴火に至った．田島・他（2018）は，新燃岳2018年の降下火山灰についてEAI法による火山灰堆積量を概算値として示した．今回はこれらのデータを用いて概算値の結果について算出方法を追試し，複数軸による評価手法などを含め検討を行った．なお，降ってきた火山灰を1カ所で計測した量を降灰量呼び，それらを元に降灰分布を推定し量を求めたものを火山灰堆積量と呼び，特にTajima et al. (2013)の方法による結果はEAI分布・EAI火山灰堆積量と呼ぶ．

2. EAIによる解析方法

解析手法は，(1) 1カ所の観測値しか得られなかった場合，(2) 2カ所の観測値が得られた場合，(3) 3カ所の観測値が得られた場合，(4) 4カ所以上の観測値が得られた場合に分けられる．

Tajima et al. (2013)では，1カ所で降灰量が得られた場合，軸と楕円比が求まればEAI火山灰堆積量の算出が可能とした．噴火が始まった3月1日～2日朝では，2軸の降灰分布が予想されたが，いずれも軸付近の1点しか降灰量が得られなかった．これらのケースでは，軸位置は現地観察からある程度に絞られ，片側だが分布限界位置も示された．この場合，現地調査で得られた軸位置を元にその周辺で1度ずつずらし，具体的には3月1日日中の場合は軸を16～18°で変化させた．各軸毎にいくつかの楕円比のEAI分布を描き，分布限界と最もフィットする楕円比のEAI分布を選択した．なお，Tajima et al. (2013)は，専門家が検知する分布限界はほぼ0.1 g/m^2（調査検知限界）とし，楕円近似の分布0.1 g/m^2（EAI分布限界）を調査検知限界とした．3月1日日中の場合は，軸16～17°いずれも0.05の楕円比が調査検知限界と整合した．EAI火山灰堆積量の最適値として軸16～18°，楕円比0.05の各量を平均しEAI火山灰堆積量とした．楕円比0.04，0.06は次善のフィットとしこれらの中から，最大・最小のEAI火山灰堆積量を選定した．

次に，2カ所の降灰量が得られた場合について示す．多くの調査では軸付近において降灰量が計測されるが，その軸位置は必ずしもはっきりしない．3月9日15:58分噴火の例では，2カ所で降灰量が観測でき1カ所で調査検知限界（0.0 g/m^2）を確認した．この場合，調査検知限界を元に軸位置設定しEAI火山灰堆積量を求めることとした．この他，分布限界が求められない場合において，車上からの観察情報を元にしてEAI分布を推定しEAI火山灰堆積量を求めた．例えば，直後に降雨が生じる場合は通常主軸付近の調査向かう．その際，通過する途中でどの辺りから降灰が生じたかメモに残すこともありこの情報を利用した．我々は，3月2日から

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3日朝方に降った火山灰を翌日調査した際に，1.8 g/m^{2}の降灰量観測点付近までは車上から認識していたが，それ以降は車から降りないと降灰の有無が確認できなかった．そこで車上から確認できた降灰分布限界（車上検知限界）を1～3 g/m^{2}とした．具体的にはEAI分布で推定される1～3 g/m^{2}の等層厚線と車上検知限界がフィットする軸を探した．

次に，3カ所の降灰量が得られた場合は，検証できるのは1点である．この場合，選択する軸によって火山灰堆積量が大きく変わる場合がある．従って，調査検知限界などの制約情報を得ることが望ましい．次に，4カ所以上の降灰量が得られた場合には，検証点2カ所もしくはそれ以上の観測値/計算値の平均が1に最も近くなる軸を選択するようにした．これらの場合，概ね安定した計算軸が得られるが組み合わせによってはEAI火山灰堆積量が大きくなるケースがある．なお，予察として3月6日の溶岩噴出前に火山灰の噴出率が徐々に上昇する結果が得られ，ブルカノ式噴火時では噴出率と噴出量が冪乗に比例することが示唆された．

3．考察

EAI火山灰分布を用い火山灰堆積量を推定する場合，3カ所以上の降灰量が得られた場合でも降灰量からは常識から逸脱した大きなEAI火山灰堆積量を算出する場合がある．これを避ける方法として，調査検知限界，車上検知限界によって楕円比を制約することが望ましい．降灰量は噴煙・風条件，観測環境，採取者，採取条件によって値はばらつくため幾何学的に近似した計算ではブレ幅が大きくなると考えられる．一方，調査検知限界，車上検知限界は平均的な降灰量を表現するため計算結果のブレが押さえられると考えられる．ただし，車上検知限界は，調査者の注視状態や走行速度によってその値が変わることが考えられ，調査検知限界を探すのが今のところ最善と考えられる．調査検知限界も降灰が時間とともに位置を変えてゆく場合などはその利用に注意が必要となる．この他，複数の検証点から軸を選定する方法を議論する．

謝辞：本調査結果は，新燃岳降灰調査グループのデータの一部を使わせて頂いた．また，霧島ネイチャーガイドクラブの方々には現地調査でお世話になった．ここに御礼申し上げます．

キーワード：新燃岳、火山灰、EAI
Keywords: Shinmoedake, ash fall, EAI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光学式ディスドロメータによる降灰測定：噴煙観測におけるレーダーパラメータへの制約

Optical disdrometer measurement of tephra fall: Constraints on radar parameters for eruption cloud observations

*小園 誠史[1]、井口 正人[2]、三輪 学央[3]、真木 雅之[4]、前坂 剛[3]、味喜 大介[2]、西村 太志[1]
*Tomofumi Kozono[1], Masato Iguchi[2], Takahiro Miwa[3], Masayuki Maki[4], Takeshi Maesaka[3], Daisuke Miki[2], Takeshi Nishimura[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. 京都大学防災研究所火山活動研究センター、3. 防災科学技術研究所、4. 鹿児島大学地震火山地域防災センター
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University

火山噴火における降灰現象は，これまで主に堆積物の質量・粒径分布の計測などの地質学的手法に基づき調べられてきた．近年，堆積物データと降灰拡散・堆積過程の数値シミュレーションを組み合わせた噴火ダイナミクス研究が進展しているが，この観測とシミュレーションの統合研究をさらに発展させるには，噴火の時間スケールと同等の高時間分解能で噴火現象の多項目観測を行うことが要求される．その観測を実現する方法の一つとして，気象学分野におけるレーダーやディスドロメータを用いた降雨観測のような，他分野の観測技術を降灰観測に適用することが挙げられる．本研究では，光学式のディスドロメータであるパーシベルを用いて，桜島火山で頻発している降灰現象を観測し，その定量的な特徴を明らかにすることを目的とした．

本研究におけるディスドロメータによる降灰観測は，桜島の昭和火口から約2.5 km南の1地点で約2年間実施され，その結果，76の噴火イベントについて，1分間隔で火山灰の粒径と落下速度を計測することに成功した．観測では，降灰中は粒子のサイズと落下速度が時間と共に減少するという降雨には見られない顕著な特徴があることを発見し，これによって，降灰イベントを簡便に検知することが可能となった．さらに，検知されたイベントと気象庁の噴火リストに報告されている噴煙の流向に関する情報を比較したところ，南方向への噴煙を伴う噴火中の降灰検知率は，その他の風向の場合よりも約7倍高くなることが明らかになった．また，粒径と落下速度の時間変化の特徴も，南方向への噴煙の場合に最も顕著になることがわかった．以上のことから，本研究で設置したディスドロメータは火口方向から観測点へ直線的に到達する降灰を特に精度よく計測しており，火口からの全方向を包囲するディスドロメータの多点観測網によって，火山灰拡散や噴煙のダイナミクスに関する重要な情報を得られる可能性があることが示された．

検知されたイベントを用いて，本研究では粒径と落下速度の定量的な関係を詳細に調べた．また，ある１イベントではディスドロメータと同地点でデジタル重量計によって降灰積算質量を高精度で計測しており，これによって粒子密度を計算することが可能となった．以上の粒径－落下速度の関係と粒子密度のデータを用いて，先行研究で提案されている火山灰の終端落下速度モデルにおける火山灰粒子の形状パラメータに制約を与えることができた．さらに本研究では，粒径と落下速度のデータを用いて単位体積・粒径クラスあたりの粒径分布を計算し，その分布は指数分布に従うことを明らかにした．降雨の場合，その指数の値は降雨量に依存するモデルが提案されているが，そのモデルを降灰に適用して降灰量依存性を考慮すると，降雨の場合よりも指数の値が有意に小さくなることがわかった．粒径－落下速度関係式や粒径分布はレーダー解析に使用される重要なパラメータであることから，本研究で示されたその関係式や分布に関する定式化やパラメータへの制約は，気象レーダーによる噴煙観測に活用される可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火山灰粒径、火山灰落下速度、パーシベル、粒径分布、ブルカノ式噴火
Keywords: Tephra size , Tephra fall velocity, Parsivel, Particle size distribution, Vulcanian eruption

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | A11 東京ベイ幕張ホール

[S-TT43] 地震観測・処理システム

コンビーナ:前田 宜浩(防災科学技術研究所)、座長:篠原 雅尚(東京大学地震研究所観測開発基盤センター)

自然地震・人工地震を観測するための地球計測法やデータ処理システムについて討論する．地震観測網の構築や改良、観測・計測の技術革新，物理探査に関する データ処理システムの革新，防災情報の発信などの話題を募集する．関連する地球物理学的な観測についての講演も広く募集する．

10:45 ~ 11:00

[STT43-01] 連続観測用ボアホール応力計の特徴に関するまとめと考察

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

11:00 ~ 11:15

[STT43-02] 海中浮遊ロボットMERMAIDによる地震観測

*大林 政行[1]、杉岡 裕子[2] (1.独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野、2.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

11:15 ~ 11:30

[STT43-03] 高温光ファイバーとDASテクノロジーを使った250℃を超える環境下の坑井内での地震観測

*木村 恒久[1] (1.シュルンベルジェ)

11:30 ~ 11:45

[STT43-04] DAS計測技術を用いた三陸沖光ケーブル観測システムにおける高密度海底地震観測の試み

*篠原 雅尚[1]、山田 知朗[1]、悪原 岳[1]、望月 公廣[1]、笠嶋 丈夫[2]、有岡 孝祐[2]、濱川 雅之[3]、久保田 俊輔[4] (1.東京大学地震研究所、2.富士通研究所、3.富士通、4.ワイケー技研)

11:45 ~ 12:00

Discussion

12:00 ~ 12:15

Discussion

連続観測用ボアホール応力計の特徴に関するまとめと考察
Summary and Considerations about Characteristics of Borehole Stress Meter for Continuous Observation

*石井 紘[1]、浅井 康広[1]
*Hiroshi Ishii[1], Yasuhiro Asai[1]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所
1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

当研究所で開発した連続観測用のボアホール応力計に関してはIshii & Asai(2015)に述べられている。また,石井・浅井（2019）においては開発された応力計の観測可能範囲が広いこと,直流成分にも応答することや震源に関して地震計と異なる物理情報を得ることができることなどを述べている.連続観測用ボアホール応力計はその他にもいろいろな特徴があり,それらを理解しておくことは今後の地震研究にも役立つと考えられる.そこで本稿においては考察した結果をまとめた.

考察した内容は以下の様である.

１．「応力計は応力と歪の両方を観測できる」においては応力計が応力と歪の両方を観測できることの説明のほかに応力計の歪観測システムは従来の円筒の変形を測定する歪観測より測定システムが理解しやすい上に装置のYoung率も求めることができることを述べている.

２．「応力計により観測される応力は歪と異なり岩盤の弾性定数が未知でも求められる」においては応力計により観測・測定する応力は埋設設置してある岩盤媒質の弾性定数に関係なしに求まることを述べている.歪は応力計の拡大機構の歪を測定しているので岩盤の歪は直接求まらないが拡大機構のYoung率が求められるので岩盤媒質のYoung率がわかれば岩盤の歪も求められることを述べている.拡大機構のYoung率を岩盤と同じくすれば岩盤の歪も直接求めることができる.

３．「観測された応力や歪の地震波形などをみると長周期変動の場合,二次元不変量成分と鉛直成分は相似波形で位相が逆になっている.」この理由を考察した。

４．ボアホール応力計で観測される変動の分解能は地上において観測する変位などより２桁近く分解能がよい.このことを関東地震,東北地震や伊豆の群発地震の観測データを用いて考察した。

５．「応力計・歪計のdynamic range は如何に広いか」ということを石井・浅井（2019）において述べたが、それに加えてさらなる考察も加えた.

キーワード：連続観測用ボアホール応力計、応力と歪を観測可能、広い観測レンジ、観測された不変量と鉛直成分の相似性、高い分解能
Keywords: Borehole Stress Meter for Continuous Observation, Observation of both Stress and Strain, Wide Observation Range, Similarity of Elastic Invariants and Vertical Component , High Resolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海中浮遊ロボットMERMAIDによる地震観測
Seismic monitoring by an autonomous robotic float equipped with a hydrophone: MERMAID

*大林 政行[1]、杉岡 裕子[2]
*Masayuki Obayashi[1], Hiroko Sugioka[2]

1. 独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野、2. 神戸大学理学研究科惑星学専攻
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Department of Planetology, Kobe University

Seismic monitoring in the oceans has been limited to rather localized experiments such as ocean bottom seismometers (OBSs) and moored hydrophones. Because about 70% of the Earth is covered by water, advances in seismic monitoring depend on the development of radically new instruments, capable of providing seismic data all over the ocean. Recently a new instrument, named MERMAID (Mobile Earthquake Recording in Marine Areas by Independent Divers), was developed to measure acoustic signals converted from seismic waves at the seafloor. The MERMAID is an autonomous robotic float equipped with a hydrophone and drifts passively at 1,500 –2,000 m depth until an earthquake signal is detected. If this is identified as a strong P wave, the MERMAID ascends at speed of 10 cm/s for transmission of the recorded waveform within time window of a hundred seconds before and after the P wave arrival as well as its global positioning system coordinates at the surface. After transmitting the data via satellite links, the MERMAID descends at speed of 5 cm/s to monitor earthquake signals at 1,500 –2,000 m depth again. Therefore we are able to obtain seismograms from the ocean in quasi-real time. Under an international project collaborated among Japan, France, United States and China, we planed to deploy more than 40 drifting buoys with hydrophone to image the detail of the South Pacific mantle plume that is one of two huge mantle plumes from the base of the mantle. As part of this project, we deployed drifting floats in the South Pacific during the 1st leg of MR18-06 cruise. We will show the obtained seismograms and discuss their quality.

キーワード：海中地震観測、海中音波、フロート、ハイドロフォン
Keywords: seismic monitoring in the ocean, underwater acoustic wave, float, hydrophone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高温光ファイバーとDASテクノロジーを使った250℃を超える環境下の坑井内での地震観測
Earthquake observation in a borehole over 250 ˚C using high temperature optical fiber 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、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、2011年頃から石油・ガス産業に導入されている。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や地震学会で紹介してきた[3)]。

2018年後半、日本国内の地熱坑井においてhDVS装置を用いた自然地震観測の実証試験を行った。最大深度約1,600 mの傾斜井に300℃対応の高温光ファイバー検層ケーブルを降ろし、その光ファイバー（シングルモードファイバー）に第三世代のhDVS取得装置をつなげ、５日間にわたる自然地震の収録を行ったものである。約900mの深度で記録した最高温度は250℃を超えた。このような高温環境下では、地震計を含むほぼ全ての電子・電気・磁気センサーは長期間の動作が不可能である。DAS装置を使っても筆者の知る限りでは前例が無く、少なくとも日本初の試みである。

高温光ファイバー検層ケーブルには長さ2m、重量25kgの錘を取り付け、裸坑内で錘がスタックするのを回避するために、ケーシング管内の977mの深さまで降ろし観測を開始した。60秒を1ファイルとする連続観測で、地表から975m区間のデータを5日間にわたって記録した。本稿では、その連続測定データを用い、自然地震波の観測がどの程度行えるか検証した結果を報告する。

観測期間中、６回の自然地震の観測に成功した。その内２回は気象庁の地震情報に掲載された中規模な地震だった。その一例は以下のように記録された。

(2018年11月21日 04時09分49.9秒　緯度30˚24.0'N 経度130˚ 9.0'E 深さ123km M5.2)

hDVSで記録した地震データを図１に示す。

波形から解析したP波の到達時刻は坑井最深部において11月21日4:10:12.2 JST、地表付近において4:10:12.5 JSTである。測定パラメータは、ゲージ長4 m、空間サンプリング1 m、および、サンプリング周期を1 msecとした。ゲージ長を変化させる再処理も行い、よりS/Nの高いデータが得られることを確認した。最適なゲージ長での再処理は、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。

防災科学技術研究所（以下、防災科研）が公開しているHi-netによる連続波形画像との比較も行った。坑井から約4km離れた所にある観測点が最も近く、その連続波形記録を参照したところ、hDVSの測定データとほぼ一致することを確認した。微小な地震に対しては、hDVSの測定データの方がS/Nが高い場合もあった。それらのデータについては、発表の際に紹介する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

本観測結果より、hDVS/DASを用いた測定手法は、非常に高い高温環境下にある地熱井やマントルに達するような非常に深い井戸であっても、光ファイバーの状態が良好であれば、坑井内のモニタリングを行いながら自然地震波の観測システムとしても利用できる可能性が示された。

謝辞：リファレンスとなる地震情報は、気象庁、および防災科研のデータを用いました。これらの機関に対し感謝の意を表します。

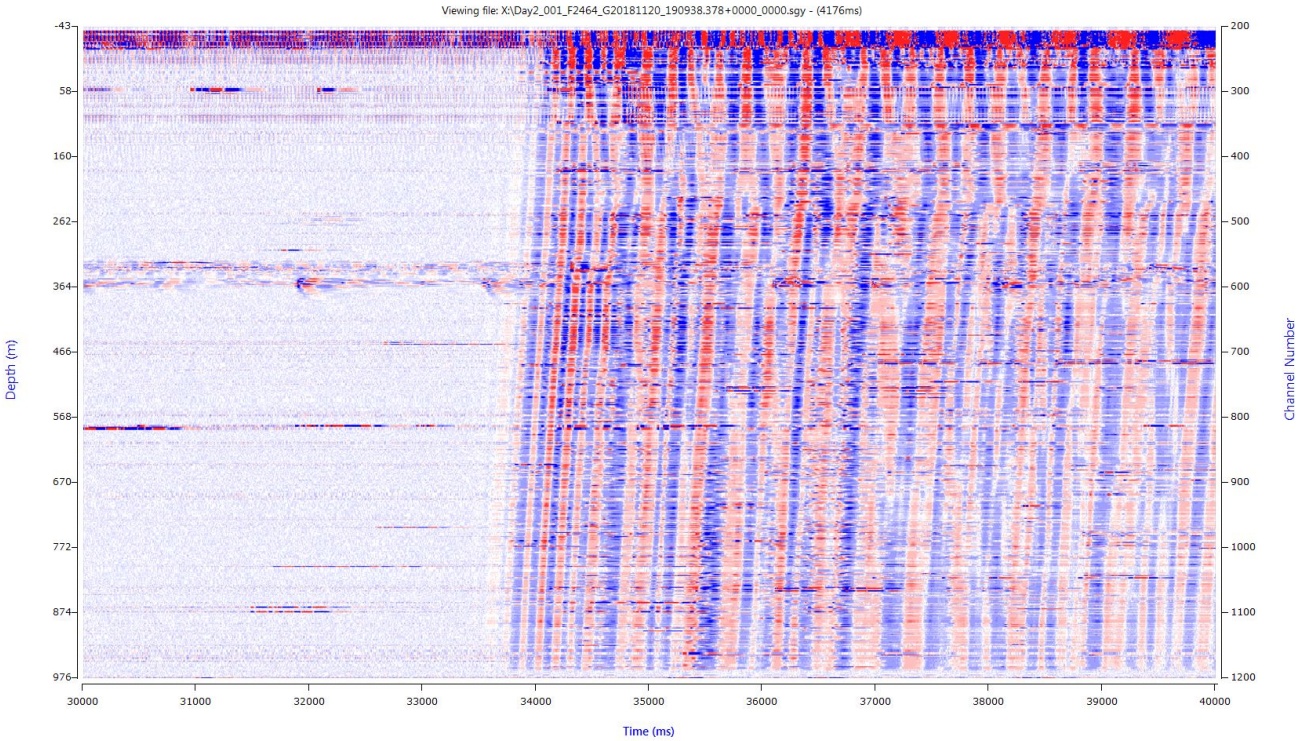
引用文献：

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).

キーワード：DAS、hDVS、光ファイバー、高温、地震波モニタリング、地震
Keywords: DAS, hDVS, optical fiber, high temperature, seismic monitoring, earthquake



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DAS計測技術を用いた三陸沖光ケーブル観測システムにおける高密度海底地震観測の試み

Distributed Acoustic Sensing measurement by using seafloor optical fiber cable system off Sanriku for dense seismic observation

*篠原 雅尚[1]、山田 知朗[1]、悪原 岳[1]、望月 公廣[1]、笠嶋 丈夫[2]、有岡 孝祐[2]、濱川 雅之[3]、久保田 俊輔[4]
*Masanao Shinohara[1], Tomoaki Yamada[1], Takeshi Akuhara[1], Kimihiro Mochizuki[1], Takeo Kasajima[2], Takahiro Arioka[2], Masayuki Hamakawa[3], Shunsuke Kubota[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 富士通研究所、3. 富士通、4. ワイケー技研
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Fujitsu Laboratories Ltd., 3. Fujitsu Limited, 4. YK Giken Co., Ltd.

近年、光ファイバをセンサとして用いるDistributed Acoustic Sensing(DAS)計測が、セキュリティー監視やパイプラインのモニタリングに用いられている。さらに、DAS計測は、資源探査のためにVertical Seismic Profilingなどの地震探査にも使われ始めてきている。また、自然地震観測も行われており、海底ケーブルによる先駆的な観測例もある。DAS計測は光ファイバセンシング技術の一つで、コヒーレントな光の短いパルスを、シングルモードファイバに連続して送信し、後方散乱を観測する。ファイバ近傍で発生した振動により発生したファイバの微小な変形が、後方散乱波のパターンを変化させることから、振動を検出する。パルスを送出してからの時間が距離に対応し、パルス幅が空間分解能に対応する。現在は、空間分解能は短い場合では1-20mに対応している。すなわち、地震計を数十m観測で、長さが敷設されているファイバに対応する直線アレイ観測が行える。現状では、約70km以遠まで散乱波を観測することが可能である。一方、得られるデータのうち振幅情報などについては、これまでの振り子型地震計によるデータとは性質が異なり、データ処理手法についても、検討・開発が必要である。 地震研究所は、平成8年に三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムを設置し、2011年東北地方太平洋沖地震の被災による中断を経て、現在も稼働している。このシステムは将来の拡張用として、6本（3組）のファイバが用意されている。このファイバは、分散シフト・シングルモードファイバであり、DAS計測が適用可能なファイバである。そこで、次期海底ケーブル式観測システムの新技術として、DAS技術を用いた海底地震観測システムの開発を、三陸沖光ケーブル観測システムを用いて、行うこととした。DAS技術による海底観測は、海底ケーブル上に短い間隔でセンサを取り付けた状態と同じであり、これまで「点」であった観測を、「線」での観測に変化させる画期的なものである。平成8年に設置した三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの空きファイバ（dark fiber）を用いて、2019年2月13日から15日の間に、DAS計測を実施した。DAS計測の送受信機を陸上局に設置し、陸上局から100kmまで離れたところまで、サンプリング周波数500Hz、観測チャンネル間隔(空間分解能)10mまたは40mで連続収録した。その結果、観測システム近傍で発生した比較的規模の小さな地震や、深発地震を含めて多数の地震が観測された。今後、得られたデータを用いて、解析手法の検討・開発を開始する予定である。

キーワード：三陸沖ケーブル観測システム、DAS計測、高密度海底地震観測
Keywords: Seafloor optical cabled observation system off Sanriku, Distributed Acoustic Sensing (DAS) measurement, High dense seafloor seismic observation

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-CG52] 岩石・鉱物・資源

コンビーナ:野崎 達生(海洋研究開発機構海底資源研究開発センター)、齊藤 哲(愛媛大学大学院理工学研究科)、門馬 綱一(独立行政法人国立科学博物館)、土谷 信高(岩手大学教育学部地学教室)、座長:野崎 達生(海洋研究開発機構)、齊藤 哲

岩石，鉱物，資源に関する発表を広く募集します．フィールド調査，高温高圧実験などの室内実験，新しい分析方法や探査技術，鉱物，火山岩，深成岩，変成岩，堆積岩，鉱床の形成プロセスの解明やモデル化などが主なテーマとしてあげられます．３学会の共催セッションとして多くの発表が集まり，単一学会ではできない議論や意見交換の場となることを期待します．

10:45 ~ 11:00

[SCG52-01] Coordinated sample preparation with cryo-FIB-SEM and X-ray CT: Applications to chemical analysis for fluid inclusions in minerals

*兒玉 優[1]、富岡 尚敬[2]、川本 竜彦[3]、黒田 潤一郎[4]、村山 雅史[5]、伊藤 元雄[2] (1.株式会社マリン・ワーク・ジャパン、2.海洋研究開発機構 高知コア研究所、3.静岡大学 理学部 地球科学科、4.東京大学大気海洋研究所、5.高知大学農林海洋科学部)

11:00 ~ 11:15

[SCG52-02] 粘土鉱物微粒子の全自動粒子画像解析とナノトラッキング解析を用いた精密粒子評価に関する可能性検討

*笹倉 大督[1]、早内 愛子[1]、木村 匠[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.琉球大学農学部)

11:15 ~ 11:30

[SCG52-03] 天然産(Na,REE,Ca)(Ti, Nb)O_3ペロブスカイト型結晶の構造精密化とXAFS法による微量元素の局所構造

*北原 銀河[1]、吉朝 朗[1]、徳田 誠[1]、杉山 和正[2] (1.熊本大学、2.東北大学)

11:30 ~ 11:45

[SCG52-04] 新燃岳2011年噴火噴出物における石基輝石結晶の晶相に対する結晶サイズ分布

*奥村 翔太[1]、無盡 真弓[2]、土山 明[1]、下林 典正[1]、三宅 亮[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室、2.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)

11:45 ~ 12:00

[SCG52-05] 北上山地から見いだされた「ラテライト質」変成岩の化学組成とジルコンU-Pb年代について

*土谷 信高[1]、熊谷 大和[1]、足立 達朗[2]、中野 伸彦[2]、小山内 康人[2] (1.岩手大学教育学部地学教室、2.九州大学比較社会文化研究院)

12:00 ~ 12:15

[SCG52-06] 領家花崗岩類における同時性岩脈のできかた

*中島 隆[1]、神山 裕幸[2]、Williams Ian[3] (1.産総研地質調査総合センター、2.上山試錐工業（株）、3.Australian National University)

Coordinated sample preparation with cryo-FIB-SEM and X-ray CT: Applications to chemical analysis for fluid inclusions in minerals

*兒玉 優[1]、富岡 尚敬[2]、川本 竜彦[3]、黒田 潤一郎[4]、村山 雅史[5]、伊藤 元雄[2]
*Yu Kodama[1], Naotaka Tomioka[2], Tatsuhiko Kawamoto[3], Junichiro Kuroda[4], Masafumi MURAYAMA[5], Motoo Ito[2]

1. 株式会社マリン・ワーク・ジャパン、2. 海洋研究開発機構 高知コア研究所、3. 静岡大学 理学部 地球科学科、4. 東京大学大気海洋研究所、5. 高知大学農林海洋科学部
1. Marine Works Japan Ltd., 2. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 3. Department of Geoscience, Faculty of Science, Shizuoka University, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 5. Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University

Hydrothermal fluids and seawater are often entrapped in minerals as fluid inclusions in crustal/mantle materials, marine halites and even in rare meteorites [1, 2, 3, 4]. The chemical compositions of fluid inclusions and mineral inclusion therein are keys to decipher their origins and evolution of the geofulids. A laser-ablation inductively-coupled-plasma mass-spectrometry (LA-ICP-MS), a Raman spectrometry and an environmental SEM (cryo-SEM with EDS) are methods for chemical analysis of fluid inclusions, entrapped tiny minerals and gasses. For example, Kawamoto and coworkers recently determined Na/K ratio of fluid inclusions in olivine crystals from mantle xenoliths from the Pinatubo volcano by LA-ICP-MS in 20-μm spatial resolution [1]. The attempt successfully provided new insight on the fate of seawater subducting into the mantle in a plate convergent region. Lowenstein et al. investigated major chemistry of fluid inclusions from marine halites by a cryo-SEM with EDS system, and found systematic and oscillating changes in Phanerozoic seawater chemistry (Na^+ vs. Cl^- and Mg^{2+} vs. Cl^-) [3].
As unique sample preparation and analytical approach to a fluid inclusion, combined instrument of focused ion beam system and scanning electron microscope with a cryo sample stage (cryo-FIB-SEM) is recently utilized (e.g., Yoshida et al., 2018 [2]). Fluid inclusions can be exposed as ices in the vacuum sample chamber of cryo-FIB-SEM, and then the frozen fluids can be directly analyzed by EDS attached to SEM. Advantages of this approach are a direct access to fluid inclusions by precise sample milling with FIB, and simultaneous analysis for major elements with a relatively high spatial resolution (~5 μm). The method has been first applied to fluid inclusions in quartz [2].
A cryo-FIB-SEM approach is, however, time-consuming: entire processing and analysis with cryo-FIB-SEM requires several to few tens of hours for a several tens micrometer-sized sample. Descriptions of exact locations and spatial distribution of each fluid inclusion in host minerals will help to minimize a processing time with FIB. We, therefore, used a laboratory-based micro-focus XCT apparatus (μXCT) at the Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University for acquiring an accurate three-dimensional characterization of fluid inclusions in minerals with a spatial resolution of 0.5 to 2.5 μm depending on sample size. In the present study, we aim to improve the throughput of the fluid inclusion analysis using cryo-FIB-SEM and establish a reasonable analytical flow. We have obtained spatial distributions of fluids in olivine from the Pinatubo xenoliths and those in halite in Sicilian rock by μXCT. Pretreatments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

for the samples have been carried out by micro-sampling system, and then microfabrication and chemical analysis of frozen fluids in the samples have been carried out by cryo-FIB-SEM.

In this talk, we will present the effectiveness of coordinated sample preparation utilizing cryo-FIB-SEM and μXCT, and a comprehensive microanalysis of fluid inclusions in addition to cryo-FIB-SEM. For instance, residues of fluid inclusions and associated minute minerals in FIB-processed samples can be further characterized in a higher spatial resolution by an analytical transmission electron microscope (TEM) and a secondary ion mass spectrometer (SIMS).

[1] Kawamoto, T., Kimura, J., Chang, Q., Yoshikawa, M., Okuno, M., Kobayashi, T., in prep.
[2] Yoshida, K., Orozbaev, R., Hirajima, T., Miyake, A., Tsuchiyama, A., Bakirov, A., Takasu, A., Sakiev, K. (2018). Micro-excavation and direct chemical analysis of individual fluid inclusion by cryo-FIB-SEM-EDS: Application to the UHP talc-garnet-chloritoid schist from the Makbal Metamorphic Complex, Kyrgyz Tian-Shan. Geochemical Journal, 52(1), 59-67.
[3] Lowenstein, T. K., Timofeeff, M. N., Brennan, S. T., Hardie, L. A., & Demicco, R. V. (2001). Oscillations in Phanerozoic seawater chemistry: Evidence from fluid inclusions. Science, 294(5544), 1086-1088.
[4] Zolensky, M. E., Bodnar, R. J., Gibson, E. K., Nyquist, L. E., Reese, Y., Shih, C. Y., & Wiesmann, H. (1999). Asteroidal water within fluid inclusion-bearing halite in an H5 chondrite, Monahans (1998). Science, 285(5432), 1377-1379.

キーワード：cryo-FIB-SEM-EDS、流体包有物、マイクロフォーカスX線CT
Keywords: cryo-FIB-SEM-EDS, fluid inclusion, micro-focus X-ray CT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘土鉱物微粒子の全自動粒子画像解析とナノトラッキング解析を用いた精密粒子評価に関する可能性検討

Feasibility Study for Precise Particle Characterization of Fine Clay Particle Using An Automated Particle Image Analysis and Nanotrakcking Analysis.

*笹倉 大督[1]、早内 愛子[1]、木村 匠[2]
*Daisuke Sasakura[1], Aiko Hayauchi[1], Sho Kimura[2]

1. スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2. 琉球大学　農学部
1. MalvernPanalytical Japan ,Div of Spectris Co.Ltd,., 2. Faculty of Agriculture, University of the Ryukyu

Introduction

Clay minerals are very common in soils, in fine-grained sedimentary rocks such as shale, mudstone, and siltstone and in fine-grained metamorphic slate and phyllite. Typical mechanism to generation of clay is alteration of the surface on mineral rock due to affected by transfer of water on the earth surface. Behavior of generation of clay is controlled by surface of minerals be forced to transform to other mineral component due to the moment contact with water. Particle size of clay minerals are usually ultrafine-grained, such as normally considered to be less than 2 micrometers in size on standard particle size distributions. Notable properties of clay are high-affinities with water, minerals due to unique properties of possible to make intercalation in crystal structure, and possibly disperse to anywhere with moving of water on earth surface due to fine particle size range. Therefore, to understand characteristics of clay is possible to consider as a maker index parameter of material transportation on the surface of earth. Especially particle characterization of clay is promising as fundamental parameter. Existing approaches to characterize of particle are such as an electron microscope (Scanning type: SEM, Transmission type :TEM) , an optical microscope (OM) , a laser diffraction (LD), an electro zone methods (coulter counter) and a dynamic light scattering (DLS) . However, drawbacks of these methods were such as indirect method, limited work on concentration determination, time consuming to measure over than several thousand particles and requirement to highly concentration (over than 3wt%) of ionized water. Complementally analytical approach using an automated particle image analysis (APIA) and Nanotracking analysis (NTA) are promising tools to as new flamework. In this report will be discuss for feasibility and technical discussion to applicable for fine clay using this flamework.

Material and Methods.

As model samples for clay mineral, purchased Kaolin was used. To investigate purity and chemical components using crystal structure , XRD (Aereris , MalvernPanalytical , Almero, Netherlands) was used. Profile of XRD chart suggested diffraction peaks on 9.6, 19.3, 19.9, and 29.1 degrees. These peaks were significantly suggested as Pyrophyllite using library search.To characterize micrometer particles range, APIA analyses were conducted on a Morphologi G3SE as automated image analysis system (MalvernPanalytical Instruments, Worcestershire, UK). To characterize nanometer range, NTA analyses were conducted on a NS300 as nanotracking analyzing systems (MalvernPanalytical Instruments,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Worcestershire, UK) with particle concentration.

キーワード：粘土鉱物、粒子形態、粒子解析
Keywords: Clay Minerals, Particle Morphology, Particle Charactarization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天然産(Na,REE,Ca)(Ti, Nb)O_3ペロブスカイト型結晶の構造精密化とXAFS法による微量元素の局所構造

Crystal structure and local structures of natural perovskite-type (Na,REE,Ca)(Ti, Nb)O_3 loparite by single crystal diffraction and XAFS analyses

*北原 銀河[1]、吉朝 朗[1]、徳田 誠[1]、杉山 和正[2]
*Ginga Kitahara[1], Akira Yoshiasa[1], Makoto Tokuda[1], Kazumasa Sugiyama[2]

1. 熊本大学、2. 東北大学
1. Kumamoto University, 2. Tohoku University

ペロブスカイト型化合物ABX_3は、強誘電性や圧電性など様々な物性を発現し、組成・圧力・温度によって対称性が変化し、BX_6八面体により構成されるフレームワークのさまざまな変形が起こる。固溶体においても強誘電性やパラ誘電性、超イオン導電性等を発現する。最近では太陽電池の材料としても注目されている。

地球科学として重要な鉱物であるNaやREEのペロブスカイト型鉱物は地球内部に存在するThやREEなどの微量元素のホスト相となっている。しかし天然産ペロブスカイト型構造中に含まれる希土類元素や多種の重金属イオンについての詳細な局所構造研究は少ない。本研究では固溶体の構造特性や含有元素の局所構造特性、放射性元素による不規則性の増加等について報告する。

JEOL製走査型電子顕微鏡 SEM JSM-7001FとOxford社製エネルギー分散型X線分析装置 EDS INCA SYSTEMを用いた化学組成の分析、また高エネルギー加速器研究機構(KEK)のBL-9CおよびNW10Aを用いたXAFS解析による局所構造や酸化状態の解析、Rigaku XtaLAB Super Novaを用いた単結晶構造の精密化を行った。今回試料として扱うRussia, Kola, Mt. Khibiny産出の鉱物 $(Na_{0.567}\ Ce_{0.170}\ La_{0.135}\ Ca_{0.068}\ Sr_{0.015}\ Nd_{0.009}\ Th_{0.005}\ Pr_{0.004}\ Fe^{2+}_{0.001}\ Y_{0.000})_{0.974}\ (Ti_{0.749}\ Nb_{0.250}\ Ta_{0.005}\ V_{0.004}\ Mn_{0.000})_{1.008}\ O_3$は$Lueshite\ Na^{+}Nb^{5+}O_3$、$Loparite\ Na^{+}REE^{3+}Ti^{4+}{}_2O_6$、$Perovskite\ Ca^{2+}Ti^{4+}O_3$、$Tausonite\ Sr^{2+}Ti^{4+}O_3$を端成分にもつ固溶体である。（Mitchell and Chakhmouradian 2000）SEM-EDS分析によって周縁部で$NaAlSi_3O_8$を主体としたアルバイトが存在することがわかった。したがって単結晶X線回折実験は中心部から拾った非双晶結晶を用いて行った。

Loparite は結晶構造について様々な議論がなされてきた。（Haggerty and Mariano 1983, Vlasov 1966, Mitchell 1996, Zubkova et al. 1998, Chakhmouradian et al. 1999, Mitchell et al. 2000）私たちは今回の試料を用いて先行研究で挙げられてきた菱面体晶、正方晶、直方晶での解析を試みた。菱面体晶: 空間群*R-3c*、a = 5.5077(2)、c = 13.4906(5)、正方晶: 空間群*I4/mcm*、a = 5.5166(6)、c = 7.7814(10)、直方晶: 空間群*Pbnm*、a = 5.5142(5)、b = 5.5085(7)、c = 7.7961(8)　より精密な構造解析から、Loparite構造の相転移等について議論を進める。

スペクトル解析によるFeのXANESスペクトルの形状から、前回私が調査したCe-perovskiteと同様に、含有するFeの酸化状態が２価であることが判明した。Ti K-edgeスペクトルではpre-edgeのピーク強度からTi周囲の局所的歪みがかなり大きいことが読み取れる。Nbの置換により、固溶体中の八面体部位におけるTiの局所的歪みは$CaTiO_3$端成分よりも大きく、1sから3d軌道への電子遷移確率は増加している。Th L3-edgeスペクトルではXANESが顕著になまっており、アクチノイド元素Thが放射性崩壊を起こすことでUへ変化し、局所的なメタミクト化に対応した不規則化が起こっていると解釈できる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ペロブスカイト、XAFS、結晶構造解析、ロパライト
Keywords: perovskite, XAFS, structure refinement, Loparite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

新燃岳2011年噴火噴出物における石基輝石結晶の晶相に対する結晶サイズ分布

Crystal Size Distributions based on crystal habit of groundmass pyroxene crystals in the ejecta of the Shinmoedake 2011 eruption

*奥村 翔太[1]、無盡 真弓[2]、土山 明[1]、下林 典正[1]、三宅 亮[1]
*Shota Okumura[1], Mayumi Mujin[2], Akira Tsuchiyama[1], Norimasa Shimobayashi[1], Akira Miyake[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室、2. 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. Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Division of Earth and Planetary Materials Science, Department of Earth Science, Tohoku University

噴火様式の変化のプロセスを明らかにするためには、マグマ混合のような、火山内部でのマグマの挙動の解明が重要となる。新燃岳2011年噴火は、一連の噴火の中で噴火様式が変化したことが特徴的であり、噴火以前からマグマ混合が起きていたとされる（e.g., Suzuki et al., 2013）。しかしながら、火山内部の詳細な様子は未だ不明な部分が多く、マグマだまりから火口までの比較的浅い部分でのマグマ上昇過程についての情報が必要とされる。結晶サイズ分布（Crystal Size Distribution: CSD）は結晶化に影響するカイネティックな物理的プロセスを反映するとされており（Marsh, 1988）、Mujin and Nakamura (2014) やMujin et al. (2017) では、新燃岳2011年噴火における石基結晶のCSDが調べられた。その結果、CSDにはキンクがあり、傾きが緩やかな粗粒側と急な細粒側に分類されることが分かり、噴火様式による火道浅部での物理化学的環境の違いを反映している可能性が示唆された。本研究では石基輝石結晶に着目し、マグマの火道上昇時の環境についての詳細な情報を得ようと試みた。

サンプルは新燃岳2011年噴火におけるサブプリニー式噴火とブルカノ式噴火の、二種類の灰色軽石を用いた。SPring-8 BL47XUで放射光による高分解能X線CT撮影と、電子後方散乱回折法（EBSD）（HKL CHANNEL5, Oxford Instruments）により、石基輝石結晶の外形と結晶面を調べた。さらに電界放出形走査型電子顕微鏡（FE-SEM）（JSM-7001F, JEOL）を用いて石基輝石結晶の粒径・形状分析を行い、それらの微細組織を透過型電子顕微鏡（TEM）（JEM-2100F, JEOL）により観察し、走査型透過電子顕微鏡によるエネルギー分散型X線分析（STEM－EDS）（JET-2300T, JEOL）を行った。

石基輝石結晶のSEM観察の結果、サンプル中の多くの粒子が6角形か8角形の晶相であることが分かった。X線CTとEBSDの結果、ほとんどの粒子が*c*軸に沿って柱状に伸びており、6角形では｛010｝面と｛110｝面が、8角形では追加で｛100｝面が発達していることが示された。粒径・形状分析の結果、サブプリニー式噴火の軽石では6角形の粒子が8角形のものよりも多く存在し、一方ブルカノ式では8角形が顕著であり、6角形はごく少数であることが分かった。両噴火様式において、晶相による粒径分布の違いに着目すると、6角形は8角形よりも細粒側に分布していた。またCSDの傾きも晶相によって異なっており、6角形のほうが急であることが分かった。さらにTEM観察の結果、こうした石基中の輝石粒子はOpxの両側に｛100｝面でCpxが接合した構造をもち、両側のCpxが互いに双晶関係の結晶方位である場合があることが明らかになった。さらに微細組織が*c*軸と平行に対称に分布しており、同心状に広がっていることが示唆された。

6角形と8角形の粒径分布やCSDの傾きは、Mujin and Nakamura (2014) における細粒側と粗粒側のグループにそれぞれ対応していることが分かった。Marsh (1988) は、CSDにおける近似直線の傾きは成長速度と停滞時間の積の指標であるとしている。停滞時間が６角形と８角形でほぼ同じだった場合、8角形がより成長速度が速いと仮定すると、得られたCSDの特徴と整合的である。しかしながら、同じ環境で異なる晶相が混在することは考えにくい。一方、成長速度が両者でほぼ同じと仮定した場合、CSDの傾きから停滞時間を見積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

もった結果、地球物理学的観測データ（Kozono et al., 2013, Sato et al., 2013）から推測される火道上昇時間と近い値を持つことが分かった。特に、サブプリニー式の6角形の推定停滞時間がその上昇時間に近く、比較的速い上昇速度を反映していると考えられ、石基輝石粒子の晶相は上昇速度を反映する可能性が示唆される。さらにその微細組織が内部環境の時間変化を記録している可能性が示されたことから、石基輝石粒子は火山内部のマグマの挙動解明に貢献し得ると考えられる。

キーワード：結晶サイズ分布、晶相、輝石、火山
Keywords: CSD, crystal habit, pyroxene, volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北上山地から見いだされた「ラテライト質」変成岩の化学組成とジルコンU-Pb年代について

Petrochemistry and zircon U-Pb age of ``lateritic'' metamorphic rocks from the Kitakami Mountains

*土谷 信高[1]、熊谷 大和[1]、足立 達朗[2]、中野 伸彦[2]、小山内 康人[2]
*Nobutaka Tsuchiya[1], Yamato Kumagai[1], Tatsuro Adachi[2], Nobuhiko Nakano[2], Yasuhito Osanai[2]

1. 岩手大学教育学部地学教室、2. 九州大学比較社会文化研究院
1. Department of Geology, Faculty of Education, Iwate University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University

北上山地の地質は，シルル紀以前の基盤岩類およびシルル系～下部白亜系の堆積岩類からなる南部北上帯と，ジュラ紀の付加体から構成される北部北上帯に区分される．岩手県大船渡市越喜来湾周辺には，北部北上帯と南部北上帯を境する早池峰東縁断層の延長部が露出しているが，前期白亜紀火山岩類および花崗岩類の分布に隠されているために断層は露出していない．越喜来湾の新釜付近には，北部北上帯の一部とされる釜石層起源のホルンフェルスが露出するが，ここから巨大なザクロ石を含むFe,Alに富む変成岩類が見いだされた．この変成岩類の全岩主成分化学組成を検討したところ，阿武隈変成帯の竹貫変成岩から報告されている，いわゆる「ラテライト」質変成岩（Uruno and Kanisawa, 1965，廣井，2004）に類似していることが分かった．本報告では，この変成岩類の全岩化学組成や鉱物化学組成を竹貫変成岩中の「ラテライト」質変成岩と比較検討するとともに，ジルコンU-Pb年代を報告する．

岩手県大船渡市越喜来湾の新釜付近には，前期白亜紀五葉山花崗岩体周辺相の黒雲母角閃石花崗閃緑岩～トーナル岩と釜石層起源の砂泥質・珪質・塩基性ホルンフェルスおよび結晶質石灰岩が分布する．これらのうち新釜付近の海岸の露頭および新釜東の小沢から，最大15㎜に達する粗粒なザクロ石を含むFe,Alに富む変成岩類が見いだされた．新釜付近のものは，泥質ホルンフェルス中に不規則な形状で産出し，しばしば緑色岩起源ホルンフェルスを伴っている．また新釜東の小沢のものは，結晶質石灰岩中に互層状あるいはレンズ状に包有されて産する．鉱物組み合わせは，新釜のものは斜長石・黒雲母・白雲母・ざくろ石・菫青石±，カリ長石，緑色スピネル±，チタン鉄鉱，アパタイトであり，自形性の強いざくろ石の周囲のみに石英・電気石を含むことがある．新釜東の小沢のものは，斜長石・黒雲母・白雲母・ざくろ石±・菫青石，カリ長石，緑色スピネル，紅柱石±，珪線石±，コランダム±，チタン鉄鉱，アパタイトである．いずれの場合にも，粗粒なざくろ石には割れ目を充填する黒雲母が生じていることが特徴であり，ざくろ石が晶出して一度冷却することによって割れ目が発生した後に，黒雲母が晶出した可能性を示す．しかしながら，廣井 (2004)は同様の産状が冷却過程で生じたとしており，必ずしも2回の変成作用を示す証拠とはならない．またこの変成岩には，自形性の強いざくろ石の周囲以外には石英が含まれないという特徴がある．これは，石英を含む部分は部分溶融してできた液相が固結したものである可能性を示しており，もともとは石英を含まなかったのであろうと考えられる．全岩化学組成の特徴は，新釜のものはSiO2: 40--47%, Al2O3: 18--22%, FeO*: 12--18であり，緑色岩源ホルンフェルスに連続するように見える．また新釜東の小沢のものはより変化に富み，SiO2: 20-42%, Al2O3: 20--38%, FeO*: 14--33%である．これらのうちのSiO2に乏しくAl2O3, FeO*に富むものは，阿武隈変成帯の「ラテライト質」変成岩（Uruno and Kanisawa, 1965）に大変良く似ている．また鉱物組み合わせも阿武隈変成帯の「ラテライト質」変成岩に良く似ているが，十字石が全く見いだされていないことが大きな相違点である．これは，今回発見されたラテライト質変成岩の変成条件が阿武隈変成帯のものと比較して低圧であることを示していると考えられる．

以上の変成岩のうち，新釜から採取されたものからジルコンを分離し，U-Pb年代を測定した．その結果，測定値は2種類の年代に分かれ，0.05mm程度の自形結晶で波動累帯構造が著しいジルコンから126±3Maの，また0.1mm以上の半自形結晶で累帯構造がほとんど認められないジルコンから326±3Maのコンコーディア年代が得られた．前者の若い年代は五葉山花崗岩の貫入による接触変成作用の年代と考えられ，火成ジルコンの特

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

徴を示すことから，接触変成作用で部分溶融した液から晶出したジルコンと考えられる．また後者の古い年代を示すジルコンは，変成作用あるいは熱水変質作用で形成されたものと考えられる．しかしながら，これまでに古い時代の変成作用を示す明確な証拠は得られていないため，326Maの年代は熱水変質作用を示す可能性が高い．その場合，この変成岩の源岩は風化残留土ではなく熱水変質岩であると考えられる．

キーワード：ラテライト、変成岩、ジルコンU-Pb年代、岩石化学
Keywords: laterite, metamorphic rocks, zircon U-Pb age, petrochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

領家花崗岩類における同時性岩脈のできかた
How to make 'syn-plutonic dike' --- Another story from the Ryoke granitic province, Southwest Japan

*中島 隆[1]、神山 裕幸[2]、Williams Ian[3]
*Takashi Nakajima[1], Hiroyuki Kamiyama[2], Ian S. Williams[3]

1. 産総研地質調査総合センター、2. 上山試錐工業（株）、3. Australian National University
1. Geological Survey of Japan, 2. Ueyama-Shisui, Co. Ltd., 3. Australian National University

同時性岩脈は、半溶融状態の花崗岩質マグマと苦鉄質マグマが出会って物理的に混交する、マグマだまりプロセスの結果と考えられている。西南日本領家帯では、苦鉄質岩はしばしば同時性岩脈中に産する。それらは珪長質岩石中にボール状に包有されるピロー型や、珪長質岩中に貫入した苦鉄質岩岩脈が周囲の珪長質岩から成る脈状の侵入（back-vein）を受けているダイク型などがある。

今回、愛知県豊根村のピロー型同時性岩脈と奈良県初瀬のダイク型同時性岩脈についてSHRIMPによるジルコンのU-Pb年代測定を行ない、珪長質岩が90-94Ma、苦鉄質岩が70-75Maと両者に間に14-20Maの差異がある例が確認された。90-94Maに形成された花崗岩質マグマだまりが苦鉄質マグマが活動する70-75Maまで14-20Maもの間半溶融状態で待っていることは一般的なマグマだまりの寿命から考えて現実的でないので、これらの同時性岩脈は単一のマグマだまり中で両マグマが共存してできたとは考えにくい。

これらの同時性岩脈中から、単一岩石中に90-94Maと70-74Maの２つの年代クラスターをもつ珪長質岩が発見された。さらにこの岩石中に、カソードルミネッセンス像による内部構造観察から一部が溶蝕して後に再成長したことを示すジルコン粒が見つかり、その溶蝕再成長部が約70Ma、それ以外の部分が約90Maの年代を示すことがわかった。近傍の同時性岩脈からは約70MaのジルコンU-Pb年代が得られており、また同時性岩脈の貫入母岩は90-96Maの古期領家花崗岩類であることを考えると、この同時性岩脈は約70Ma頃に当時すでに固結していた90-96Maの古期領家花崗岩類に苦鉄質マグマが侵入してその熱で花崗岩を一部融解し、局所的にマッシュ状の部分溶融帯を作ったことで苦鉄質マグマと物理的に混交して同時性岩脈を形成したと考えられる。

標記地域ではこのような同時性岩脈が多数、kmサイズの広い地域にわたって分布するので、その形成過程は花崗岩質マグマだまりの部分的な再生とみなすことができるかもしれない。

キーワード：同時性岩脈、U-Pb 年代、領家花崗岩類、マグマだまりプロセス、西南日本、白亜紀
Keywords: syn-plutonic dike, U-Pb ages, Ryoke granitic rocks, magma chamber process, Southwest Japan, Cretaceous

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-CG53] 活断層による環境形成・維持

コンビーナ:小泉 尚嗣(滋賀県立大学環境科学部)、山野 誠(東京大学地震研究所)、笠谷 貴史(海洋研究開発機構)、濱元 栄起(埼玉県環境科学国際センター)、座長:小泉 尚嗣、後藤 忠徳(京都大学大学院工学研究科)

活断層は，数千年～数万年に1回といったごく低頻度で大地震を起こし周辺の環境を破壊する。他方、大地震（断層運動）を起こさない大部分の期間（平常時）においては、断層運動の蓄積によって形成される独特の地形や水理地質構造等によって，特有の環境（山地・盆地・構造湖・温泉・鉱床等）を形成・維持する。一般に，活断層の存在は，環境破壊要因として認識されるが，平常時における環境形成・維持要因としての活断層についても理解を深める必要がある。本セッションでは，環境の形成・維持要因としての活断層の役割やその調査方法等についての幅広い話題を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SCG53-01] 滋賀県安曇川の水質に及ぼす花折断層・琵琶湖西岸断層の影響

*小泉 尚嗣[1]、植田 雅大[1]、箕手 慎介[1]、田中 達也[1]、丸尾 雅啓[1]、三谷 寛人[2] (1.滋賀県立大学環境科学部、2.大黒天物産株式会社)

11:00 ~ 11:15

[SCG53-02] びわ湖深底部におけるベント活動

★招待講演

*熊谷 道夫[1] (1.立命館大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG53-03] 海域の断層近傍における熱流量異常に基づく流体流動の推定

*山野 誠[1]、後藤 秀作[2]、川田 佳史[3]、濱元 栄起[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.東北大学災害科学国際研究所、4.埼玉県環境科学国際センター)

11:30 ~ 11:45

[SCG53-04] 地球物理学的調査に基づいて、活断層の透水性は定量化できるのか？

*後藤 忠徳[1]、川口 草太[1] (1.京都大学大学院工学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SCG53-05] 1995年兵庫県南部地震後の野島断層帯の回復過程

*村上 英記[1]、大志万 直人[2]、吉村 令慧[2]、三浦 勉[2]、加茂 正人[2] (1.高知大教育研究部自然科学系、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SCG53-06] 活断層による環境形成・維持に関する総合討論

*小泉 尚嗣[1] (1.滋賀県立大学環境科学部)

滋賀県安曇川の水質に及ぼす花折断層・琵琶湖西岸断層の影響
Effect of the Hanaore fault and Biwako-seigan fault on the water quality of the Ado river in Shiga Prefecture

*小泉 尚嗣[1]、植田 雅大[1]、箕手 慎介[1]、田中 達也[1]、丸尾 雅啓[1]、三谷 寛人[2]
*Naoji Koizumi[1], Masahiro Ueda[1], Shinsuke Minote[1], Tatsuya Tanaka[1], Masahiro Maruo[1], Kanto Mitani[2]

1. 滋賀県立大学環境科学部、2. 大黒天物産株式会社
1. School of Environmental Science,the University of Shiga Prefecture, 2. Daikokuten Bussan Co., Ltd.

1.はじめに

断層面周辺では，繰り返しの破壊によって生じた高密度の割れ目が高透水性構造をもたらし，その部分が地下水の通路となる(例えば，Faulkner et al.,2010)．結果として，断層と地表が交差する部分に，周辺の地質・地形・降水状況に応じて，水・熱・物質が地下水によって安定的に供給される．例えば，活断層周辺で湧水や温泉が多数認められるというのはよく知られた事実である（小泉・他，1986； 見野・他，1985）．活断層は，数千年～数万年に1回という非常な低頻度で大地震を発生させて環境を破壊するが，それ以外の大部分の時期は環境を形成・維持していることになる．

環境の重要要素である河川の水は，一般に，直近の雨に起因して地表から河川に流れ込む地表水と地下水から安定的に供給される水（基底流）の2成分からなると考えられる．したがって，河川の近傍にある活断層は，この基底流を介して，河川水の水質に寄与すると考えられる．

滋賀県西部（湖西地域）にある安曇川は，延長約60km，流域面積約300km^{2}で，琵琶湖に流入する河川の中で，流域面積では第1位，長さでは第2位の河川である（琵琶湖流域研究会，2003）．安曇川は，京都市北東部の丹波高地の百井峠付近に発し，北東に10km程度流れた後，花折断層と合流して同断層沿いに30km程度北上した後，東に折れて（花折断層から離れて）20km程度東進し，途中で琵琶湖西岸断層を横断した後に琵琶湖に流入する（図1）．このように安曇川は，滋賀県西部の2大断層である花折断層・琵琶湖西岸断層と位置的には密接な関係を持つ．他方，安曇川流域は，滋賀県内の大規模河川としては，最も開発されていない所で，自然河川の性格を比較的よく残しているとされる（琵琶湖流域研究会，2003）．したがって，河川水の水質形成における活断層の寄与を研究する上で適した河川と言えるだろう．

本研究では，安曇川における水質の場所的変化，時間的変化を調べ，それらと花折断層・琵琶湖西岸断層との関係について考察した．

2.方法

気象庁の雨量観測点のIMZ(今津)・MNM(南小松)の2つの観測点（図1）で13日間降雨がなかった後の2018年8月12日～14日に，安曇川上流から河口付近までの20点で河川水の水質等現場測定および水のサンプリングを行った（水質空間調査、図1）．測定可能な場所では，河川水流量の測定も行った．ただし，8月12日にはIMZで19mm，8月13日にはMNMで7mmの降雨があった．また，KTK(朽木平良）では，8月9日に5.5mm，8月10日と11日に0.5mm，8月12日に1.5mm，13日に6mmの雨があった．図1でUMNとFNKの間が空いているのは，この区間で8月12日に一時的な降雨があり，その部分をさけて水質等の測定およびサンプリングを行った為である．また，2018年4月末からほぼ月1回の頻度で，琵琶湖西岸断層を挟む4点（図1のRYD,HRS,ADG,KTG）で水質等調査（水質時間調査）を行った．以上の結果と，過去の安曇川の水質データや安曇川周辺の温泉の水質データ等を比較検討した．

3．結果

水質空間調査を行った20点すべてにおいて，陽イオンではカルシウムイオンが，陰イオンでは重炭酸イオンが卓越するいわゆるCa-HCO3型の水であった．これらのイオン濃度は，安曇川の上流から下流にかけて増加

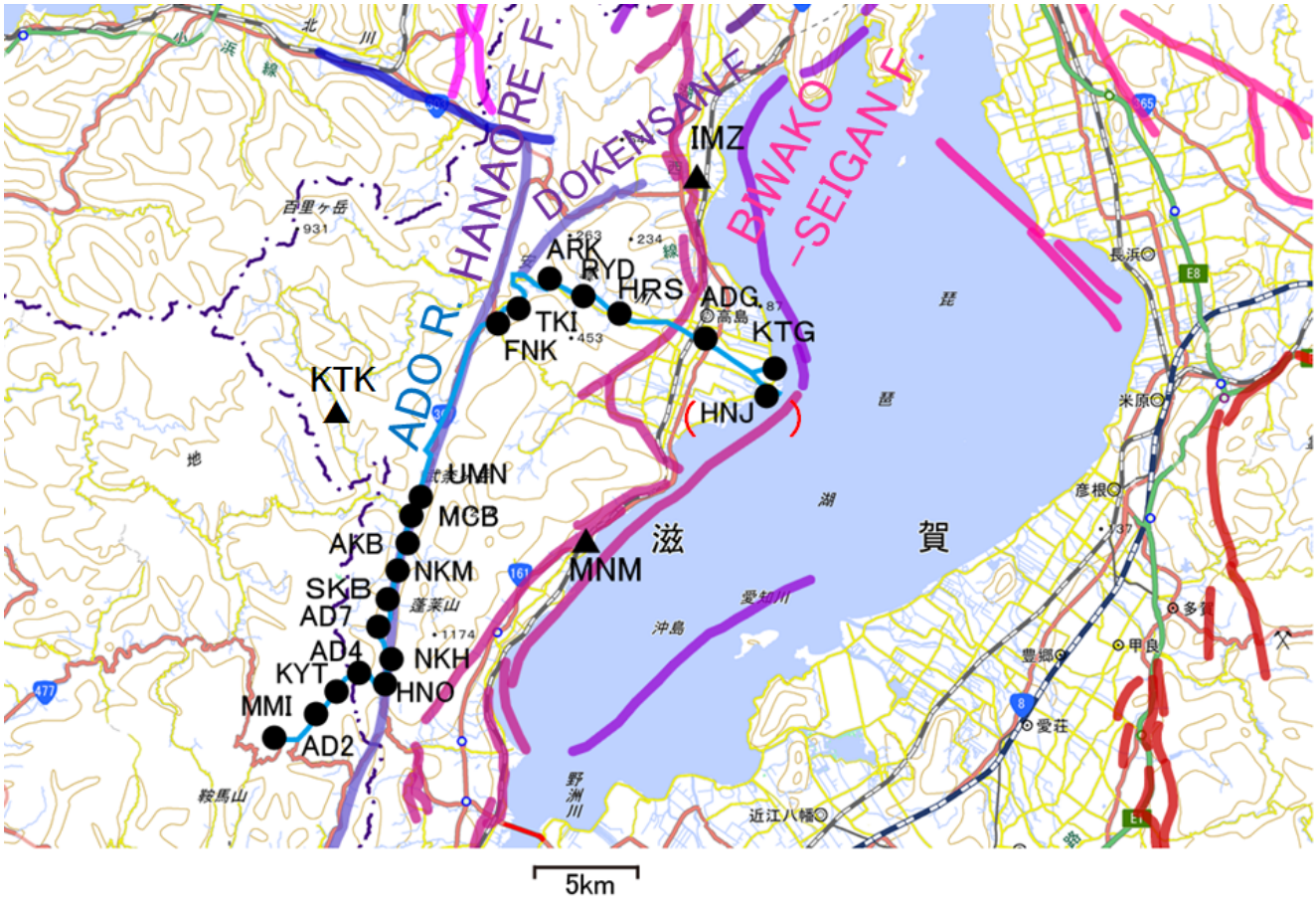
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

する傾向にある．そのパターンは，花折断層と安曇川が合流した直後のNKH以降，安曇川が花折断層から離れるARKまで全般的に増加し，それ以降は河口のKTG・HNJまでほぼ一定という形であった．他方，琵琶湖西岸断層を挟むHRSとADGの間で特に水質の変化は認められなかった．また、水質時間調査においては、2018年4月～10月の6回（6ヶ月）分の結果において、降雨による濃度の増減はあるものの、RYD,HRS,ADG,KTGの4点すべてでCa-HCO3型の水で水質に変化はなかった。

以上から，安曇川の水質形成に花折断層が寄与していることが示唆される一方、琵琶湖西岸断層による寄与は確認できなかった。

図１：2018年8月12～14日の安曇川の水質調査地点(●)と気象庁の気象観測点（▲）．活断層データース（産業技術総合研究所,2019）の図に加筆．背景の地図は地理院地図（国土地理院,2019）．

キーワード：安曇川、活断層、水質、透水性
Keywords: Ado river, Active fault, Water quality, Permeability



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

びわ湖深底部におけるベント活動
Hydrothermal vents in the deep basin of Lake Biwa

*熊谷 道夫[1]
*Michio Kumagai[1]

1. 立命館大学
1. Ritsumeikan University

The autonomous underwater vehicle (AUV) “Tantan” was constructed and first deployed in the year 2000, as the world’s first AUV conceived for lake ecosystem exploration and monitoring. Tantan (meaning “freshwater surveillance” in Japanese) was designed to move along bottom slopes keeping a constant distance above the sediments, with a payload that includes two high-definition video cameras, a digital camera, a submersible microscope and various sensors. In December 2009, Tantan identified turbid water ebullition on the deep area in the North Basin of Lake Biwa, which is a larger basin with maximum depth 104 m and 99% water volume, and follow-up investigations were conducted in April, December 2010 and January 2012. This study confirmed the existence of hydrothermal vents, and provided the evidence that their vent numbers per unit area on the lake bottom have increased from 1.0 km^{-2} vent in 2009 to 54.0 vents km^{-2} in 2012. We also found that those discovered vents located along the ridge of sunken mountains which form the basement of Lake Biwa with covered sediments. Some back-up investigations have been performed with a remotely operated vehicle (ROV) and several kinds of sonar devices, and all of the outputs support the existence of vents found by Tantan.

キーワード：ベント、琵琶湖、自律型水中ロボット
Keywords: vent, Lake Biwa, AUV



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海域の断層近傍における熱流量異常に基づく流体流動の推定
Heat flow anomalies observed on the seafloor in the vicinity of faults: indication of fluid flow

*山野 誠[1]、後藤 秀作[2]、川田 佳史[3]、濱元 栄起[4]
*Makoto Yamano[1], Shusaku Goto[2], Yoshifumi Kawada[3], Hideki Hamamoto[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 東北大学災害科学国際研究所、4. 埼玉県環境科学国際センター
1. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 2. Geol. Surv. Japan, AIST, 3. IRIDeS, Tohoku Univ., 4. Center Environ. Sci. Saitama

Active fluid flow along faults may yield temperature or surface heat flow anomalies because advective heat transport by fluid flow is much more efficient than conductive transport. On land, it is rather difficult to observe such anomalies as temperature profile measurement in deep boreholes is required. On the other hand, we can conduct dense heat flow measurements on seafloor if surface sediment is soft enough to allow penetration of temperature probes. Heat flow and/or temperature anomalies in the vicinity of faults have been reported in some accretionary prisms, e.g., Cascadia and Barbados subduction zones. In this presentation, we show examples of heat flow anomalies associated with faults on the seafloor in the Nankai Trough area.

Accretionary prism developed landward of the Nankai Trough is extensively faulted in a compressional stress field due to subduction of the Philippine Sea plate. At the toe of the prism off Muroto, eastern Shikoku, closely-spaced heat flow measurements were made with a ROV and conspicuous high anomalies were found around the second frontal thrust, indicating that pore fluid flows upward along the fault (Kawada et al., 2014). Off the Kii peninsula, a large thrust fault system termed the megasplay cuts through the entire prism and its branches reach the seafloor. Yamano et al. (2014) conducted heat flow measurements with a surface ship across a branch of the megasplay and observed high heat flow values on the lower part of a fault scarp. Goto et al. (2008) made measurements with a submersible around biological communities along another branch of the megasplay and showed a sharp heat flow variation in a scale of several meters. These observations demonstrate that fluid flow along faults in various spatial scales can be detected by surface heat flow measurements.

The velocity or flux of vertical fluid flow may be estimated through long-term monitoring of temperature distribution in surface sediment. Temporal variation of the bottom water temperature propagates downward through sediment by thermal diffusion. Since this propagation process is affected by vertical fluid flow, analysis of long-term record of temperatures at multiple depths allows us to estimate fluid flow velocity (Goto et al., 2005). This method was applied to temperature records obtained in and around a biological community located a tip of the megasplay branch fault and the result indicates the existence of upward fluid flow (Kawada et al., 2013).

キーワード：熱流量異常、流体流動、断層、熱輸送、長期計測
Keywords: heat flow anomaly, fluid flow, fault, heat transport, long-term monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球物理学的調査に基づいて、活断層の透水性は定量化できるのか？
How can we quantify the hydraulic permeability of fault based on geophysical survey?

*後藤 忠徳[1]、川口 草太[1]
*Tada-nori Goto[1], Sota Kawaguchi[1]

1. 京都大学大学院工学研究科
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University

For understanding impacts of faults/fractures to the Earth's environment, evaluation of hydraulic permeability along fault and fractures are required because they hydrogeologically play a role of pathway of deep groundwater and gas. Previous studies have obtained the hydraulic characteristics using boreholes and rock samples. However, such information is only valid in a local scale, and it is basically considered to be difficult to estimate the hydraulic permeability at several-hundred meter scales or more. In this study, we try to estimate the permeability in and around fractures in typical bedrocks (e.g., granitic rocks) based on the geophysical explorations: resistivity, seismic velocity and so on. The geophysical logging experiment (e.g., cross-hole tomography) can indicate both local and larger scale geophysical information. More large-scaled information can be obtained by land-surface geophysical surveys. For evaluation of permeability of large-scale fault, a rock physical modeling will be helpful since it can connect geophysical property to the hydraulic property theoretically or numerically.
Prior to the challenge of large-scale permeability estimation, we applied the rock physical modeling to the small-scale geophysical measurements. We measured DC resistivity and elastic properties (Young modulus) on the exposed fresh granite at the Mizunami Underground Research Laboratory, Japan Atomic Energy Agency. Based on the simple rock physical model, we estimated the permeability of granite with less fracturing. The in-situ permeability measurements confirmed that the estimated values are enough close to the measured ones (within the difference of half of order). The technique is also valid to the permeability measurements by pumping test at wells. We succeeded that the observed permeability obtained at Mizunami can be reproduced by only using geophysical logging data such as resistivity and seismic P-wave velocity.
Then, we applied this rock physical model to the large-scale geophysical images based on the magnetotellurics and seismic tomography. Although it is a preliminary result, the estimated permeability structure by our method is not realistic one unfortunately. In this study, we discuss on the additional information and technique how the accuracy of estimated permeability is improved.

キーワード：浸透率、岩石物理学、比抵抗
Keywords: Permeability, Rock Physics, Resistivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1995年兵庫県南部地震後の野島断層帯の回復過程
Healing process of the Nojima Fault zone after 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake

*村上 英記[1]、大志万 直人[2]、吉村 令慧[2]、三浦 勉[2]、加茂 正人[2]
*Hideki Murakami[1], Naoto Oshiman[2], Ryokei Yoshimura[2], Tsutomu Miura[2], Masato Kamo[2]

1. 高知大教育研究部自然科学系、2. 京都大学防災研究所
1. Research and Education Faculty,Kochi University, 2. Disaster Prevention Research Institute,Kyoto University

1995年兵庫県南部地震（Mj7.3,Mw6.9）の地表地震断層である野島断層は，六甲・淡路島断層帯に属し，淡路島の西岸部を北東ー南西方向に走る長さ約10kmの横ずれ断層である。1995年の地震発生時には，断層南東側（山側）が南西方向に約1-2m右横ずれし，同時に約0.5-1.2m隆起した。断層の掘削調査により，兵庫県南部地震に先行する地震活動は約1100～2400年前と推定されている（産業技術総合研究所，2002）。また，淡路島の東部海岸沿いに走る東浦断層は最新の活動時期は1596年伏見地震に近い時代で，平均活動間隔は約1400～2200年と見積もられている。このような地震活動により現在の淡路島の地形が形成されている。

野島断層における約2000年を隔てた地震活動の中で，どのように断層は次の地震に向けて準備をしていたのであろうか。1995年の活動のあと断層周辺部の状態の経年変化（固着過程）を明らかにすることを目的として，野島断層に掘られた1800mのボーリング孔を使用した注水実験が1997年から2018年の間に8回実施された。この注水実験では，注水にともなう湧水量の変化，ボーリング孔内の歪計，微小地震活動，アクロスによる地震波速度の変化，とともに自然電位の変化が計測された。

ここでは，最後の注水実験となった2018年12月の注水実験時に計測した自然電位の測定結果を紹介するとともに，注水にともなう自然電位変動を使い地下の状態（透水に関わる状態）を推定する方法について紹介する。2018年の注水実験においても従来の注水実験と同様に，注水にともなう自然電位変動が観測された：1）注水の開始・停止に同期した電位変動，2）注水孔周辺が負に変動する，3）変動の大きさは注水孔からの距離が大きくなると小さくなる。これら3つの特徴は，ボーリング孔から流出した水が周囲の岩石中を流れることにより発生する流動電位がボーリング孔ケーシングパイプを伝わり地表に電位変動を伝えるというモデルで説明できる（Murakami et al.,2001,2007)。このモデルでは，水の流量（J)と電位変動から推測する電流量（I)の比が，水理係数（透水係数，空隙率，屈曲度の関数）と電気的係数（水の誘電率，ゼータ電位の関数）の比になる。電気的係数に大きな経年変化がないと仮定すると，J/Iの経年変化は水理係数の経年変化を表すことになる。J/Iの値は，1997年から2003年にかけて小さくなっている。予察的な結果であり今後修正する可能性はあるが，2018年の結果は1997年から2000年の上限値よりも小さく，2003年よりも大きいという結果であった。1997年から2003年にかけての減少は，経年的に注水した水が周囲に拡散しにくくなったことを意味し，地震後の数年で断層周辺の固着過程がある程度進行したことを推測させる。2000年のサイクルの極めて短い期間に，次の地震に向けての準備がすすんでいる様子が分かってきた。

本研究は，東京大学地震研究所特定共同研究（A）課題番号1906「注水実験による内陸地震の震源断層の詳細な構造と回復過程の研究」により実施された。

キーワード：野島断層、断層回復過程、注水実験、自然電位
Keywords: Nojima Fault, healing process of a fault, water injection experiment, self-potential

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活断層による環境形成・維持に関する総合討論
Discussion on the environment formed and maintained by active faults

*小泉 尚嗣[1]
*Naoji Koizumi[1]

1. 滋賀県立大学環境科学部
1. School of Environmental Science,the University of Shiga Prefecture

活断層による環境形成・維持に関する総合討論を行う。

キーワード：活断層、環境
Keywords: Active fault, Environment

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | A11 東京ベイ幕張ホール

[S-CG55] 地殻流体と地殻変動

コンビーナ:北川 有一(産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ)、小泉 尚嗣(滋賀県立大学環境科学部)、梅田 浩司(弘前大学大学院理工学研究科)、角森 史昭(東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)、座長:北川 有一(産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ)、角森 史昭(東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

地殻内の浅部から深部にいたる流体とその収支や移動様式の理解およびその物理・化学モデルに関する議論を行う場を提供する。たとえば、以下のような分野を想定している。 1.地震発生に関わる領域の流体の状況、地震を含む地殻変動に伴う流体の物質・化学挙動の変化など、いわゆる断層流体物性の分野。 2.地下水の水位・水圧・水質から多孔質弾性論などを使って地殻変動を推定するための、いわゆる地震地下水の分野。 3.地殻深部から浅部にいたる流体の同位体的・化学的な特徴を測定し、フラックス定量を試みる、いわゆる地殻流体化学の分野。

9:00 ~ 9:15

[SCG55-01] 北勢観測点の地下水圧を用いた短期的SSEの断層モデルの推定

*北川 有一[1]、松本 則夫[1] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ)

9:15 ~ 9:35

[SCG55-02] 2018年北海道胆振東部地震における地下水位の変化

★招待講演

*柴田 智郎[1]、高橋 良[2]、高橋 浩晃[3]、鹿児島 渉悟[4]、佐野 有司[4]、Pinti Daniele[5] (1.京都大学大学院理学研究科、2.北海道立総合研究機構　地質研究所、3.北海道大学大学院理学研究科、4.東京大学大気海洋研究所、5.GEOTOP, Université du Québec)

9:35 ~ 9:50

[SCG55-03] 2016年熊本地震後の河川流量変化

*小泉 尚嗣[1]、箕手 慎介[1]、田中 達也[1] (1.滋賀県立大学環境科学部)

9:50 ~ 10:05

[SCG55-04] ガンマ線スペクトル計測による土壌ラジウム濃度測定システムの開発

*角森 史昭[1]、永井 滋一[2]、吉井 淳治[3]、木村 吉秀[4]、鎌倉 快之[5]、井上 雄紀[5]、佐藤 典仁[6]、櫻木 史郎[7]、志水 隆一[8]、V Gluchschenko[9] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.三重大学、3.福島県立医科大学、4.大阪大学、5.大阪工業大学、6.千代田テクノル、7.ユニオンマテリアル、8.大阪大学産連本部、9.カザフスタン核物理研究所)

10:05 ~ 10:25

[SCG55-05] 八代海海底活断層分布地域のラドン濃度分布

★招待講演

*川端 訓代[1]、角森 史昭[2]、北村 有迅[1]、白鳳丸 KH18-3次研究航海乗船者一同 (1.鹿児島大学理工学研究科、2.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設)

10:25 ~ 10:30

Discussion

北勢観測点の地下水圧を用いた短期的SSEの断層モデルの推定
Estimation of fault models of the short-term SSE using groundwater pressures at the Hokusei observation site

*北川 有一[1]、松本 則夫[1]
*Yuichi Kitagawa[1], Norio Matsumoto[1]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ
1. Tectono-Hydrology Research Group, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

南海トラフのプレート境界で発生する短期的SSEの推定において、伊勢湾周辺の愛知県西部から三重県北部の地域には高感度な地殻変動・地下水の観測点がないことが課題の一つである。この地域に東海層群等の未固結な堆積層が厚く堆積していることがその原因と一つと思われる。地下水位の地殻変動への応答の改善を目的に、2016年5月に三重県北部に位置する北勢観測点の観測井戸（内管）をパッカーにて密閉した。観測の対象とした帯水層の透水係数が小さいため、密閉前の地下水位は地殻歪変動への応答が悪かった。密閉後は、地下水圧を測定しているが、それに潮汐変動が明確に現れるようになり、地下水圧の地殻変動への応答が改善されたことが確かめられた。密閉後の地下水圧の地殻歪応答は密閉前の約10倍に改善した。地下水圧データから潮汐成分・気圧応答・降雨応答を除去することで、2016年7月、2017年11月および2018年4月に地下水圧変化にて短期的SSEは検出された。そして、歪・傾斜・地下水圧データを用いて、短期的SSEのすべりが伊勢湾北部まで広がったと推定された。深部低周波微動が活発ではない伊勢湾北部において、短期的SSEが繰り返し発生していることを示した。歪計や傾斜計での観測に向かない軟弱な堆積層では、水位（水圧）の測定が地殻変動観測の有力な手段であることを示した。

キーワード：地下水、歪感度、密閉井戸、スロースリップイベント
Keywords: groundwater, strain sensitivity, closed well, slow slip event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震における地下水位の変化
Groundwater level changes during the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*柴田 智郎[1]、高橋 良[2]、高橋 浩晃[3]、鹿児島 渉悟[4]、佐野 有司[4]、Pinti Daniele[5]
*Tomo Shibata[1], Ryo Takahashi[2], Hiroaki Takahashi[3], Takanori Kagoshima[4], Yuji Sano[4], Daniele Pinti[5]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 北海道立総合研究機構　地質研究所、3. 北海道大学大学院理学研究科、4. 東京大学大気海洋研究所、5. GEOTOP, Université du Québec
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, 3. Graduate School of Science, Hokkaido University, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5. GEOTOP, Université du Québec

Groundwater table level in wells can fluctuate under stress provoked by earthquakes located even thousands of kilometers away. The mechanisms of changes in groundwater level can be explained by hydrological changes such as pore-pressure response to coseismic static elastic strain, permeability changes caused by seismic waves and fluid migration along seismogenic dilatant cracks or crustal ruptures. The Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization (HRO), has been monitoring groundwater tables in several wells after the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake. The wells were drilled for exploiting hot spring water but have not been used in the last 20 years. The groundwater level was measured by pressure gauges with resolution about 5-10 mm in 10-minute intervals in each monitored well. After the Hokkaido Eastern Iburi earthquake, we were able to find a step-like decrease in groundwater levels in three wells. These wells are located within the region where tensile changes of the quake-induced volumetric strain can be calculated by using the fault model, suggesting that the changes in groundwater levels are qualitatively consistent with those in volumetric strain. The observed groundwater level changes are also affected by tidal and barometric effects, and we can estimate the response of groundwater level for tidal components. The tidal responses in all the wells have not changed before and after the earthquake.

キーワード：地下水位、多孔質弾性的挙動、地震、北海道
Keywords: Groundwater level, Poroelastic behavior, Earthquake, Hokkaido

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震後の河川流量変化
Postseismic streamflow changes after the 2016 Kumamoto earthquake

*小泉 尚嗣[1]、箕手 慎介[1]、田中 達也[1]
*Naoji Koizumi[1], Shinsuke Minote[1], Tatusya Tanaka[1]

1. 滋賀県立大学環境科学部
1. School of Environmental Science,the University of Shiga Prefecture

1.はじめに

大規模な地震が起こった後、その場所の地下水や河川流量に変化が起こることがある．過去には、地震による河川流量・湧水量・井戸水位の変化が報告されている．これらの報告の多くに共通する変化は、低地での河川流量・湧出量の増加がある一方、高地では地下水位の低下が認められる点で、数ヵ月から数年またはそれ以上に続くとされる．このような地下水・河川水の変化は、地震による地盤の透水性の増加で説明されてきた（Rojstaczer et al., 1995; Wang and Manga,2004）．降水量が世界平均の約2倍で，水資源の豊富な日本においては，このような地震後の河川流量や地下水の変化はあまり注目されてこなかった．しかし，これは，明らかに震災リスクの１つであり，日本でも充分研究する必要が有る．

平成28年(2016年)熊本地震は、2016年4月に熊本県およびその周辺で発生した一連の地震である．この地震は河川水・地下水に大きな影響を与えた（一柳・安藤，2017；佐藤・他，2017）．小泉・他(2018)は熊本地震後に，同地震の強震動域周辺で河川流量が増加したことを報告したが、データ解析期間が３年（2014年～2016年）で短いという課題があった．そこで本研究では、解析期間を長いもので1993年から2017年（25年間）にして再度解析を行った．

2.方法

国土交通省の水文・水質データベースから熊本県の14点の河川流量データを、気象庁のデータベースから熊本県の降水量データを入手した．それらの時間変化を調べると共に、積算降水量と積算流量との平均的な関係から、流量における積算降水量の影響を除去した流量残差の時間変化を調べた．また，熊本地震前後の降水-河川流量関係の変化も調べた．

3.結果と考察

河川流量を解析した14点のうち、主に阿蘇山麓を上流とする河川の4地点で河川流量が増加したように見える．しかし、その増加は熊本地震の直後でなく、同地震の約2か月後の大雨の後に増加していた．したがって，この変化は地盤の透水性増加では説明できない．さらに，熊本地震後に降水量が大きい時に，(降水時流量)/(降水量)の比が，熊本地震前より大きくなる傾向が認められた．

もし，土壌水分保持能力が熊本地震後に低下すれば、大雨時に降水時流量が熊本地震前に比べて増加することが説明できる．熊本地震では、強震動域周辺で多くの土砂崩れ等が発生した．それによって土壌水分保持能力が下がった結果，河川流量に変化が生じた可能性がある．

キーワード：熊本地震、河川流量、透水性、強震動
Keywords: Kumamoto earthquake, Streamflow, Permeability, Strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガンマ線スペクトル計測による土壌ラジウム濃度測定システムの開発
Development of Radium Concentration Monitoring System based on Gamma-Ray Spectroscopy

*角森 史昭[1]、永井 滋一[2]、吉井 淳治[3]、木村 吉秀[4]、鎌倉 快之[5]、井上 雄紀[5]、佐藤 典仁[6]、櫻木 史郎[7]、志水 隆一[8]、V Gluchschenko[9]
*Fumiaki Tsunomori[1], Shigekazu Nagai[2], Junji Yoshii[3], Yoshihide Kimura[4], Yoriyuki Kamakura[5], Yuki Inoue[5], Norihito Sato[6], Shiro Sakuragi[7], Ryuichi Shimizu[8], V N Gluchschenko[9]

1. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2. 三重大学、3. 福島県立医科大学、4. 大阪大学、5. 大阪工業大学、6. 千代田テクノル、7. ユニオンマテリアル、8. 大阪大学産連本部、9. カザフスタン核物理研究所
1. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo, 2. Graduate School of Engineering, Mie University, 3. Advanced Clinical Research Center, Fukushima Medical University, 4. Graduate School of Engineering, Osaka University, 5. Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology, 6. Chiyoda Technol corp., 7. Union Material Inc., 8. Office for University-Industry Collaboration, Osaka University, 9. Institute of Nuclear Physics, Almaty, Republic of Kazakhstan

ガンマ線スペクトルの解析によって土壌中のラジウム濃度を分析するための測定システムを開発したので報告する。ガンマ線計測には、日本学術振興会福島支援事業（2011年度～2016年度）で開発されたSrI_2(Eu)/MPPCディテクタ（以下ディテクタ）を用いた。室内において、遮蔽無しで上方を向けて測定を行うと、建材に使用されているコンクリート中のラジウム娘核種(214-ビスマスなど)からの強いガンマ線が測定されてしまうので、厚さ5cmの鉛ブロックによってディテクタを遮蔽した。これによりバックグラウンドを80%低減することができた。214-ビスマスのピーク面積を使って土壌中のラジウム濃度を決定するために、地球化学標準岩石試料JG-1（地質調査総合センター）を使って検量線を作成した。当日は、このシステムの問題点を解決するための議論を行う。

キーワード：土壌中ラジウム濃度、ガンマ線分光
Keywords: Soil Radium Concentration, Gamma-Ray Spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

八代海海底活断層分布地域のラドン濃度分布
^{222}Rn concentration distribution in Yatsushiro Sea

*川端 訓代[1]、角森 史昭[2]、北村 有迅[1]、白鳳丸 KH18-3次研究航海乗船者一同
*Kuniyo Kawabata[1], Fumiaki Tsunomori[2], Yujin Kitamura[1], Hakuho-Maru K18-3 scientists

1. 鹿児島大学理工学研究科、2. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設
1. Graduate School of Science and Engineering, KAGOSHIMA UNIVERSITY, 2. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo

平成28年熊本地震を引き起こした布田川-日奈久断層帯の南方延長にあたる八代海において水中ラドン濃度調査を行った．

ラドン（^{222}Rn）はウラン系列の放射性同位体であり，半減期3.82日でα線を放出して壊変する．岩石中で生成されたラドンは鉱物表面や鉱物境界に近い場所に存在する場合岩石の隙間や大気中に放出される．水に対する溶解度が高く岩石の間隙流体や地下水に用意に溶け込むことが知られている．この性質を利用し，近年では，水中ラドン濃度を利用し，活断層を含む断層帯と地下水の関係が議論されている（例えば，Malgrange and Gleeson, 2014, Tsunomori et al., 2017）．大規模な活断層はほぼ同じ位置で何度も破壊を繰り返している．このため，活断層による破砕帯は間隙率が高く地殻内で水の通路となるほか，周囲の母岩に比べて著しく鉱物や岩石の比表面積が高くなる（例えばChester et al., 2005; Ma et al., 2006）．母岩に比べ比表面積が大きい場合ラドン濃度が高くなると期待され，活断層の位置特定やその活動度の評価に関する研究が行われている（Tsunomori et al., 2017）．

九州西部に位置する八代海には多数の海底断層群が認められており，布田川・日奈久断層帯における日奈久断層帯の南西部「八代海区間」を構成している（地震調査研究推進本部）．本地域は平成28年4月に発生した熊本地震で活動した日奈久断層の延長にあたり，活断層分布域において浅部地震が発生しており，活動的な地域となっていると考えられる．2018年7月八代海において，熊本地震や歴史地震によって誘発された海底地滑り調査が行われた（白鳳丸KH-18-3）．我々は本調査航海に参加し，海底活断層の分布とラドン濃度分布の関係についての調査を行った．

ラドン濃度測定のための試料として，マルチコアの直上水，ピストンコアの直上水及び間隙水の採取を行った．ラドン濃度測定の結果，最も北に位置する測線上(Y18a)においてマルチコア直上水のラドン濃度が他のサイトより高くなる傾向が認められた．同様にピストンコアの直上水においてもY18a測線上のサイトのラドン濃度が高くなった．ラドン濃度が変化する理由として (1)堆積物に含まれるラジウム濃度の違い，(2)堆積物の粒径や間隙率などの物性が異なることが考えられる．後者は堆積物の種類が異なる，もしくは活断層の存在などによる堆積物の物性の差が生じると考えられる．Y18a測線は田浦-津奈木沖断層群のFA1断層（楮原他 2011）を横切っているため，ラドン濃度異常は活断層の影響が示唆される．本講演では活断層を含む海底下の構造や堆積岩のラジウム濃度分布とラドン濃度分布を比較し，ラドン濃度の差を生じさせる要因について議論を行う．

キーワード：水中ラドン濃度、海底活断層、八代海、ガンマ線測定、熊本地震
Keywords: Radon concentration in water, Submarine active fault, Yatsushiro sea, γ ray analysis, The 2016 Kumamoto earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月30日(木) 13:45 ~ 15:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG58] 脆性延性境界と超臨界地殻流体：島弧地殻エネルギー

コンビーナ:土屋 範芳(東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻)、浅沼 宏(産業技術総合研究所・再生可能エネルギー研究センター)、小川 康雄(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、長縄 成実(国立大学法人秋田大学)、座長:土屋 範芳、岡本 敦

メルトから延性岩体の生成，さらに脆性－延性境界領域での岩体の力学については，物質循環，地震発生機構，火山生成機構等の理解を進める上で重要であるが，断片的知識に限られ，特に力学的変化についてシステマティックには明らかにされていない．メルトの冷却は，火山体でのフラクチャー発生，火山性地震の発生原因の一つとも考えられるが，メルトから延性さらに脆性領域への変化過程を，地質学的，岩石力学的，さらに地球化学的に俯瞰する必要がある．本セッションでは，島弧－沈み込みシステムをエネルギーシステムとして捉えて，脆性－延性境界以深での，岩体組成，応力状態，き裂分布，冷却・加圧にともなう破壊挙動と地震発生メカニズム，岩石－水相互作用等についての科学的理解に関して現状報告と意見交換を行う．また，ここで得られた科学的知見をもとに，今後の研究の重点課題と問題解決のためのアプローチについて意見交換を行う．
　また，エネルギー抽出のためには，革新的掘削技術の開発が不可欠である．高温掘削の現況を把握し，地球科学分野に広く展開できる技術の情報交換の場としたい．

13:45 ~ 13:55

[SCG58-01] 沈み込み帯における物質とエネルギー輸送としての超臨界地熱資源

*土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻)

13:55 ~ 14:05

[SCG58-02] NEDO超臨界地熱プロジェクトの概要

*浅沼 宏[1] (1.産業技術総合研究所・再生可能エネルギー研究センター)

14:05 ~ 14:30

[SCG58-03] 静水圧下での温度降下に伴う水と塩水からの鉱物の沈殿と溶解

★招待講演

*星野 健一[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

14:30 ~ 14:45

[SCG58-04] 超臨界岩石—水相互作用のための溶存種の熱力学データ：溶解実験と密度を用いた外挿

*岡本 敦[1]、石井 肇[1]、大柳 良介[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.海洋研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[SCG58-05] 有馬－高槻断層帯に沿って分布する高塩分温泉水に含まれるアンモニウムイオンの窒素同位体比

*網田 和宏[1]、中村 高志[2]、大沢 信二[3] (1.秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学専攻土木環境工学コース、2.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター、3.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）)

15:00 ~ 15:15

[SCG58-06] **岩石−水反応帯から見積もる地殻内の流体圧勾配と浸透率**

*宇野 正起[1]、Diana Mindaleva[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

沈み込み帯における物質とエネルギー輸送としての超臨界地熱資源
Supercritical Geothermal Resources as a Function of Mass and Energy Transport in Subduction Zone

*土屋 範芳[1]
*Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Our research group is conducting fundamental and engineering studies of “Supercritical Geothermal Development”. Fracture networks and their formation mechanisms would be studied by using petrological and fluid inclusion studies in order to understand the geological model of a supercritical geothermal reservoir. The granite-porphyry system provides useful information for understanding supercritical geothermal reservoirs and EGS technology as novel energy system in subduction zone. Hydrothermal experiments under supercritical conditions were performed by using tri-axial machine. Fracture cloud could be formed and permeability was enhanced in supercritical conditions.
Selected References as follow:
[1] Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Ryota Goto, Takahiro Miura, Kota Yamane, Takuya Ishibashi, Youqing Chen, Komai Takeshi and Noriyoshi Tsuchiya, “Cloud-fracture networks as a means of accessing superhot geothermal energy”, Scientific Reports Scientific (2019), 10.1038/s41598-018-37634-z
[2] Fajar F Amanda, Ryoichi Yamada, Masaoki Uno, Satoshi Okumura adn Noriyoshi Tsuchiya, “Evaluation of Caldera Hosted Geothermal Potential during Vaolcanism and Magnetism in Subduction System, NE Japan” ,Geofluids (2019).
[3] Batkhishig, B., Bignall, G., Tsuchiya, N. "Hydrothermal quartz vein formation, revealed by coupled SEM-CL imaging and fluid inclusion microthermometry: Shuteen Complex, South Gobi, Mongolia." Resource Geology, (2014), 55, 1-8.
[4]Tsuchiya, N., Yamada, R., and Uno, M. "Supercritical geothermal reservoir revealed by a granite–porphyry system." Geothermics, 63, (2016), 182-194.
[5]Watanabe, N., Hirano, N. & Tsuchiya, N. "Determination of aperture structure and fluid flow in a rock fracture by a high-resolution numerical modeling on the basis of a flow-through experiment under confining pressure." Water Resource Research, 44, (2008), W06412 .
[6]Watanabe, N., Hirano, N., Tsuchiya, N. "Diversity of channeling flow in heterogeneous aperture distribution inferred from integrated experimental-numerical analysis on flow through shear fracture in granite." J. Geophysical. Research, 114, (2009), 10.1029/2008JB005959.
[7]Ishibashi, T., Watanabe, N., Asanuma, H., and Tsuchiya, N. "Linking microearthquakes to fracture permeability." Geophysical Research Letters, (2016), 10.1002/2016GL069478.
[8]Watanabe, N., Numakura, T., Sakaguchi, K., Saishu, H., Okamoto, A., Ingebritsen, S. E. and Tsuchiya, N. "Potentially exploitable supercritical geothermal resources in the ductile crust." Nature Geoscience, (2017), 10.1038/NGEO2879.
[9]Saishu, H., Okamoto, A., and Tsuchiya, N. "Mineralogical variation of silica induced by Al and Na in hydrothermal solutions." American Mineralogist, 97, (2012), 2060-2063.
[10]Saishu, H., Okamoto, A., and Tsuchiya, N. "The significance of silica precipitation on the formation of the permeable–impermeable boundary within Earth’s crust, Terra Nova, 26, (2014), 253-259.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地熱、沈み込み帯、エネルギー輸送、超臨界
Keywords: geothermal, subduction zone, energy transport, supercritical

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

NEDO超臨界地熱プロジェクトの概要
Outline of NEDO Supercritical Geothermal Project

*浅沼 宏[1]
*Hiroshi Asanuma[1]

1. 産業技術総合研究所・再生可能エネルギー研究センター
1. AIST

Nationalwide potential of “Supercritical Geothermal Power Generation” has been roughly estimated to reach hundreds GW, although there are a lot of scientific unknowns and necessary technological breakthroughs. NEDO has funded to survey the most promising location of the proof-of-concept drilling and to investigate detailed feasibility of the Supercritical Geothermal Power Generation from FY2018, and 6 projects are on-going. Outline of the studies in the NEDO Supercritical Geothermal Project will be presented in the session.

キーワード：超臨界地熱
Keywords: Supercritical Geothermal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

静水圧下での温度降下に伴う水と塩水からの鉱物の沈殿と溶解
Mineral precipitation/dissolution from water and brine with decreasing temperatures along hydrostatic pressures

*星野 健一[1]
*Kenichi Hoshino[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

Mineral-fluid interactions with decreasing temperatures along hydrostatic pressures, from 15.84 MPa - 500°C to 6.64 MPa - 200°C, have been simulated for 0.01 molal and 1 molal NaCl solutions. The dielectric constants of the former were taken from SUPCRT92 (Johnson et al., 1992), while those of the latter has been proposed from quartz solubility data in brine as:

$$\varepsilon_b / \varepsilon_w = a / (2\pi b)^{0.5} \exp(-(T - c)^2 / (2b)) + d,$$

where, ε_b is the constant of the 1 molal NaCl solution, ε_w is that of water derived by SUPCRT92, π represents the ratio of the circumference of a circle to its diameter, T is a temperature in Celsius, the parameter a depends on a pressure (P in MPa) as a = -0.9 * P + 420, and b, c and d are the constants as 13000, 300 and 0.8, respectively.

On the other hand, a difference in chemical potentials of a jth solute ($\Delta\mu^\circ_j$) in the solution and water may be expressed as:

$$\Delta\mu^\circ_j = \omega_j (1/\varepsilon_b - 1/\varepsilon_w),$$

where, ω_j is the Born coefficient of the solute. Since the coefficients of the most charged species as well as $SiO_{2(aq)}$ are positive and ε_b is larger than ε_w in the simulated conditions, the chemical potentials of the above solutes in brine are smaller than those in water. This causes great differences between mineral solubilities in water (0.01M NaCl) and in brine (1M NaCl) as below.

Quartz

Since quartz solubility decreases with decreasing temperatures in water and brine, quartz precipitates from the both solvents with decreasing temperatures. However, because a decreasing rate of solubility in brine is smaller at higher temperatures and larger at lower temperatures, the precipitation amount shows a maximum at around 350 - 400°C. On the other hand, the amount decreases monotonically with decreasing temperatures in water.

Feldspar

Aluminum is dissolved mostly as AlO_2^- (= $Al(OH)_4^-$) in the both solvents. Equilibrium constants of dissolution reactions of K-feldspar, albite and anorthite with the above Al species decrease with decreasing temperatures. Therefore, the precipitation amounts of those feldspar from water solvent decrease monotonically with decreasing temperatures. On the other hand, it is quite interesting that they dissolve in brine at higher temperatures, while precipitate at lower.

Pyroxene and Al-free amphibole

Most pyroxene and amphibole show similar tendencies as feldspar. They gradually precipitate or dissolve small amounts with decreasing temperatures in water, while they dissolve in brine at higher temperatures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

and precipitate at lower.

One of the conceivable causes of the above temperature dependencies of the silicate precipitation/dissolution in brine is a great difference in activity coefficients of charged species. For example, the activity coefficients (Debye-Hückel terms) for a divalent element in 0.01M NaCl solutions at 450°C and 300°C are 0.34 and 0.47, respectively, while they differ largely in 1M solutions as 0.023 and 0.20, respectively.
Carbonate
$CO_{2(aq)}$ is the major dissolved species above 250°C in the both solvents. Since the equilibrium constants of dissolution reactions of calcite, dolomite and magnesite with $CO_{2(aq)}$ decrease with decreasing temperatures, they precipitate from water gradually with decreasing temperatures, while they dissolve in brine at higher temperatures and precipitate at lower as feldspar, pyroxene and amphibole.

It should be emphasized that the temperatures of brine at which the above all silicate and carbonate minerals change their modes from dissolution to precipitation are around 400°C - 300°C.

Precipitation/dissolution of solid solutions of the above minerals and alteration (hydration) of some of the above minerals will also be discussed in the presentation.

キーワード：比誘電率、塩水、鉱物、沈殿、溶解
Keywords: dielectric constant, brine, mineral, precipitation, dissolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超臨界岩石ー水相互作用のための溶存種の熱力学データ：溶解実験と密度を用いた外挿

Thermodynamic data of aqueous species for supercritical water–rock interaction: dissolution experiments and density-based extrapolation

*岡本 敦[1]、石井 肇[1]、大柳 良介[2]、土屋 範芳[1]
*Atsushi Okamoto[1], Hajime Ishii[1], Ryosuke Oyanagi[2], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Environmental Studies, 2. JAMSTEC

Geothermal reservoirs under the supercritical conditions (supercritical geothermal reservoirs) have been taken grater attentions as the potential renewable energy in volcanic areas in the world. The chemical and physical processes of such supercritical regions are of special importance for various geological processes including understanding the formation of hydrothermal ore deposits, hydrological properties around brittle-ductile transitions of the crusts, and metamorphic and metasomatic processes. The thermodynamic data of the aqueous species at elevated temperatures and pressures has been constructed based on the Helgeson-Kirham-Flowers (HKF) model, where molar Gibbs energy is defined as a function of dielectric constant of water and species-specific Born parameter (e.g., Tanger and Helgeson, 1988), and the most common data is available through a software SUPCRT92. However, a large issue for understanding the supercritical water-rock interaction is a lack of thermodynamic data of charged aqueous species (ions and complexes) for the region near critical point of water and low water-density region (<0.35 g/cm3). In contrast to the electrostatic model like HKF model, the empirical density model has been proposed based on the fact that the log of molar Gibbs free energy of aqueous species shows a linear relationship with log of water density. Based on this model, Caciagli and Manning (2003) proposed the extrapolation of SUPCRT log K data to the high pressure regions; however, the effectiveness of this method to the low density region is not clear. In addition, the experiments for dissolution experiments are lacking for the low-density region.

In the present study, we tried the expansion of log K data set of the speciation and mineral dissolution into the vapor-like supercritical region (400, 420 degreeC, 20-35 MPa). We also conducted the new experiments for the mineral solubility measurements. The apparatus consist of 60 ml vessel with Ti inner wall, and pressure was controlled by syringe pump. We conducted the dissolution experiments with albite power and mix powders of albite-K-feldspar-quartz. Then, for evaluating the validity of the extrapolated data, we compared the extrapolated logK of mineral dissolution equilibrium and the ion products (log Q) obtained from the solution chemistry of the experiments and extrapolated log K data set of aqueous species. The deviation of log K from log Q is systematic and less than 2 in log unit, indicating the effectiveness of this method as the first approximation.

Reference

Tanger , J.C., Helgeson, H.C., 1988. Am J Sci, 288, 19-98.

Caciagli N.C., Manning, C.E., 2003. Contrib. Mineral Petrol, 146, 275-285.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：熱力学データ、超臨界流体、岩石ー水相互作用、水熱実験
Keywords: thermodynamic data, supercritical fluids, water-rock interaction, hydrothermal experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

有馬ー高槻断層帯に沿って分布する高塩分温泉水に含まれるアンモニウムイオンの窒素同位体比

Nitrogen isotope ratios of ammonium in hypersaline hot spring waters distributed along Arima-Takatsuki fault zone.

*網田 和宏[1]、中村 高志[2]、大沢 信二[3]
*Kazuhiro Amita[1], Takashi Nakamura[2], Shinji Ohsawa[3]

1. 秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学専攻土木環境工学コース、2. 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター、3. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設（別府）
1. Faculty of Engineering Science, Akita University, 2. International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI, 3. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

近年，温泉とプレートの沈み込みにともなって発生すると考えられる深部流体（スラブ脱水流体）の関連についての研究が盛んである（例えば，風早ほか，2014；Kusuda *et al.*, 2014）．これまでに行われてきた研究の成果より，スラブ脱水流体はCO_2に富んだNa-Cl組成の高塩分泉であることや，温泉に含まれるHeや炭素の同位体比がマントルと同等の値をもっていることなど，化学・同位体的な特徴が明らかにされてきた．しかし，窒素（アンモニウムイオン）に関しては，ほとんどの深部流体に含まれる成分でありながら，その性状や挙動を理解するための十分なデータが得られていない状況にある．

一方で，岩石に含まれる窒素に関する研究は1960年代から進められてきており，その濃度や同位体比に関する多くの知見が得られてきた．Häendel *et al.*（1986）は，堆積物から堆積岩を経て変成岩にいたる一連の変成作用の進行とともにアンモニウム態窒素の濃度および同位体比が系統的に変化していくことを指摘した．このときの結果は，変成度の進行に対して窒素濃度の低下がみられ，逆に窒素同位体比は増加していくというものであったが，近年，行われたいくつかの研究においても同様の傾向は確認されている（例えば，Gray and Marilyn, 1991，Yiefei, 2006）．これに対し網田ら（2014）は，深部流体の生成に変成作用が関与している可能性を指摘しており，岩石と深部流体それぞれの窒素同位体比にみられる関係を明確にしていくことで，地下深部における窒素の挙動に関する知見が得られることが期待される．

そこで高塩分泉に含まれるアンモニウムイオンの窒素同位体比の測定に対する予察的な取り組みとして，有馬ー高槻断層帯に沿って分布する高塩分泉の中から2か所の温泉を選出し採水調査および窒素同位体比の測定を行った．これらの温泉は，著者らが過去に調査・研究を行った温泉であり（大沢ほか，2015），その化学・同位体的性状についてよく理解されている温泉である．

現地において採取された温泉水試料は，生物活動を抑制するため直ちに冷却・冷凍し分析の直前まで保管した．アンモニウムイオンの窒素安定同位体比の測定のための前処理は，溶存有機性窒素の分解による測定阻害が抑制できるアンモニア気散法を用いた．密閉したバイアル瓶内で試料水をアルカリ性にし，アンモニウムイオンをアンモニアガスとして気散させ，希硫酸で酸性にした濾紙へ回収したものを，元素分析系直結型安定同位体比質量分析計（Sercon社製, ANCA-GSL with Hydra20-20）を用いて測定した．分析の結果，2か所の温泉水試料の窒素同位体比として+13.3（‰），+12.8（‰）という結果を得た．これらの値はブランク補正前の値であることから，細かい値の評価については今後，検討すべき点を残しているが，溶存成分の総量が数万ppmを超えるような高塩分泉についても窒素同位体比の測定が問題なく行えることが確認された．

キーワード：窒素同位体比、アンモニウムイオン、高塩分温泉
Keywords: Nitrogen isotope ratios, Ammonium ion, Hypersaline hot spring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石–水反応帯から見積もる地殻内の流体圧勾配と浸透率
Crustal fluid pressure gradients and permeability estimated from fluid-rock reaction zones

*宇野 正起[1]、Diana Mindaleva[1]、土屋 範芳[1]
*Masaoki Uno[1], Diana Mindaleva[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

High pore fluid pressure has been recognized by geophysical observations and is generally considered as triggers of earthquakes and slow–earthquakes (e.g., Audet and Bürgmann, 2014). Although such high pore fluid pressure is recognized as mineral filled fractures in geologic observations, the actual fluid pressure gradients in the crustal rock have not been evaluated quantitatively and remain largely unknown. Here we propose a new methodology estimating the fluid pressure gradients recorded in fluid-rock reaction zones, by utilizing thermodynamic analyses in conjunction with trace element profiles along the reaction zones. With numerical analysis of reactive advection-diffusion transport profiles of Cl and F in the fluid-rock reaction zones, we constrain the duration, fluid velocity and permeability of the fluid-rock reaction zones.

We have analyzed amphibolite and granulite hosted fluid–rock reaction zones at Sør Rodane mountains, East Antarctica. The analyses of decimeter scale granitic dyke–crust reaction zone at 0.5 GPa, 700˚C (Uno et al., 2017) show fluid pressure gradients of ～100 MPa/10 cm or ～1 MPa/mm. mm-sized hydration reaction zones around single fracture at ～0.5 GPa, 450˚C (Mindaleva et al., in prep.) also suggest fluid pressure gradients of ～1 MPa/mm. These extremely high fluid pressure gradients represent the low permeability of the intact amphibolite and granulite host rocks without fractures. The estimated permeabilities are $\sim10^{-20}$ m^2 for the granulite–granitic dyke reaction zones and amphibolite–fluid reaction zones, and are several orders smaller than the widely accepted crustal permeability model ($\sim10^{-18}$ m^2; e.g., Ingebritsen and Manning, 2010). On the other hand, permeability along the fractures are estimated as high as $10^{-14–15}$ m^2 for the granulite and amphibolite-hosted fractures, which is analogous to the permeability estimated for the hypocenter migration for the inland earthquake swarms ($\sim10^{-15}$ m^2; e.g., Okada et al., 2014). These results show the importance of low permeability of intact amphibolite/granulite-facies metamorphic rocks in conjunction with episodic high permeability of brittle fractures even at high temperature conditions of 450–700˚C, both of which affect the regional scale permeability in the deep crust.

[References]
Audet, P., Bürgmann, R., 2014. *Nature* **509**, 389–92.
Ingebritsen, S.E., Manning, C.E., 2010. *Geofluids* **10**, 193–205.
Okada, T., Matsuzawa, T., Umino, N. et al., 2015. *Geofluids* **15**, 293–309.
Uno, M., Okamoto, A., Tsuchiya, N., 2017. *Lithos* **284–285**, 625–641.

キーワード：流体圧勾配、浸透率、流体流入タイムスケール、岩石ー水反応帯
Keywords: fluid pressure gradient, permeability, time-scales of fluid infiltration, fluid-rock reaction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月30日(木) 15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG58] 脆性延性境界と超臨界地殻流体：島弧地殻エネルギー

コンビーナ:土屋 範芳(東北大学大学院環境科学研究科環境科学専攻)、浅沼 宏(産業技術総合研究所・再生可能エネルギー研究センター)、小川 康雄(東京工業大学理学院火山流体研究センター)、長縄 成実(国立大学法人秋田大学)、座長:土屋 範芳

メルトから延性岩体の生成，さらに脆性－延性境界領域での岩体の力学については，物質循環，地震発生機構，火山生成機構等の理解を進める上で重要であるが，断片的知識に限られ，特に力学的変化についてシステマティックには明らかにされていない．メルトの冷却は，火山体でのフラクチャー発生，火山性地震の発生原因の一つとも考えられるが，メルトから延性さらに脆性領域への変化過程を，地質学的，岩石力学的，さらに地球化学的に俯瞰する必要がある．本セッションでは，島弧－沈み込みシステムをエネルギーシステムとして捉えて，脆性－延性境界以深での，岩体組成，応力状態，き裂分布，冷却・加圧にともなう破壊挙動と地震発生メカニズム，岩石－水相互作用等についての科学的理解に関して現状報告と意見交換を行う．また，ここで得られた科学的知見をもとに，今後の研究の重点課題と問題解決のためのアプローチについて意見交換を行う．
　また，エネルギー抽出のためには，革新的掘削技術の開発が不可欠である．高温掘削の現況を把握し，地球科学分野に広く展開できる技術の情報交換の場としたい．

15:30 ~ 15:45

[SCG58-07] 表面波トモグラフィ解析による火山地域の3次元S波速構造の推定

*二宮 啓[1]、池田 達紀[1]、辻 健[1] (1.九州大学)

15:45 ~ 16:00

[SCG58-08] ニューラルネットワークを用いた葛根田地熱地域の比抵抗構造を基にした温度及び浸透率分布の推定

*宇郷 翼[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3] (1.北海道大学工学部環境社会工学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大学大学院工学研究院環境循環システム部門)

16:00 ~ 16:15

[SCG58-09] Preliminary report on geothermal structure revealed by geological and MT surveys around Akayumatasawa river in Sanzugawa caldera, NE Japan

*布原 啓史[1]、Kuo Hsuan Tseng[2]、岡野 広樹[1]、小川 康夫[2]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科、2.東京工業大学理学院)

16:15 ~ 16:30

[SCG58-10] 弾性波計測に基づく超臨界地熱環境における水圧破砕現象の特性評価

*三浦 崇宏[1]、渡邉 則昭[1]、坂口 清敏[1]、後藤 遼太、山根 宏太、駒井 武[1]、陳 友晴[2]、石橋 琢也[3]、土屋 範芳[1] (1.東北大学環境科学研究科、2.京都大学エネルギー科学研究科、3.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　福島再生可能エネルギー研究所)

16:30 ~ 16:45

[SCG58-11] サーマルクラックを含む花崗岩の輸送間隙径の測定と浸透率との関係性

*末吉 和公[1]、横山 正[2]、片山 郁夫[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.広島大学大学院総合科学研究科)

16:45 ~ 17:00

[SCG58-12] Geothermal reservoir evaluation by using TL of Quartz and Fluid Flow Simulation Model of the Kakkonda system in Japan

*Alvaro Josue Amaya[1]、Nobuo Hirano[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1] (1.Tohoku University. Graduate School of Environmental Studies)

表面波トモグラフィ解析による火山地域の3次元S波速構造の推定
3D S-wave velocity structure in volcanic region using surface-wave tomography

*二宮 啓[1]、池田 達紀[1]、辻 健[1]
*Hiro Nimiya[1], Tatsunori Ikeda[1], Takeshi Tsuji[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

地熱資源を能動的に開発するEGS (Engineered / Enhanced Geothermal System)発電は、大規模な未利用エネルギーになる可能性やCO2排出量削減の観点から非常に重要なエネルギー源になると期待されている。一方でEGSの実現には課題も残っている。EGSには超臨界流体の存在が必要不可欠であるが、その存在はまだ明確に観測されていない。超臨界流体は脆性一延性境界以深に存在すると考えられているが、脆性一延性境界周辺の構造や物性が明らかになっていないのが現状である。また、EGSは開発期間が長く、開発コストが高いため、発電に適した地域を正確に評価する必要がある。これらの問題を解決するためには、開発地域の浅部から深部までの詳細な地下構造を空間的に把握する必要がある。

近年、地下構造の推定方法として微動に含まれる表面波を用いた解析が注目されている。この解析では、微動から表面波の位相速度を推定し、そのS波速度依存性から地下のS波速度構造が推定される。微動を利用する解析手法は、地熱地域などの人工震源を用いた探査が難しい地域に対しても適用可能である。また、EGSは開発期間が長く、長期間のモニタリングを行う必要があるが、微動のシグナルは連続的に得られるため、表面波を用いた解析によって地下を連続モニタリングすることも可能である。

本研究では、防災科学技術研究所のHi-netに記録された1年間の地震波形データを使用した。より詳細な速度構造を推定するためには、局所的な構造を反映できる短い観測点間の位相速度を推定する必要がある。そこで本研究では、観測点間の位相速度を周波数領域で計算することで、観測点間距離の制約（高周波近似）を緩和し、より多くの観測点間の位相速度を抽出した。抽出した観測点間の位相速度に対し、トモグラフィ解析を適用することで3次元S波速度構造を推定した。その結果、浅間山や那須岳などの活火山において深部に低速度帯を観測した。これらの低速度帯は火山性流体を反映していると考えられる。地熱地域や火山周辺に密に地震計を設置することで、より高い解像度で地下のS波速度構造を推定し、EGSに適した地域を評価できると考えられる。

キーワード：表面波トモグラフィ、S波速度構造、雑微動、火山、地熱
Keywords: Surface-wave tomography, S-wave velocity structure, seismic ambient noise, volcano, geothermal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ニューラルネットワークを用いた葛根田地熱地域の比抵抗構造を基にした温度及び浸透率分布の推定
Resistivity-Based Temperature and Permeability Estimation of the Kakkonda Geothermal Field, Japan, Using a Neural Network

*宇郷 翼[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]
*Ugou Tsubasa[1], Kazuya Ishitsuka[2], Toru Mogi[3]

1. 北海道大学工学部環境社会工学科、2. 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3. 北海道大学大学院工学研究院環境循環システム部門
1. Department of Socio-Environmental Engineering Scool of Engineering Hokkaido University, 2. Division of Urban Management, Grduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Division of Sustinable Resources Enginieering, Faculty of Engineering, Hokkaido University

Estimation of temperature distribution around a geothermal field is important to understand a geothermal system. Previously, temperature distributions were successfully estimated by a neural network based on temperature logs and magnetotelluric (MT) data (Ishitsuka et al., 2018). This method firstly learns the relationship between three-dimensional locations, resistivities and temperatures by a neural network or neural kriging. Then, the optimized neural network is used to estimate temperature distribution based on a resistivity structure obtained by the MT method. On the other hand, not only temperature but also permeability are important physical parameters to evaluate a geothermal system. In this study, we developed a method to estimate permeability distribution as well as temperature distribution by a neural network and neural kriging. The methodology was applied to the Kakkonda geothermal field, Japan. Permeability along a well is not generally measured. Therefore, to create a training data of permeability, we estimated permeability along a well based on porosity deduced from resistivity log using Archie’s law. Temperature-dependence of the resistivity of water was corrected at the processing. In addition, we assumed that the salt concentration at each depth was equal to the salt concentration of the collected fluid inclusion. Subsequently, the porosity was converted into the permeability by the Kozeny-Carman equation.
We then estimated temperature and permeability distribution around the Kakkonda geothermal field. For training data, we used temperature logs and the estimated permeability logs using resistivity profiles at the 7 wells (Hanano and Kajiwara, 1999). To estimate temperature distribution, we used the resistivity structure by Yamaya et al. (2017) using the MT method.
As for the result, the temperature rising was estimated in the deep part, and the point where the high-temperature fluid is considered to be rising from the geothermal reservoir was estimated. The permeability showed a high value, especially in the low resistivity part. The accuracy of the estimated temperature and permeability distribution was evaluated by comparing temperature data measured beneath a depth of 3100 m of WD-1 well. As a result of accuracy verification, neural networks showed the smallest temperature error when the number of the intermediate layers was 2, and the permeability error was the smallest when the number of the intermediate layers was 9. Both the temperature and the permeability of neural kriging were smaller than those of neural networks. Although further development of the methodology to increase the accuracy of the estimation is required, our results demonstrated the effectiveness of our neural network approach to estimate permeability as well as temperature distribution around a geothermal field.
This study is supported by a NEDO project.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ニューラルネットワーク、温度、浸透率
Keywords: Neural network, Teperature, Permeability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preliminary report on geothermal structure revealed by geological and MT surveys around Akayumatasawa river in Sanzugawa caldera, NE Japan

*布原 啓史[1]、Kuo Hsuan Tseng[2]、岡野 広樹[1]、小川 康夫[2]、土屋 範芳[1]
*Keishi Nunohara[1], Kuo Hsuan Tseng[2], Hiroki Okano[1], Yasuo Ogawa[2], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 東京工業大学理学院
1. Graduate school of Environmental Studies Tohoku University , 2. Graduate school of Science , Tokyo Institute of Technology

Inner part of Sanzugawa caldera, NE Japan, is one of the promising geothermal areas that had been found by many geological and geophysical surveys after 1970’s. In this area, one geothermal power plant (Uenotai geothermal power plant) is currently in operation, and additional one (Wasabizawa geothermal power plant) is being constructed now.

There are a number of high-temperature hot springs along Akayumatasawa river that flows through the center of Sanzugawa caldera. This study reports the resistivity and geological structures based on MT surveys and field surveys around Akayumatasawa. In addition to these structures, the gravity structure, distribution of hot springs, and hypocenter clusters under Akayumatasawa indicate existence of geothermal fluid that is ascending from deep subsurface.

キーワード：地熱構造、電磁探査、地熱流体
Keywords: geothermal structure, MT, geothermal fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

弾性波計測に基づく超臨界地熱環境における水圧破砕現象の特性評価
Characterization of hydraulic fracturing phenomena in supercritical geothermal environments revealed by elastic wave measurements

*三浦 崇宏[1]、渡邉 則昭[1]、坂口 清敏[1]、後藤 遼太、山根 宏太、駒井 武[1]、陳 友晴[2]、石橋 琢也[3]、土屋 範芳[1]
*Miura Takahiro[1], Noriaki Watanabe[1], Kiyotoshi Sakaguchi[1], Ryota Goto, Kota Yamane, Takeshi Komai[1], Youqing CHEN[2], Takuya ISHIBASHI[3], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学環境科学研究科、2. 京都大学エネルギー科学研究科、3. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所　福島再生可能エネルギー研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Energy Science, Kyoto University, 3. AIST, FREA

水の臨界温度（374℃）以上の超臨界地熱資源は，新しい地熱資源として期待されている[Watanabe et al., 2017, Nat. Geosci.]．超臨界地熱資源が存在する温度・深度条件下の花崗岩質岩石は，圧縮に対しては延性的であると考えられるものの，引張に対してきは脆性的でありうるため，水圧破砕により貯留層が形成されうることが示唆されている．実際著者らは，450℃・封圧三軸応力（最大主応力σ_1：90MPa, 中間主応力σ_2／最小主応力σ_3：40 MPa）下におかれたσ_1方向にボアホールを有する円柱状花崗岩に対する水圧破砕実験を実施し，低温の水圧破砕よりも小さい水圧（σ_2 および σ_3付近）で三次元等方的な網状き裂が形成され，浸透率が1000倍程度増加することを見出している[Watanabe et al., 2017, Geophys. Res. Lett.]．この先行研究を受けて著者らは現在，新たに開発した高温・真三軸応力下水圧破砕実験システムを用いて，超臨界地熱環境下での水圧破砕現象の解明に取り組んでいる．

著者らはこれまでに，鉛直下向きにボアホールを有する立方体状の花崗岩に対して400℃または450℃・真三軸応力（σ_1：40MPa, σ_2：15 MPa，σ_3：5 MPa）下で水圧破砕実験を実施し，実験中あるいは実験前後にAE（Acoustic Emission）やP波速度の計測を行ってきた．その結果，温度や応力場によらず実験後の岩石のP波速度は等方的に減少しており，先行研究において見出された網状き裂の形成は主に，岩石内部で等方的に分布する既存微視き裂が低粘度の水により加圧されることに起因することが示された．さらに実験中のAE計測の結果，AE発生のピークは，ボアホール水圧が最大値（ブレークダウン水圧）に達した時点だけでなく，ブレークダウン後にも存在していた．実験中の岩石の変形挙動や実験後の薄片観察結果を考慮すると，1つ目のピークは水圧破砕の発生によるものであるが，2つ目のピークは水圧破砕により強度が低下した岩石の応力場に応じた小規模なせん断変形や破壊の発生によることが示唆され，このブレークダウン後の岩石挙動も最終的なき裂パターンや透水性の変化に影響を及ぼす可能性が新たに見出された．

・Watanabe, N. et al. Potentially exploitable supercritical geothermal resources in the ductile crust. Nat. Geosci. 10(2), 140–144 (2017).

・Watanabe, N., Egawa, M., Sakaguchi, K., Ishibashi, T. & Tsuchiya, N. Hydrofracturing and permeability enhancement in granite from subcritical/brittle to supercritical/ductile conditions. Geophys. Res. Lett. 44, 5468–5475 (2017).

キーワード：地熱、超臨界、真三軸
Keywords: geothermal, supercritical, true-triaxial

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サーマルクラックを含む花崗岩の輸送間隙径の測定と浸透率との関係性
Experimental measurements of transport pore radius of thermally cracked granite and the relationship of pore structure to permeability

*末吉 和公[1]、横山 正[2]、片山 郁夫[1]
*Sueyoshi Kazumasa[1], Tadashi Yokoyama[2], Ikuo Katayama[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 広島大学大学院総合科学研究科
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, 2. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

Fluid flow in rocks plays a key role in many geological processes such as geothermal reservoirs. Permeability is known to be dependent on porosity and pore radius (Walsh and Brace, 1984), while direct determination of pore radius is usually more difficult than determination of permeability. Water expulsion method (Yokoyama and Takeuchi, 2009) is a way to determine the radius of transport pore from gas pressure at which gas breaks through a water-saturated sample (ΔP_{break}). Although several previous studies investigated the relationship between permeability and ΔP_{break} of impermeable rock such as mudstone, those of granite have not been reported. In this study, we develop the water expulsion method under confining pressure and aim to evaluate the relationship between permeability and pore characteristics such as porosity and transport pore radius under high pressure up to 30 MPa.

Thermally-cracked Aji granites were prepared to cylindrical shape (20 mm long and 20 mm in diameter). Thermal cracking was introduced by heating up to 600 ℃ and porosity of a heat-treated sample was about 2.4 % . The transport pore radius was determined by a manner similar to those reported in Yokoyama and Takeuchi (2009), which is an experimental method measuring gas pressure ΔP_{break} (Pa) at which gas breaks through a water-saturated sample. From ΔP_{break} and interfacial tension γ (N m^{-1}), transport pore radius r (m) can be estimated as follows: $r = 2\gamma / \Delta P_{break}$. Permeability was determined from the flow rate at a constant pore pressure (P_p = 0.5 - 3 MPa). The flow rate was measured by a flow method using water as a pore fluid and permeability was calculated following Darcy’s law. Porosity was estimated using the gas porosimeter, where the grain volume and pore volume of a sample were determined by using Boyle’s law. Experiments were performed under confining pressure ranging 5 to 30 MPa at room temperature.

Transport pore radius and permeability of thermally-cracked Aji granite were 0.74 μm and 5.5×10^{-17} m^2 under confining pressure of 5 MPa. These values decreased with increase in confining pressure and were 0.14 μm and 2.0×10^{-18} m^2 under confining pressure of 30 MPa. Permeability k (m^2) of granite can be approximated by pore radius r and porosity ϕ according to the relation: $k = 5.32\times10^{-3}\,\phi r^2$. This indicates that permeability is primarily dependent on transport pore radius. These results are consistent with the conventional permeability model (Simpson et al., 2003) and estimation of transport pore radius is important for understanding permeability of granite.

キーワード：浸透率、輸送間隙径、水追い出し法
Keywords: permeability, transport pore radius, water expulsion method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geothermal reservoir evaluation by using TL of Quartz and Fluid Flow Simulation Model of the Kakkonda system in Japan

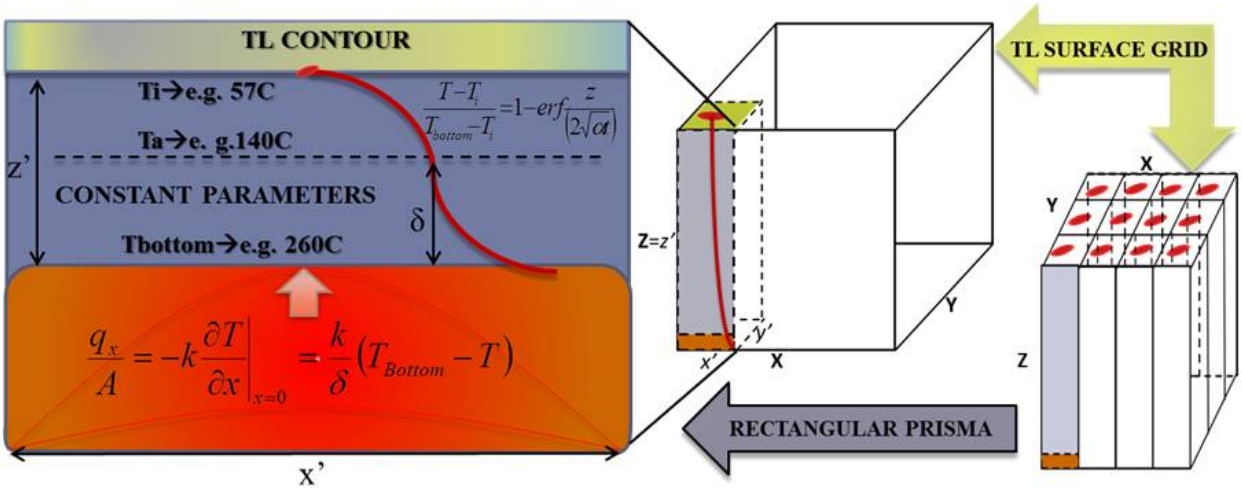
*Alvaro Josue Amaya[1], Nobuo Hirano[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. Tohoku University. Graduate School of Environmental Studies

Thermoluminescence (TL) of quartz is used in many geoscientist applications: Radiation measurements, geological dating and recently in geothermal activity prospection. After kinetic understanding, a new geothermal reservoir model has been developed based on the analysis of geological thermoluminescence surface samples and cuttings of borehole quartz samples combined with the system behavior equations. This novel methodology has been designed especially for an early stage of geothermal exploration condition and has been validated in the Kakkonda geothermal field in its initial exploration state. The system was simulated from surface to 5 Km on depth. In order to obtain the geothermal model that uses TL as a heat sensor, the sensitivity of the mineral property to natural heat has been monitored and evaluated through kinetic TL quartz decay experiments using aliquots of a standard sample rooted from same geothermal origin and subjected to different controlled conditions of temperatures taken at different time and deconvoluted by keeping constant 4 peak positions for all database; this has allowed the development of novel TL equations that have been coupled in this proposed reservoir model, which, is based on the description of the system through 3 governing equations for a specific control volume: the geothermal potential system balance, the Fourier equation, and the non-steady state heat conduction equation. Coupled with reservoir model and thermoluminescence model, we can obtain a numerical model of three-dimensional geothermal prospecting temperatures at any position (X, Y, Z) got through geoprocessing GIS tools. Finally, the 3D thermal model was used to parameterize a fluid flow simulation that considers the supercritical condition of the system at 5 Km as a heat source model and by using Hydrotherm software many scenarios of natural system evolution were gotten and a novel sustainable application for operation of the geothermal production operation in the Kakkonda Geothermal Power Plant was proposed.

Keywords: Thermoluminescence, Geothermal Reservoir Evaluation, Thermal Modeling

©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-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月30日(木) 13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-CG59] 地震動・地殻変動・津波データの即時把握・即時解析・即時予測

コンビーナ:小木曽 仁(気象庁気象研究所)、近貞 直孝(防災科学技術研究所)、川元 智司(国土交通省国土地理院)、干場 充之(気象研究所)、座長:干場 充之(気象研究所)、川元 智司(国土地理院)

地震発生後に地震動や地殻変動，津波の状況をリアルタイムに把握し，解析を行い，それに基づき，至近未来予測することが地震や津波の防災／減災につながるものと期待されている．これまでも，緊急地震速報などの地震動即時予測や津波の即時警報への応用がなされてきた．最近は、火山活動の観測においても噴火速報の運用も始まった．一方で，東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)やそれに伴う津波などにより，従来の手法の弱点も明らかになり、災害軽減へ向けて更なる改善の努力が進められている．本セッションでは，（準）リアルタイムでの地震動や地殻変動，津波，火山データの即時把握と解析の新しい考え方，手法，及び，地震や津波，火山の防災／減災に向けた即時予測への有効な応用に関する研究成果について広く議論する．

13:45 ~ 14:00

[SCG59-01] Earthquake early warning in the United States and beyond

★Invited Papers

*Richard M Allen[1] (1.University of California Berkeley)

14:00 ~ 14:15

[SCG59-02] 地震計設置地点環境と早期地震諸元推定結果の関係に関する検討

*丹羽 健友[1]、岩田 直泰[1]、山本 俊六[1] (1.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

14:15 ~ 14:30

[SCG59-03] データ同化に基づく地中地震記録を用いた地表地震動の予測（２）

*石原 正也[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻固体地球物理学講座)

14:30 ~ 14:45

[SCG59-04] 長周期地震動の即時予測システムの開発及び実証実験

★招待講演

*青井 真[1]、木村 武志[1]、功刀 卓[1]、鈴木 亘[1]、Dhakal Yadab Prasad[1]、古謝 植之[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.気象庁地震火山部)

14:45 ~ 15:00

[SCG59-05] 南海トラフ地震における長周期地震動の即時予測: Green関数を併用したデータ同化手法の有効性

*大峡 充己[1]、古村 孝志[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

15:00 ~ 15:15

[SCG59-06] **リアルタイム震度と観測波形を送受信する緊急地震速報システムの開発**

*堀内 茂木[1]、佐藤 優子[1]、卜部 卓[2]、ニザムドン ヤリママット[3]、佐々木 和男[3] (1.株式会社ホームサイスモメータ、2.テレメトラ、3.株式会社チャレンジ)

Earthquake early warning in the United States and beyond

*Richard M Allen[1]

1. University of California Berkeley

The ShakeAlert earthquake early warning (EEW) system is now delivering alerts up and down the west-coast of the United States (California, Oregon and Washington). The warnings are being used by targeted groups including transportation, schools, hospitals and other infrastructure operators. Alert are also available to the public in some regions through smartphone apps, and there is an expectation that they will be more widely available in the coming months. The system is operated by the US Geological Survey in cooperation with UC Berkeley, Caltech, the University of Oregon and the University of Washington.

The ShakeAlerts are currently generated by seismic-only algorithms, specifically the EPIC point-source algorithm and the FINDER finite-source algorithm. A great deal of research effort is underway to determine the accuracy and reliability of the current system, and to determine what additional information could be provided by new algorithms. In particular, the use of geodetic observations to improve magnitude estimates and estimate fault finiteness for the largest events is being explored, as is the addition of the PLUM ground motion model approach.

Looking beyond traditional seismic and geodetic networks, the use of smartphones to detect earthquakes and characterize their likely impact for EEW is also being explored. The MyShake global smartphone seismic network is currently recording ground shaking using the 40,000 Android phones that have the app installed. More than 800 earthquakes around the globe have been detected, and research is underway to use these detections to generate alerts and also to improve the quality of alerts from traditional networks.

Keywords: Earthquake , Warnings

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震計設置地点環境と早期地震諸元推定結果の関係に関する検討
Study on the relationship between seismometer site environment and earthquake early warning seismic parameter estimation accuracy

*丹羽 健友[1]、岩田 直泰[1]、山本 俊六[1]
*Katsutomo Niwa[1], Naoyasu Iwata[1], Shunroku Yamamoto[1]

1. 公益財団法人　鉄道総合技術研究所
1. Railway Technical Research Institute

地震時に鉄道施設や列車の安全性が懸念される場合、可能な限り早く列車を停止させる地震防災システムが稼動している。このシステムに導入されている早期警報用地震計は、P波を自動で検知し、その初動数秒の情報から地震諸元（震央距離、震央方位、マグニチュード）を推定し、必要に応じて警報を出力する機能を有している。鉄道総研では、地震諸元推定の精度向上に向けて新しいアルゴリズムの開発を行った（岩田ほか，2016）。本研究では、早期地震諸元推定の更なる精度向上を目的として、地震計設置地点の環境が地震諸元の推定結果に与える影響について検討した。ここでは地震計設置地点特性を表す指標として、その地点の静穏性を表すと考えられるP波トリガ前のノイズレベルおよびその地点の表層地盤の固さを表すと考えられるAVS30（地表から深さ30mまでの地盤の平均S波速度）を採用した。

検討には、マグニチュードは2.5～9、震源深さは146km以浅の条件を満たす868地震を用いた。これらの地震を対象に、防災科学技術研究所のK-NETにおいて震央距離が200km以内となる地震波形データを抽出し、20723波形のデータセットを構築した。早期警報用地震計における地震諸元推定では遠方の地震を対象としないことから、震央距離200km以内を対象範囲とした。

はじめに、P波トリガ前2秒間のデータのRMSをノイズレベルとして定義し、ノイズレベルと地震諸元推定誤差の関係について整理した。P波検測は、ノイズレベルが小さいほど小さくなる傾向があり、ノイズレベルが大きいほど、P波の自動検測が目視検測よりも早くなる傾向が見られた。震央距離は、ノイズレベルが大きいほど過小推定する傾向がある。震央方位は、ノイズレベルが小さいほど推定誤差が小さくなる傾向が見られた。変位に基づくマグニチュードは、P波前のノイズレベルの影響をほとんど受けない。これはマグニチュードが振幅の最大値によって決定されるためである。

次に、AVS30を表層地盤の固さを表す指標として用い、AVS30と地震諸元推定誤差の関係について整理した。AVS30はK-NETのPS検層情報から、司・翠川(1999)の方法に従い算出した。P波検測は、AVS30の大小により推定結果に差異が見られないことから、表層地盤の固さの影響を受けにくいと考えられる。震央距離は、AVS30が小さいほど過小推定する傾向があったが、その程度は小さい。震央方位は、AVS30が大きいほど推定誤差が小さくなる傾向があった。マグニチュードについては、AVS30と推定誤差には相関がないことを確認した。

以上より、ノイズレベルが小さく雑振動が少ない静穏な環境で、AVS30が大きい表層地盤が比較的固い地点の方が、早期地震諸元の推定精度が向上することが示された。早期警報用地震計の設置地点を選定する際には、静穏かつ固い表層地盤の地点を優先することが適切と考える。

謝辞
本検討では、国立研究開発法人防災科学技術研究所のK-NETの地震記録と地盤情報を使用させて頂きました。記して感謝します。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：早期地震警報、地震諸元推定、地震計設置地点特性、ノイズレベル、AVS30
Keywords: Earthquake early warning, Seismic parameters estimation, Seismometers installation environment, Noise level, Averaged S-wave velocity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

データ同化に基づく地中地震記録を用いた地表地震動の予測（２）
Prediction of surface ground motion using underground seismic records based on data assimilation (2)

*石原 正也[1]、中原 恒[1]
*Masaya Ishihara[1], Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻固体地球物理学講座
1. Solid Earth Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

はじめに

地震動の即時予測の高度化を目指し, 観測データをシミュレーションに取り込むデータ同化を用いた手法が, 地震波動場の予測(Hoshiba et al. 2015)や津波の予測(Maeda et al. 2015)のため提唱されている. Hoshiba et al (2015)では, 震度の分布を面的に予測するために輻射伝達方程式を使用している. 一方, Maeda et al (2015)では津波予測に波動方程式を使用している. 最近, 古村・他(2018地震学会)では長周期の地震波動場予測に波動方程式を使用している. しかし, もう少しの短周期の地震波の場合には, 観測点密度や計算時間等の制約のためであろうが, まだ波動方程式は使用されていないようである. そこで我々は, KiK-netなどの鉛直ボアホールを対象に問題を1次元に制約し,地震動予測に向けた波動方程式に基づくデータ同化に関する取り組みを開始した(石原・中原, 2018 地震学会). 地中地震記録から地表地震記録を迅速かつ高精度で再現可能ならば, 地表地震記録のみを用いる場合より, 警報を出す時間を早められるだろう. 本研究は, 直下型地震に対するオンサイト型の緊急地震速報の高度化に向けた基礎研究と位置づけられる.

データ・手法

本研究では, 防災科学技術研究所のKiK-net観測網の中でCHBH10(千葉)を利用した. この観測点では地表と深さ2000mに強震計が設置されている. 千葉県周辺で発生したM5以上の地震60個に対して解析を行った. シミュレーションには, 水平成層構造における平面波の斜め入射を差分法で効率的に解くことが出来る田中・竹中(2004)の手法を用いた. 地中記録のP波初動部分１秒間の波形から粒子軌跡を描き, 地震波の到来方向と入射角を計算した. 速度検層による地震波速度構造に対して, 方位角・入射角の結果と地中記録を用いて, 波動方程式の差分計算により地中から地表面にかけての波動場のシミュレーションを行い, 地表の観測波形と計算波形とを比較した.

結果・考察

石原・中原 (2018 地震学会)では本解析における二つの問題点を明らかにした. 一つ目は, 時間の経過に伴い再現が悪くなる事である. これは, 地中において観測波形(上昇波+下降波)と計算波形(下降波)が一致しない時に発生する, 人工的な上昇波の生成の影響である. もう一つの大きな問題が, 入射角の大きいイベント程再現が悪くなる事である. これは, 地中観測点にP波部分の観測値(速度振幅)を入力する際に, 応力の情報が無い為に人工的なSV波が発生してしまうからである.

今回, 我々はこの影響を評価する為に, P波入力を想定した速度波形(応力は0)を用いた時に発生するSV波の振幅を計算した. 入射角は0˚～45˚まで1˚刻みで変化させた。その結果, 人工的なSV波はP波最大振幅との振幅比で, 入射角10˚で約4%, 20˚で約10%, 30˚で約25%, 45˚で50%発生する事が分かった. 加えて, 上記の影響を減らすために, 仮想的な応力条件や地中観測点を追加し再解析を行い, それらを評価した.

今後, Haskell法で計算された理論的な波動場と比較を行う予定である。また、上記の問題点を解決し予測精度を向上させる為に, 地中観測点配置の最適化や適切な応力条件の設定方法を考えていく.

キーワード：緊急地震速報、データ同化

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: earthquake early warning, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

長周期地震動の即時予測システムの開発及び実証実験
Development of Realtlime Long-Period Ground-Motion Prediction System and Demonstration Experiment

*青井 真[1]、木村 武志[1]、功刀 卓[1]、鈴木 亘[1]、Dhakal Yadab Prasad[1]、古謝 植之[2]
*Shin Aoi[1], Takeshi Kimura[1], Takashi Kunugi[1], Wataru Suzuki[1], Yadab Prasad Dhakal[1], Naoto Kojya[2]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 気象庁地震火山部
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Meteorological Agency

地震の発生そのものを予知することは現状の技術では困難であるが、地震観測網や情報技術、通信環境の発展により、地震発生直後にその情報を迅速に伝えることは可能となってきた。鉄道においては1990年前後から新幹線の早期地震検知警報システムが実用化されたほか、全国規模の予報・警報としては気象庁による緊急地震速報の運用が2007年から始まるなど、地震動の即時予測情報は社会的に重要な役割を果たしている。

一方、緊急地震速報の発表指標は震度のみであり、長周期地震動などより広帯域の地震動情報への対応はなされていない。大地震に伴って発生する長周期地震動は、高層ビル等を大きくかつ長く揺らし、室内の家具の転倒・移動やエレベータの損傷等の被害をもたらす。気象庁では、震度では表すことのできない長周期地震動へ対応するため、周期1.6～7.8秒の間の絶対速度応答スペクトル（減衰定数5%）の最大値にもとづく長周期地震動階級を定め、地震直後にその階級を発表している。Dhakal et al. [2015]は、K-NET及びKiK-netで観測された36地震・12,401の強震記録を用いて、固有周期1-10秒、減衰定数5%の絶対速度応答に関する予測式を開発した。この予測式はJ-SHIS（Japan Seismic Hazard Information Station）の深部地盤構造モデルにおけるS波速度1.4km/s層の上面深さを用いて地点毎に補正することで精度高い予測を可能としている。また、この予測式はモーメントマグニチュードMwではなく、地震直後に入手可能な気象庁マグニチュードMjを用いていることも大きな特徴である。我々は、この予測式と緊急地震速報により与えられる震源位置と地震規模を用いた長周期地震動の即時予測システムを開発した。

気象庁では近い将来に、緊急地震速報と同様な予報・警報を長周期地震動に関しても出すことを計画しており、長周期地震動に関する情報検討会多様なニーズに対応する予測情報検討ワーキンググループを設置して検討を進めてきた。気象業務法における予報業務を行う場合には気象庁の許可が必要なため、防災科研は気象庁と連携し、将来の予報業務許可事業者としての役割を防災科研が担うことで長周期地震動に関する予測情報を試験的に配信し、その効果及び利活用方法の検証、課題の抽出・整理等を行うことに加え、長周期地震動の理解促進、長周期地震動階級の周知等を目指した実証実験を行っている。実証実験は大きく2種類から成っており、1つは「機械処理可能な予測結果を利用した実験」で、もう1つは「予測結果の分布図を利用した実験」である。

本講演では、長周期地震動の即時予測システムや、APIや長周期地震動モニタを用いたユーザーへの観測及び即時予測情報の配信に関する実証実験の内容やその成果について紹介するとともに、今後の展望について述べる。

キーワード：長周期地震動、即時予測、緊急地震速報、実証実験
Keywords: long-period ground-motion, realtlime prediction, earthquake early warning, demonstration experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ地震における長周期地震動の即時予測: Green関数を併用したデータ同化手法の有効性

Real-time forecasting of long-period ground motions for the Nankai Trough earthquake: The effectivity of the Green function-based data assimilation method

*大峡 充己[1]、古村 孝志[1]、前田 拓人[2]
*Atsuki Oba[1], Takashi Furumura[1], Takuto Maeda[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

本研究では、強震観測データと地震波伝播シミュレーションの同化に基づく長周期地震動の即時予測の実現に向け、データ同化手法の高速化に向けた検討を行った。

これまでFurumura et al. (2019)は、K-NETとKiK-net強震観測と３次元差分法による地震波伝播シミュレーションのデータ同化に基づき、2007年新潟県中越沖地震と2011年東北地方太平洋地震における、都心の長周期地震動の即時予測実験を行った。データ同化には、震度の即時予測(Hoshiba and Aoki, 2015)や津波の即時予測(Maeda et al., 2015; Gusman et al., 2016)などで広く用いられている最適内挿法が用いられ、長周期地震動の計算は３次元地下構造モデルを用いた差分法計算により行われている。近年の高速計算機により、日本列島規模の長周期地震動のシミュレーションは、地震波(表面波の基本モード)の伝播速度の数倍以上の速度で行うことは十分可能になった。しかし、長周期地震動の予測から揺れが実際に始まるまでの十分な時間的猶予を確保するためには、コストの高い地震波伝播計算を、より高速に行うための研究開発が必要である。

そこで、本研究は従来のデータ同化・予測に表面波伝播のGreen関数を活用して高速化する手法の有効性を検討した。この手法はWang et al. (2017)でGreen’s Function-Based Tsunami Data Assimilation (GFTDA)として、沖合津波計を用いた津波の高速データ同化・予測手法として提案されている。GFTDAでは、予めデータ同化地点と最終予測地点の間の津波伝播のGreen関数を計算しておき、これをデータ同化地点での観測データとシミュレーション結果との残差に畳み込み積分することで、予測地点の波形を計算する。差分法によって残差を時間発展させていく計算過程を予め計算されたGreen関数で代用するため、最終予測地点の津波波形を瞬時に求めることができる。通常のデータ同化に基づく予測手順と数学的に等価であることはWang et al. (2017)により証明されている。

本研究では、まずこの手法の長周期地震動への適用性を確かめるために、2004年紀伊半島南東沖地震(M7.4)のK-NET, KiK-net強震観測データを用いたデータ同化の数値実験を行い、K-NET新宿地点(TKY007)の長周期地震動の予測を行った。同化・予測計算はJ-SHIS地下構造モデルに対して行った。Green関数の計算を効率的に進めるために、相反定理を用いた震源と観測点を入れ替えた計算を行った。実験より、従来のデータ同化手法による予測とGreen関数を併用した本手法による予測が同一となることを確認した。本手法の活用により、震源域近傍の和歌山県～三重県の観測データの同化後、直ちに遠地の最終予測地点の長周期地震動が得られることから、猶予時間を大幅に拡大することができる。さらに、熊野灘沖のDONET観測網を利用することで、より即時予測の精度の向上と猶予時間の確保が期待できることも確認した。

続いて、Green関数を併用した手法を用いた南海トラフ地震の長周期地震動の即時予測実験を行った。最終

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

予測地点はKiK-net此花(OSKH02)、K-NET津島(AIC003)、新宿(TKY007)の３点である。震源モデルに内閣府(2016)の1944年東南海地震と1946年南海地震、そして想定最大級(M9)のものを用いた。それぞれの地震の長周期地震動は３次元差分法計算により求め、これを想定観測データとみなして実験に用いた。本実験ではK-NET, KiK-netに加え、DONET、気象庁海底ケーブル地震計、及び高知県沖～日向灘に展開が計画されている海底津波地震観測網N-netの予想地点での想定観測データも用いた。最終予測地点の長周期地震動の強さは、水平動の速度応答スペクトルのGMRotD50 (水平２成分の波形記録を0˚90˚回転させたときのそれぞれの速度応答スペクトルの幾何平均のメディアンの値; Boore et al., 2006)により評価した。また、長周期地震動の継続時間の影響を評価するために、地動の累積変動量も計算した。これらの長周期地震動の予測精度は同化の経過とともに一様に高まる。例えば昭和南海地震の震源断層モデルと破壊が東側(熊野灘沖)から進行する地震シナリオでは、地震発生から70秒後の新宿地点の速度応答スペクトル(固有周期10秒)と累積変動量の予測は、大きな揺れが始まる約80秒前に実際の7割のレベルまで達成することを確認した。一方、破壊が西(足摺岬沖)から始まるシナリオでは、最終予測地点が遠い分、同等の予測精度を得る時点でより長い猶予時間(約120秒)が確保できることがわかった。しかしながら、断層破壊が都心に近づくにつれ、長周期地震動レベルが増大するため、より長時間(100秒間)の同化時間が必要であった。いずれにせよ、精度の高い予測と猶予時間の両方を確保するためには、震源域近傍での強震観測とともに、巨大地震の断層破壊の拡大に合わせてデータ同化を一定時間続け、予測を更新し続けることが必要である。

キーワード：長周期地震動、データ同化、Green関数
Keywords: long-period ground motions, data assimilation, Green's function

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リアルタイム震度と観測波形を送受信する緊急地震速報システムの開発

Development of EEW system exchanging real-time seismic intensity and seismic waveform

*堀内 茂木[1]、佐藤 優子[1]、卜部 卓[2]、ニザムドン ヤリママット[3]、佐々木 和男[3]
*Shigeki Horiuchi[1], Yuko Sato[1], Taku Urabe[2], Yamaimaiti Nizhamudong[3], Kazuo Sasaki[3]

1. 株式会社ホームサイスモメータ、2. テレメトラ、3. 株式会社チャレンジ
1. Home Seismometer Corporation, 2. telemetra , 3. Challenge

１．　はじめに　2018年3月２２日より、緊急地震速報のPLUM電文が発表されるようになった。この電文には、従来の震源とマグニチュードの他に、リアルタイム震度のデータが含まれている。大地震が発生すると、マグニチュードが飽和することから、気象庁は、震度予測にPLUM法を用いることを推奨している。プラム電文には、気象庁の全観測点のデータが含まれているが、PLUM法は、自分が位置するところから半径30km以内の観測点の中で、リアルタイム震度が最大となるデータのみを用いている。堀内・他（2011）は、リアルタイム震度の空間分布を用いて、巨大地震の震源域拡大をリアルタイムで推定する方法を提案しているが、本報告では、PLUM電文に含まれる全観測点のリアルタイム震度のデータを用いて、震源域の拡大をリアルタイムで推定し、パソコンの画面に表示し、音声出力するシステムを開発した。このシステムには、近傍の観測点の波形データを表示させる機能も含まれている。

2. 震源域拡大のリアルタイム推定法　緊急地震速報によるマグニチュードが、7.7以上の地震が発生した場合は、巨大地震が発生した可能性があるとし、堀内・他（2011）の方法を用いて震源域の広がりを推定するようにした。いわゆるマグニチュードの飽和の問題があるため、巨大地震が発生した場合には、司・翠川式による予測震度は、観測震度に比べ小さくなる。堀内・他の方法は、観測震度が予測震度に比べ小さい場合に、司・翠川式に含まれる断層最短距離を、予測震度と観測震度が一致するように観測点毎に求める。次に、震源と、観測点とを結ぶ直線上に、断層最短距離から推定される断層端の位置をプロットし、その空間分布から、震源域の広がりを推定するものである。

３．システムの概要　本システムは、センターサーバ、卜部（2018）他により開発されたラスベリーパイを用いた加速度センサーの観測点、及び、ユーザーのWindows PCから構成されている。センターサーバは、（１）気象庁からのプラム電文の受信、（２）観測点からの波形データの収集、（３）ユーザー情報登録の受付、（４）地震発生時に、ユーザーのPC、および、ラスベリーパイの観測点に、１）緊急地震速報による震源パラメータ、２）気象庁観測点と、ラスベリーパイの観測点からのリアルタイム震度、３）地震発生時の、各ユーザーへの波形データ、を配信する。ユーザーは、ユーザーが位置する場所の座標等の情報をＷｅｂ画面から登録し、パソコン用のソフトウエアをダウンロードすることにより利用できる。ユーザーソフトウエアは、気象庁からの緊急地震速報が配信された場合に、予測震度を画面出力し、音声出力する。巨大地震が発生した場合には、リアルタイム震度の分布から、震源域の広がりを推定する。また、ユーザーが位置するところに最も近い観測点が、有感地震を検出した場合は、そこで観測されたリアルタイム震度と波形データが、サーバ経由で送られるので。それを受信し、画面出力する。また、地震発生時の訓練の機能があり、センターサーバで、ユーザーが地震を発生させると、それから計算される震度データがそのユーザーに送信される。パソコンソフトは、送られてきたデータから予測震度を計算する。それがM7.7以上の巨大地震であれば、震源域の拡大を求め、表示するようになっている。ラスベリーパイの中に、パソコンと同様のソフトをダウンロードすると、地震発生時に、音声出力、画面出力が行われるようになる。

４．結果

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

（１）ユーザーは、ソフトウエアをダウンロードだけで、近傍のラスベリーパイの観測点からの、震度や、リアルタイム波形を取得可能であることから、これらのデータが、高精度の被害予測に活用できると期待される。

（２）過去に発生した、東日本大震災、十勝沖地震等大きい地震１７個について、K-NETで観測されたリアルタイム震度のデータを用いて、リアルタイム震度から推定される震源域の広がりを調べた。その結果、ほぼ正確な震源域が推定されることが示され、M8以下の地震で、推定された震源域が、異常に大きくなることはなかった。この結果から、将来の巨大地震発生時に、このシステムにより、ほぼ正確な震源域の広がりがリアルタイムで推定できると思われる。

キーワード：緊急地震速報、巨大地震の震源域拡大のリアルタイム推定、波形データの交換、ラスベリーパイの観測点
Keywords: EEW, Real-time estimation of the spread of the fault area of a Catastrophic earthquake, exchange of seismic waveform, Rasberry pi seismic station

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-CG59] 地震動・地殻変動・津波データの即時把握・即時解析・即時予測

コンビーナ:小木曽 仁(気象庁気象研究所)、近貞 直孝(防災科学技術研究所)、川元 智司(国土交通省国土地理院)、干場 充之(気象研究所)、座長:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、小木曽 仁(気象研究所)

地震発生後に地震動や地殻変動，津波の状況をリアルタイムに把握し，解析を行い，それに基づき，至近未来予測することが地震や津波の防災／減災につながるものと期待されている．これまでも，緊急地震速報などの地震動即時予測や津波の即時警報への応用がなされてきた．最近は、火山活動の観測においても噴火速報の運用も始まった．一方で，東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)やそれに伴う津波などにより，従来の手法の弱点も明らかになり、災害軽減へ向けて更なる改善の努力が進められている．本セッションでは，（準）リアルタイムでの地震動や地殻変動，津波，火山データの即時把握と解析の新しい考え方，手法，及び，地震や津波，火山の防災／減災に向けた即時予測への有効な応用に関する研究成果について広く議論する．

15:30 ~ 15:45

[SCG59-07] 自治体震度計ネットワークによるリアルタイム震度評価の高度化 −鳥取県の事例−

*香川 敬生[1] (1.鳥取大学大学院工学研究科)

15:45 ~ 16:00

[SCG59-08] **地震防災のためのリアルタイム震度の'ライブ映像'および'最大震度分布図'の作成 -表層地盤増幅率を活用した面的震度表示-**

*神定 健二[1]、高橋 功[1]、篠原 芳紀[1]、Ibrahim Rami[2] (1.（株）高見沢サイバネティックス、2.東京大学地震研究所)

16:00 ~ 16:15

[SCG59-09] 実運用に向けた電子基準点リアルタイム解析システムREGARDの改良

*大橋 和幸[1]、阿部 聡[1]、撹上 泰亮[1]、川元 智司[1]、宗包 浩志[1] (1.国土交通省国土地理院)

16:15 ~ 16:30

[SCG59-10] MCMCによる震源断層モデル推定の不確実性リアルタイム評価手法の開発

*大野 圭太郎[1]、太田 雄策[1] (1.東北大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

16:30 ~ 16:45

[SCG59-11] 漂流フロートによる津波起因水中圧力変化観測

*大林 政行[1]、綿田 辰吾[2]、杉岡 裕子[3] (1.独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野、2.東京大学地震研究所、3.神戸大学理学研究科惑星学専攻)

16:45 ~ 17:00

[SCG59-12] 海洋への隕石落下による津波の即時予測手法の開発

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

自治体震度計ネットワークによるリアルタイム震度評価の高度化 –鳥取県の事例–

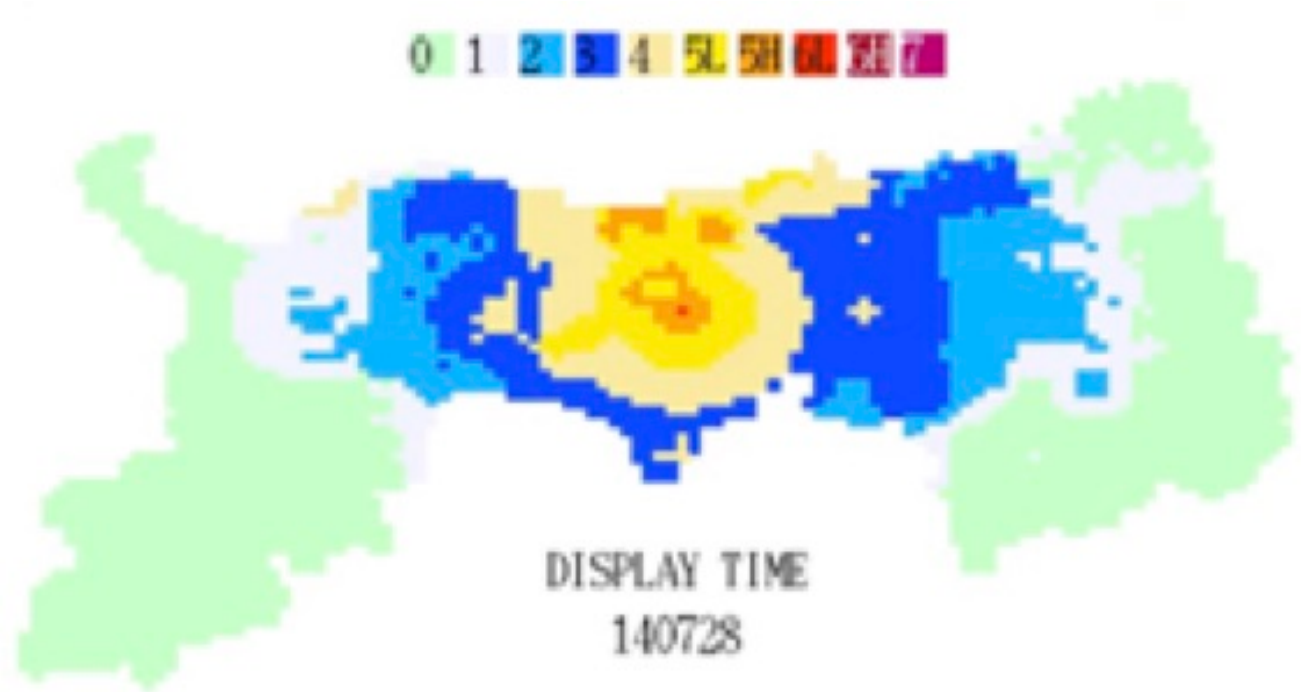
Enhancements of real time seismic intensity estimation using seismic intensity meters maintained by a local government –Case study on Tottori prefecture -

*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

緊急地震速報を高度化，高精度化するためには，観測点の密度を高くすることが解決方法のひとつと考えられ，現状で最も高密度に配置されている自治体（平成の大合併前の市町村）震度計の活用がまず考えられるべき候補となる．そこで，鳥取県の震度観測ネットワークを対象に１秒パケットで最大加速度およびその時点の震度情報を配信できるようにシステム更新をおこない，そのデータにPLUM法を適用し，準リアルタイムに県内震度分布の推移を表示するシステムを作成している．今回，これに震度の距離減衰と予測１kmメッシュ点の全てを２次震源とする波動伝播を導入した。また，Ｐ波振幅より震度を予測する手法も導入することにより，迅速かつ精度の高い準リアルタイム震度分布の予測が可能となった．図は2016年10月21日に発生した鳥取県中部の地震を模擬したとデータに適用した事例であり，緊急地震速報第１報（予報）が発令された瞬間の予測震度分布になる．県内が有感となった他の地震への適用例を含めて，現状の成果を報告する．

キーワード：震度計、リアルタイム、PLUM法、P波
Keywords: Local Government, Seismic Intensity Meter, Real Time, PLUM method, P wave



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震防災のためのリアルタイム震度の'ライブ映像'および'最大震度分布図'の作成
-表層地盤増幅率を活用した面的震度表示-
Drawig of the realtime seismic intesity on live screen and maximum distribution map for the Earthquak disaster prevension.
-Planar indication of seismic intensity using surface ground amplification factor-

*神定 健二[1]、高橋 功[1]、篠原 芳紀[1]、Ibrahim Rami[2]
*Kenji Kanjo[1], Isao Takahashi[1], Yoshinori Shinohara[1], Rami Ibrahim[2]

1.（株）高見沢サイバネティックス、2. 東京大学地震研究所
1. Takamisawa cybernetics Co. Ltd, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

地震による被害は、内陸部で発生する小規模な地震（マグニチュードクラス4.5）から2011年の東北地方太平洋沖地震（Mw 9.1）のように大規模な地震によって引き起こされる可能性がある。 近年、観測データのインバージョン分析から破壊帯の詳細な変位量を推定することが可能になり、 さらに、地震動予測式（ＧＭＰＥ）および地震予測レシピも提案されている。 これらの開発は、地震防災対策に貢献しました。 2007年から日本の気象庁による緊急地震速報システム（EEW）の運用が開始されました。防災に大きな影響を与える情報を発行することは非常に有用ですが、EEWが発行する情報にはまだいくつか問題があります。 例えば、“ブラインド･ゾーン”として呼ばれる警報の未配信領域を残し、S波の到着の後に警報が出されることがある。

我々は、2016年の熊本地震（Mw 7.0）と2019年1月3日（Mw 5.1）の地震で記録された稠密地震ネットワークデータセットを使用した。 マグニチュードと震源の大きさの領域の違いにもかかわらず、2つの地震は近い最大震度値を示した。 この地域の地震計の平均間隔分布が約4-5 kmであることに注目し、各観測点の自由表面上の最大ピーク地面加速度（PGA）をJ-SHIS（NIED）の1kmメッシュの表層地盤増幅率をサイト効果情報としてPGAをエンジニアリング基盤に補正した。 工学的基盤上のPGAを用いて、１km平方の各格子点における表面増幅率を乗じて自由表面上のPGAを推定し、次に各１ｋｍメッシュにおける震度を評価した。 観測点と各メッシュ間の距離を考慮して観測点ごとにこのプロセスを繰り返し、ライブ映像を示し、最後に最大震度マップを作成した。

本手法は、見かけ速度から震源の位置（近いか遠い）と、震源の深さ（浅いか深い）についての素早い情報を得ることができる。 また、PGAの空間分布から推定される震源のサイズ（小または大）の情報も得ることができる。 また、震源におけるS波/ P波の理論振幅比（5倍）を用いて、いわゆるP波検出と最大震度分布予測によるスケーリングを試みた。

EEWの性能を向上させるために高密度観測網によりリアルタイムで強震動を観測することは非常に重要なことです。 次期地方自治体計測震度計更新計画では、自治体自身で独自の地震防災情報処理システムを整備することを強く勧めます。 気象庁は、各地方自治体のサーバー解析情報を統合することで、緊急地震の配信速度を速め、精度を向上させる（ブラインド･ゾーンの解消、数千点に及ぶ観測点データを直接テレメータすることなく）ことが可能となる。

謝辞
今回の解析に使用した震度計データを 気象庁Webページにアップロードして頂いた、東京都、京都府、大阪府、札幌市、熊本県、宮城県、福島県、茨城県の関係者と気象庁の方々に、我々は感謝の意を表します。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：自治体震度計、工学基盤震度、表疎増幅率での評価、リアルタイム震度、ライブ映像、最大震度分布図
Keywords: Local government measurement intensity meter, Engineer basement seismic intensity , Evaluate by surface amplification factor , Real time seismic intensity, Live view, Maximum seismic intensity distribution map

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

実運用に向けた電子基準点リアルタイム解析システムREGARDの改良
Improvements of the GEONET real-time analysis system (REGARD) for more reliable operation

*大橋 和幸[1]、阿部 聡[1]、撹上 泰亮[1]、川元 智司[1]、宗包 浩志[1]
*Kazuyuki Ohashi[1], Satoshi Abe[1], Yasuaki Kakiage[1], Satoshi Kawamoto[1], Hiroshi Munekane[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

リアルタイムGNSS測位により得られる変位は，長周期成分に対しては飽和する恐れがなく，地震計では精度が落ちる巨大地震による長周期成分も正確に捉えることが可能である．国土地理院においても東北大学と共同で，GNSSを用いた即時的震源断層モデル推定システム（REGARDシステム）を開発し，平成28年度から運用を開始した．運用開始後はすでに平成28年熊本地震を経験することとなり，VR96%という高い信頼性の矩形断層モデルを推定することに成功している．このようにREGARDシステムは巨大地震時に迅速に地殻変動，有限断層モデル，地震規模を提供するものとしてますますその重要性を増しているところである．そして，今後は，安定した運用のために，異なる測位手法の導入による頑健性向上を目的にシステムの拡充を行う．

REGARDは相対測位により座標を計算しているが，観測データの差を計算するため，1点が欠測すると解が得られない．特に，固定点が欠測すると，影響は全点にも及ぶ．そこで，精密単独測位（PPP）の導入を試みた．リアルタイムでPPP解析を行うには，補正情報が不可欠である．今回導入したシステムでは，世界中の100点程度の観測点からリアルタイムデータを収集し，暦や補正情報をMADOCA（Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis）によって推定し，電子基準点のリアルタイム観測データと併せてPPP解析を実施している．

リアルタイムPPP解析の精度評価を行った結果，相対測位であるREGARDよりは劣るが，PPP解析結果に対して他点との差を計算する（PPP-differential）ことで精度が向上することが確認された．REGARDと比較しても遜色ないレベルで，REGARDの冗長性・頑健性の向上に役立つと期待される．

キーワード：REGARD即時推定、全球測位衛星システム、精密単独測位
Keywords: REGARD, GNSS, PPP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

MCMCによる震源断層モデル推定の不確実性リアルタイム評価手法の開発

Development of “real-time” uncertainty evaluation algorithm for the estimated coseismic fault model using MCMC approach

*大野 圭太郎[1]、太田 雄策[1]
*Keitaro Ohno[1], Yusaku Ohta[1]

1. 東北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. Recerch 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. Since September 2012, 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 tine series. Currently, REGARD adopted the maximum likelihood approach to estimate the optimum model. The system has two points to be improved. As first point, it 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. Understanding of such uncertainties quantitatively based on the data is important for evaluation of the result for disaster response. Second point, the problem is non-linear to estimate the single rectangular fault model in REGARD. Thus, the result strongly may depend on the initial values of the fault parameters. It is necessary to find the global minimum quickly for real-time use.

Based on these backgrounds, we are developing coseismic fault model estimation system using MCMC (Markov Chain Monte Carlo methods), which is probabilistic approach based on Bayesian statistics. MCMC does not specify one maximum likelihood value, but estimates the posterior probability density function (PDF). In addition, dependency on the initial value is relatively small by searching unknown parameters over a wide range randomly. In this study, we focus on the development the algorithm to estimate the single rectangular fault model deduced from permanent coseismic displacement field in real-time. We adopted basic Metropolis Hasting method as sampler and utilized parallel tempering approach to improve the sampling efficiency. One of the challenges for using MCMC in real time is how to make search settings, such as initial value, walk distance, variance of likelihood function, and Burn-in, which are generally decided by the try and error. We suggest a method of deciding these values automatically using scaling law and original sampling flow. Other challenging issue is calculation time. In generally, the calculation cost of MCMC is problem for the real-time purpose. To improve the performance of the MCMC we adopted OpenMP for the parallelization of the computing.

We applied this approach to the 2011 Tohoku-Oki earthquake, 2016 Kumamoto earthquake, and 2016 Fukushima-Oki earthquake using the actual permanent displacement time series from REGARD. In each estimations, we got 1×10^6 samples and obtained posterior PDF within 30 seconds. To emphasize, this algorithm could estimate the magnitude as distributions based on the data. Especially in Tohoku-Oki earthquake, obtained results clearly shows the tradeoff between the fault area and the slip amount. This result suggests that the onshore GNSS data cannot constrain them, which are extremely important factors

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

for precise near-field tsunami forecasting.
In our presentation, we will show the more detail characteristic of the algorithm. We are working on development of it for single rectangular fault model aiming at actual operation. Furthermore, we will expand this approach to not only the single rectangular fault but also the slip distribution along the plate interface.

キーワード：マルコフ連鎖モンテカルロ法、GNSS、リアルタイム、即時予測、ベイズ、不確実性
Keywords: MCMC, GNSS, real-rime, rapid prediction, bayesian, uncertainty

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

漂流フロートによる津波起因水中圧力変化観測
Drifting float measurement of pressure change by tsunami

*大林 政行[1]、綿田 辰吾[2]、杉岡 裕子[3]
*Masayuki Obayashi[1], Shingo Watada[2], Hiroko Sugioka[3]

1. 独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野、2. 東京大学地震研究所、3. 神戸大学理学研究科惑星学専攻
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Department of Planetology, Kobe University

Recently a new instrument, named MERMAID (Mobile Earthquake Recording in Marine Areas by Independent Divers), was developed to measure acoustic signals converted from seismic waves at the seafloor. The MERMAID is a Lagrangian drifter equipped with a hydrophone and drifts passively at 1,500 –2,000 m depth until an earthquake signal is detected. If this is identified as a strong P wave, the MERMAID ascends at speed of 10 cm/s for transmission of the recorded waveform within time window of a hundred seconds before and after the P wave arrival as well as its global positioning system (GPS) coordinates at the surface. After transmitting the data via satellite links, the MERMAID descends at speed of 5 cm/s to monitor earthquake signals at 1,500 –2,000 m depth again.
It was reported that tsunamis were recorded by hydrophones (e.g. Okal et al., 2007), notably in frequency bands extending outside the range of the Shallow Water Approximation. If MERMAID floats can cover the oceans as dense as the Argo project of which almost 4000 floats are now drifting to measure temperature and salinity in the oceans, we acquire valuable tsunami data. Here we estimate what signals are observed by a MERMAID, by comparing to the pressure change of the 2010 Chile Tsunami measured by a differential pressure gauge (DPG) at about 4800 m deep seafloor.
We assume linearized water wave with period T, amplitude H, and phase velocity c as shown in Figure 1. Phase velocity c is given by $c = (g \tanh(kD) / k)^{1/2}$, where k is horizontal wavenumber $k = \omega/c$, $\omega = 2\pi/T$ is angular frequency and g is gravity. The wavenumber $k(\omega, D)$ of the water waves in a constant depth ocean as a function of a wave period is obtained by the recursion equation. The water wave height $W(x, t)$ as the function of time t and horizontal position x is expressed as
$W(x,t) = H e^{i(kx-\omega t)}$
The MERMAID is Lagrangian float drifting at a depth of z ($0 > z > -D$) and measures Lagrangian pressure of water, where D is water depth.
Lagrangian pressure $\delta p(x, z, t)$ is given by
$\delta p(x, z, t) = -\{H \rho_0 g \sinh(kz) / (\sinh(kD) \cosh(kD))\} e^{i(kx-\omega t)}$
Eulerian pressure is given by
$p'(x, z, t) = \{H \rho_0 g \cosh(k(D+z)) / \cosh(kD)\} e^{i(kx-\omega t)}$
Therefore, pressure measured by a DPG at seafloor is expressed as
$p'(x,-D, t) = \{H \rho_0 g / \cosh(kD)\} e^{i(kx-\omega t)}$
and the pressure $\delta p(z)$ measured by a MERMAID at z depth can be related with the DPG pressure $p'(D)$ by
$\delta p(z) = R\, p'(-D)$, $R = -\sinh(kz) / \sinh(kD)$
If T is large enough that k is close to 0, R becomes close to z/D. Figure 2 shows the R as the function of T for floats at 1000 (blue) and 2000 (red) m depth, suggesting the R acts as a low-pass filter. Figure 3 shows the predicted pressure changes observed floats drifting at 1000 (blue) and 2000 (red) m depth. In the presentation, we will discuss availability of tsunami measurement by a float.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：津波、フロート、ハイドロフォン、差圧計
Keywords: tsunami, float, hydrophone, differential pressure gauge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

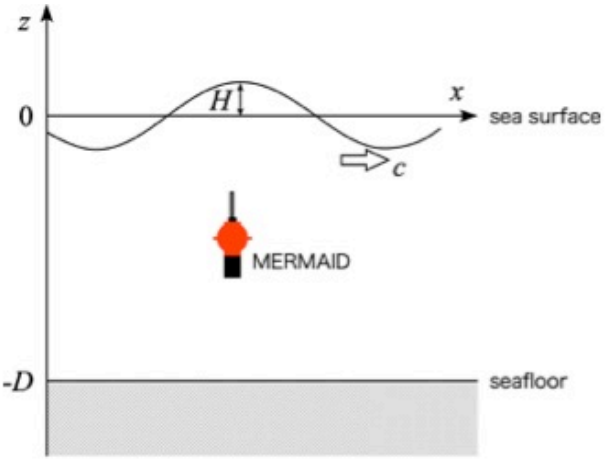


Figure 1. Problem setting

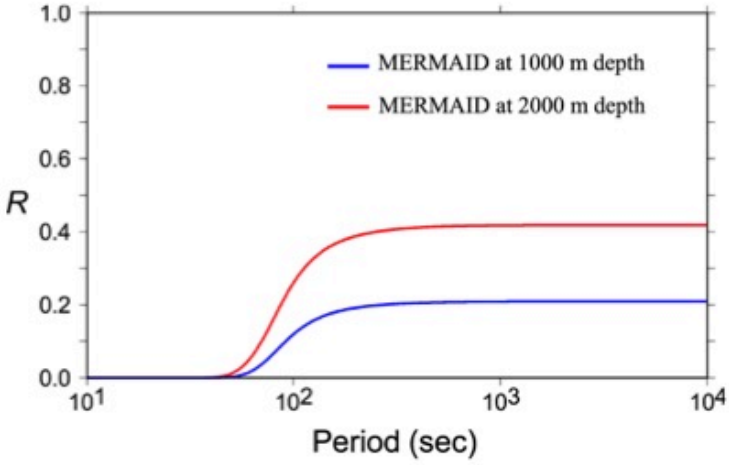


Figure 2. R as the function of period T

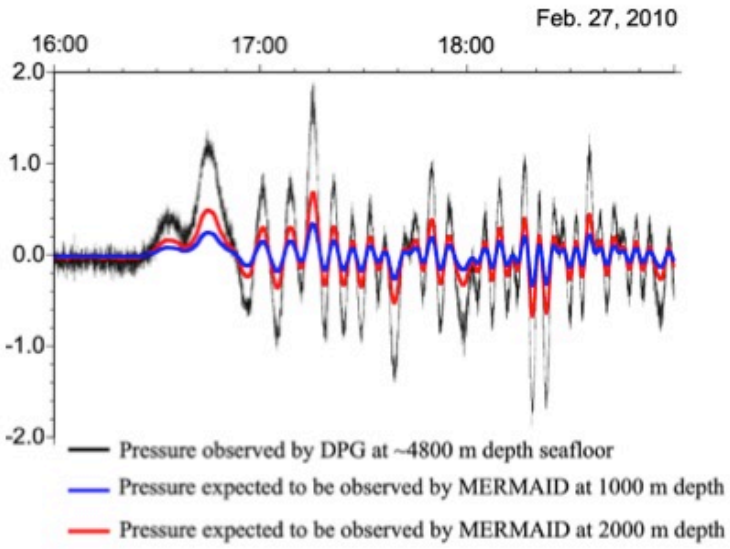


Figure 3. Predicted pressure changes observed by MERMAIDs at 1000 and 2000 m depth.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋への隕石落下による津波の即時予測手法の開発
Development of the Real-time Forecasting for Meteorite Impact Tsunami

*近貞 直孝[1]、馬場 俊孝[2]、布施 哲治[3]
*Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Toshitaka Baba[2], Tetsuharu Fuse[3]

1. 防災科研、2. 徳島大学、3. 情報通信研究機構
1. NIED, 2. Tokushima University, 3. NICT

津波は主に海底下で発生した地震によって生じる．一方で，地震に寄らない津波が一定程度の割合で発生していることも明らかで，海底地すべりや海底火山の噴火，陸上の火山の噴火であっても土石流等の海洋への流れ込みによっても津波が生じる．また，隕石の落下自体は稀なものではないが，隕石が一定以上の大きさになるとクレーターを形成したり，海洋に落下すれば少なからず津波が発生する．

隕石津波に対する検討はこれまでにも行われてきたが，衝突と津波の伝播の双方を考慮した数値モデルは未だ開発されておらず，海底に形成されたクレーターに海水が再流入することで生じる津波の検討（藤本・今村，1997）や，隕石が海底には達せず海水面に生じたキャビティの崩壊のみを考慮した検討（Ward and Asphaug, 2000；後藤・他，2013）などがあるものの，キャビティ形成時に生じている流速や津波伝播の分散性，実地形に寄る効果等が考慮されていないという問題もある．したがって，小惑星2018LAのように地球への衝突が事前に分かったとしても，海洋へ落下した場合の津波を定量的に即時予測する手段が現存しない．

そこで本研究では，定性的な仮設を用いずに隕石衝突と津波伝播を数値シミュレーションによって高精度に再現するための数値モデルの構築を行う．衝突の計算にはSALE（Simplified Arbitrary Lagrangian Eularian）を元に惑星科学に特化した仕様に改良されたiSALE（Impact-SALE; Wünnemann et al., 2006），津波伝播計算にはJAGURS（Baba et al., 2017）を用いる．iSALEを用いることで多層のターゲットを定義することが可能となり，海水の動きと海底に対するクレーターの形成を同時に計算することが出来る．iSALEの出力である海底変動（クレーター形成）や海面変動，流速をJAGURSの初期条件として入力することで任意の落下地点に応じて沿岸部にどのような津波が到達するかを予測することを可能にする．この時，世界中の任意の地点で津波浸水計算を実現するため，１秒角（約30m）分解能を持つASTER GDEM Version 2（Fujisada et al., 2012）を用いて沿岸域の陸域の地形を作成する．ASTER GDEMは南緯56度から北緯60度までをカバーしている．一方，海底地形については30秒角（約1km）分解能のGEBCO_2014を用いるが，Seabed 2030プロジェクトによって水深が1,500m以浅の海域については100m分解能の海底地形の作成が計画されているため，取り込むことが可能となるようにする．

まず，iSALEを用いて衝突天体の大きさや速度，形成されたキャビティやクレータの直径や衝突地点の水深に応じて，どのような津波の初期波源が形成されるかを調査する．また，JAGURSの初期波源を改造し，Ward and Asphaug（2000）が提案するキャビティ形状から生じる津波の伝播特性について調査する．最後に，iSALEの出力をJAGURSの入力に対して何をどのように渡すのが最適か設計する．加えて，長沢・三浦（1987）等が提案する地震波形データを用いた火球の軌道決定手法をリアルタイム化することで隕石の落下地点の即時推定も組み合わせることを検討する．

iSALE の 開 発 者 で あ る Gareth Collins, Kai Wünnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausen の各氏に感謝致します．本研究の一部はJSPS科研費 JP18K04674の助成を受けたものです．iSALEの計算及び可視化は国立天文台天文シミュレーションプロジェクトCfCAの計算サーバ及び解析サーバで実施しました．記して感謝致します．

キーワード：即時予測、津波、隕石衝突
Keywords: Real-time forecast, Tsunami, Meteorite impact

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-PT 古生物学・古生態学

2019年5月30日(木) 13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[B-PT05] 地球生命史

コンビーナ:本山 功(山形大学理学部地球環境学科)、生形 貴男(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、守屋 和佳(早稲田大学 教育・総合科学学術院 地球科学専修)、座長:本山 功、生形 貴男、守屋 和佳

地球生命史セッションは、地質時代を通じた古生物に関する研究全般、および地球生命圏の変遷発展に興味を持つ科学者の間の情報交換の場となることを目的とする。地球生命史は、それ自体が我々が住むこの星の豊かさを象徴するものであるとともに、海洋・大陸・島弧など地史の理解に欠かせない役割を持ち、古気候学や進化生物学とも深い関係を有している。生物とそれを取り巻く環境との間の相互作用の変遷、すなわち生態系の進化についての理解を深めるために、生物学的・生化学的アプローチの重要性も日に日に増している。本セッションでは、これら生命の歴史・進化と地球表層環境の変遷に関して、様々な専門分野の視点から総合的に議論したい。

13:45 ~ 14:00

[BPT05-01] 地球生命進化の加速の原因；大量絶滅によって形成される四層構造の地下生物圏が支配するゲノム進化の加速

*丸山 茂徳[1]、金井 昭夫[2]、鳴海 一成[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.慶應大学、3.東洋大学)

14:00 ~ 14:15

[BPT05-02] 軟体動物における系統-殻微細構造-アミノ酸組成の対応関係 ~アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた古生態系復元に向けて~

*湯上 直貴[1]、後藤（桜井） 晶子[2]、ジェンキンズ ロバート[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2.金沢大学理工研究域自然システム学系)

14:15 ~ 14:30

[BPT05-03] 正常巻頭足類のロッキング運動への殻形状の影響

*生形 貴男[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

14:30 ~ 14:45

[BPT05-04] 中期始新世の温暖化イベントMECOにおける環境変動

舛井 博紀[1]、*守屋 和佳[1] (1.早稲田大学 教育・総合科学学術院 地球科学専修)

14:45 ~ 15:00

[BPT05-05] 放散虫化石群集に基づいた中期ー後期中新世の北太平洋亜熱帯循環の変遷史

*上栗 伸一[1]、本山 功[2]、澤田 大毅[3] (1.茨城大学教育学部、2.山形大学理学部、3.石油資源開発（株）)

15:00 ~ 15:15

[BPT05-06] 滋賀県野洲川から産した鮮新世樹幹化石の化石化過程：有機地球化学分析によるアプローチ

*中村 仁哉[1]、沢田 健[2]、池田 雅志[1]、中村 英人[3]、塚腰 実[4] (1.北海道大学理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.大阪市立大学大学院理学研究科、4.大阪市立自然史博物館)

地球生命進化の加速の原因；大量絶滅によって形成される四層構造の地下生物圏が支配するゲノム進化の加速

Cause of accelerated evolution of Earth’s life; four-layered underground robust bio-communities played a critical role for the accelerated genome evolution as a response of mass extinction

*丸山 茂徳[1]、金井 昭夫[2]、鳴海 一成[3]
*Shigenori Maruyama[1], Akio Kanai[2], Issay Narumi[3]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 慶應大学、3. 東洋大学
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. keio University, 3. Toyo University

It has long been recognized the concept of five kingdom or six kingdom model which shows the life with difference of function and size. If believing Darwinian Evolution, how can we interpret the diversified distribution with primitive small microbes to the most evolved types of large life. If we consider the most evolved metazoans such as human being to be the result of increased free oxygen in atmosphere, why do the anoxic microbes remain on the surface.
We have engaged in the decoding Earth history Program over 30 years, and obtained the following six results, (1)Since the birth of life until 4.0Ga, three times of Great Evolution of Life (GEL) occurred, (2)Those evolutions were predominantly controlled by the pO_2 increase in the environments, (3)Underground bio-communities are present forming 4-layers with boundary layers, (4)Each layer corresponds to different pO_2 levels; the older the lower pO_2 , (5)In between the two, where two-way genome biomes are present, although speculative, and (6)These four layers could have been formed during the 3 GEL times, accompanying many mass extinctions. Those were remained as fossil environments where evolution stopped, because of no significant environmental changes, in spite of extremely severe surface environments with frequent mass extinction and resultant accelerated evolution of life.
The result corresponds to the concept of 5-6 Kingdom which suggests the preservation of biological communities with different level of pO_2 in environments. Through the Earth history, new GEC occurred with great change of pO_2 , the advanced life on the surface suffered mass extinctions due to exponentially decreased pO_2, instead the underground microbes invaded to the surface, and evolved there again. This is the entity of evolution of life on the earth. Therefore, the presence of robust 4 layered underground biological communities must have contributed to evolving life on this planet, in spite of severe environmental change of planets over 4.0 billion of years in the Universe, not by death, but evolved thorough GEL at 4.0Ga, 2.2Ga and 0.6Ga.

キーワード：酸素濃度、地下生物圏、進化の加速
Keywords: oxygen level, underground bio-community, accelaration of life's evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

軟体動物における系統-殻微細構造-アミノ酸組成の対応関係 ~アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた古生態系復元に向けて~

Amino acid composition in molluscan shells and its relation to taxa and shell microstructure ~ Toward reconstruction of ancient trophic level using compound specific isotope analysis of amino acids ~

*湯上 直貴[1]、後藤（桜井） 晶子[2]、ジェンキンズ ロバート[2]
*Naoki Yugami[1], Akiko Goto[2], Robert Jenkins[2]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、2. 金沢大学理工研究域自然システム学系
1. Graduate School of Natural Science & Technology. Kanazawa Univercity, 2. Institute of Science & Engineering . Kanazawa Univercity

「アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた栄養段階推定法」（Chikaraishi et al., 2009）を化石試料に応用する際に最も懸念すべき点は，化石試料中のアミノ酸が初生的であるかどうかである．化石試料の選定方法として，「微細構造に則したアミノ酸組成」を用いることに期待がされる．これは，Kobayashi and Samata (2006)による現生二枚貝綱における殻微細構造ごとにアミノ酸組成が異なることを示した研究に依っている．つまり，「化石殻体中に，殻体に観察される微細構造に特有なアミノ酸組成を有しているか」を見ることで，化石殻体内に保存されたアミノ酸がコンタミではなく，その貝が元来持っていたアミノ酸であるかの判別が可能となる．しかし，Kobayashi and Samata (2006)では二枚貝綱における微細構造ごとのアミノ酸組成の違いを示したのみで，同微細構造の系統関係における安定性は示されていない．また，論文ごとに求めるアミノ酸組成の画分や，用いる手法・機器も異なり，安易に論文ごとの比較ができないといった問題も挙げられる．そこで，本研究では，現生試料から軟体動物における微細構造ごとのアミノ酸組成の安定性を明らかにすることを目的とした．本研究では含有有機物量も多く，また，原始的な微細構造とされる真珠構造に含まれるアミノ酸組成について，二枚貝綱，腹足綱，頭足綱の各系統内および系統間で比較して，系統および微細構造ごとのアミノ酸組成の安定性を調べた．

本研究結果より，腹足綱と二枚貝綱の両者で，アミノ酸組成は「原始的グループ」と「派生的グループ」の2グループに大別されることが分かった．腹足綱の*Turbo sazae*，*Turbo mamoratus*，*Lunella coreensis*は同じ科に属すが，これらのアミノ酸組成は安定していた．また，二枚貝綱では，翼形亜綱と古異歯亜綱において，また原鰓亜綱において，それぞれアミノ酸組成は安定しており，翼形亜綱ー古異歯亜綱系統と原鰓亜綱系統においてはアラニン量などに相違がみられた．このことより，真珠構造のアミノ酸組成は，腹足綱では科内で安定，二枚貝綱では亜綱内で安定しているといえた．また，クラスター分析より，「腹足綱派生的グループ」と「二枚貝綱派生的グループ」は比較的近い関係性を示した．しかし，二枚貝綱・腹足綱において，殻形成に用いられるタンパク質は，それぞれ独立して獲得されてきた可能性が示唆されている（Mann et al., 2018）．これは，タンパク質の機能によって含まれやすいアミノ酸は決まってくるため，異なるタンパク質を有していてもアミノ酸組成は進化的に収斂し，類似したと考えられる．

本研究を通して，真珠構造の化石試料選別に用いるアミノ酸組成群を，*Nautilus*系，古腹足上目原始的グループ，古腹足上目派生的グループ，二枚貝綱原始的グループ（原鰓亜綱），二枚貝綱派生的グループ（翼形亜綱・古異歯亜綱）の5つに設定できた．つまり，これら各グループに属する種については，栄養段階分析に向けた化石試料の選別条件である「微細構造ごとのアミノ酸組成」の基準に照らして選別できるようになった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：アミノ酸、系統関係、栄養段階、軟体動物
Keywords: amino acids, Phylogenetic relationships, trophic level, molluscs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

正常巻頭足類のロッキング運動への殻形状の影響
Relation of shell form to rocking motion in planispiral cephalopods

*生形 貴男[1]
*Takao Ubukata[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Geology & Mineralogy, Department of Earth & Planetary Sciences, Kyoto University

In Recent *Nautilus*, thrust force produced by the hyponomic jet acts to rotate the shell resulting in a rocking motion during swimming. This instability is a potential problem for any other ectoconchleate cephalopods with planispiral conchs when they swim. A smaller distance between the center of gravity and center of buoyancy tends to cause a large rotation of the shell. For this reason, it has long been imagined that ammonoids with long body chambers are less stable than *Nautilus* during swimming. In contrast, it has also been considered that a long body chamber places the aperture higher and positions the hyponome at the same level of the center of gravity so that the hyponomic jet can act directly through the center of gravity. Previous discussions on static stability of ectoconchleate cephalopods largely focused on indirect assessment based on the aperture orientation and the position of the center of gravity and center of buoyancy. The present study assessed the angle of rocking motion for various shell forms of planispiral cephalopods to generalize the relationship between conch geometry and static stability. The angle of rocking motion was computed for theoretical morphologic models based on force and moment balance presuming a neutrally buoyant condition. The thrust force of hyponomic jet was assumed to be expelled from the ventral edge of the aperture and to generate a moment which is opposed by the restorative moment produced by inclination of segment between the center of gravity and center of buoyancy. Form drag and shear stress acting on the shell moving with respect to surrounding water were ignored in calculating the opposing moment. The inclination angle of the segment between the center of gravity and center of buoyancy was regarded as the angle of rocking motion and was computed for each theoretical model with given values of whorl expansion rate, relative umbilical width, and relative whorl breadth. The result revealed following: (1) The angle of rocking motion fluctuates with changes in the whorl expansion rate (*W*) if the value of *W* is small enough so that the body chamber is more than one whorl in length. In this condition, the rocking angle varies sensitively to the change in *W*. (2) The rocking angle is large when the shell is slender. (3) The rocking angle does not highly depend on the relative umbilical width. These results indicate that the long body chamber resulting from a small *W* does not always allow the animal stable swimming and a slight intraspecific or ontogenetic variation in *W* may cause drastic change in static stability in such form. The result suggests that such static instability limits swimming ability in some ammonoids with tightly coiled conchs.

キーワード：頭足類、静水力学、安定性
Keywords: cephalopods, hydrostatics, stability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中期始新世の温暖化イベントMECOにおける環境変動
Paleoenvironment aross the Meddle Eocene Climatic Optimum

舛井 博紀[1]、*守屋 和佳[1]
Hiroki Masui[1], *Kazuyoshi Moriya[1]

1. 早稲田大学 教育・総合科学学術院 地球科学専修
1. Department of Earth Sciences, Faculty of Education and Integrated Arts and Sciences, Waseda University

The Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) is an abrupt short-term global warming event that occurred about 40 Ma. Although this event is now reported from all across the world, the environmental impacts and biotic responses accompanying the event are still poorly understood. Since we are now faced with the threat of global warming, deeper understanding of past global warming events like the MECO is critical.

We present bulk carbonate stable isotope data, coarse fraction accumulation rates (CFAR), and planktic foraminiferal assemblage data spanning the MECO interval from International Ocean Discovery Program (IODP) Site U1408 in the Northwest Atlantic to assess environmental changes and biotic responses across the event. A negative shift in bulk $d^{18}O$ was observed from 40.6 Ma (the MECO onset) to 40.0 Ma (the peak MECO), followed by a sudden return to the background level by 39.9 Ma (the termination). A significant decline of CFAR was observed near the peak of the MECO (40.3 Ma-40.0 Ma). This may reflect a decline in planktic foraminiferal production due to starving caused by elevated metabolism coupled by limited availability of nutrients. In contrast, a sudden increase in bulk $d^{13}C$, CFAR, and eutrophic planktic foraminiferal genus, *Pseudohastigerina*, was observed immediately after the peak of the MECO (40.0-39.9Ma). This may indicate a sudden switch to the eutrophic environment and an increase in primary and planktic foraminiferal production. The termination of the warming might have caused continental aridification and resulted in an increased input of aeolian dust to the ocean. In addition, the relative abundance of photosymbiotic planktic foraminiferal genus, *Acarinina*, declined toward the peak of the MECO, while the relative abundance of another photosymbiotic genus, *Globigerinatheka* remained almost constant throughout the MECO. This may indicate the loss of photosymbiotic algae exclusively affected *Acarinina* during the event.

キーワード：Meddle Eocene Climatic Optimum
Keywords: Planktic foraminifers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

放散虫化石群集に基づいた中期ー後期中新世の北太平洋亜熱帯循環の変遷史

Reconstruction of the North Pacific subtropical gyre from the Middle to Late Miocene as inferred from radiolarian assemblages

*上栗 伸一[1]、本山 功[2]、澤田 大毅[3]
*Shin-ichi Kamikuri[1], Isao Motoyama[2], Taiki Sawada[3]

1. 茨城大学教育学部、2. 山形大学理学部、3. 石油資源開発（株）
1. Faculty of Education, Ibaraki University, 2. Faculty of Science, Yamagata University, 3. Japan Petroleum Exploration Co.,Ltd.

A major objective of the present study is to reconstruct gyral circulation patterns of the subtropical North Pacific from the middle to late Miocene based on the radiolarian assemblages. We collected the mudstones from ODP Site 1021 of the California margin in the northern area of the California Current, and from outcrops of the Boso Peninsula (Japan) in the northern area of the Kuroshio.
The middle Miocene subtropical Pacific was dominated by warm-water taxa, and similar taxa in the eastern and western areas. The distribution pattern of radiolarian faunas in the subtropical North Pacific was due to be similar in the surface water structure and temperature, and indicates that the general gyral circulation system was only weakly developed in the middle Miocene. During the late Miocene the cool-water taxa increased and the warm-water taxa declined overall in the subtropical Pacific. At the same time the east-west faunal provincialism increased. This faunal change has been associated with the resultant strengthening of the general gyral circulation in the subtropical Pacific due to the significant high latitude cooling and the closing of the Indo-Pacific Seaway at that time.

キーワード：北太平洋亜熱帯循環、中新世、放散虫群集
Keywords: North Pacific subtropical gyre, Miocene, radiolarian assemblage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

滋賀県野洲川から産した鮮新世樹幹化石の化石化過程：有機地球化学分析によるアプローチ

Fossilization processes of Pliocene tree fossils from the Yasu River, Shiga Prefecture, Japan: Organic geochemical approach

*中村 仁哉[1]、沢田 健[2]、池田 雅志[1]、中村 英人[3]、塚腰 実[4]
*Jinya Nakamura[1], Ken Sawada[2], Masashi A Ikeda[1], Hideto Nakamura[3], Minoru Tsukagoshi[4]

1. 北海道大学理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 大阪市立大学大学院理学研究科、4. 大阪市立自然史博物館
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Faculty of Science, Osaka City Univerisity, 4. Osaka Museum of Natural History

[はじめに] 滋賀県湖南市を流れる野洲川の河床では、後期鮮新世（約270万年前）の化石林が露出している。その樹木材化石の産状を見ると、内部は生きた木本来の組織構造や材の色を保存しているのに対し、表面部分は黒くくすんだ色に変色していて組織構造が喪失しているという状態のものが複数あった。この黒色化現象については特に詳細な検討がされておらず、その要因は不明である。本研究では、この樹幹化石について有機地球化学分析によって、分類群および樹幹化石の化石化過程・タフォノミーを検討した。

[試料と方法] 野洲川化石林に露出した樹幹化石から剥ぎ取ったものを試料として用いた。表面の黒化が進んだ部分、内部の生木のような褐色部分及びそれらの中間的な暗褐色部分の3か所を試料からピックアップした。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を用いて（遊離態）バイオマーカー分析を行った。また、抽出残渣はキューリーポイントパイロライザーを搭載したGC-MSにより熱分解および熱化学分解分析を行った。熱化学分解にはTMAHを用いた。

[結果と考察] 熱化学分解GC-MS分析の結果、バニリルフェノールが特に卓越して検出されたことから本試料は裸子植物であることが判明した。また遊離態バイオマーカー分析の結果、裸子植物が普遍的に持つフィロクラダンが卓越して検出されたこと、ヒノキ科に特徴づけられるクパラン型セスキテルペノイドが検出されたこと、メタセコイアなどに見られるスギオールが検出されなかったことなどから、本試料はヒノキ亜科であることが推定された。

内側の褐色部分は、生きた樹木が持ちうる成分が主要に検出され、生木のような非常に良い状態のままで保存されてきたことが示唆されている。表面部分の黒色化現象については、木材の燃焼などで熱を受けることによって多数生成される多環芳香族炭化水素（PAH）がほとんど検出されなかったことから、炭化作用による影響はほとんど受けていないものと考えられる。表面部分において、熱化学分解で得られた生成物が内側の褐色部分と比較して全体的に減少していたこと、さらに易分解性であるアルデヒドの比率が下がっていたことから、表面部分は何らかの分解を受けていることが推定された。

表面部分の遊離態成分として、芳香族化及びA環減成を受けたテルペノイドが検出された。これらは微生物分解作用によって生成されることが報告されており、表面部分の構造の変化には微生物分解の影響が大きいことが示唆された。表面部分でペリレンのような菌類由来の成分が検出されたこともそれを支持する結果である。また、熱化学分解で得られた生成物のうち、より複雑な構造であるメトキシフェノールの比率が表面部分で減少していることから、ゲル化（Gelification）が起こっていることが推定される。一方で、表面部分にはトリテルペノイドやアルキル脂質のような被子植物由来の遊離態成分が比較的目立って検出された。このことから、堆積物中で他の植物体に由来する遊離態成分が有意に存在し、それらが表面部分に吸着することが考えら

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

れる。これらの結果から、本試料は初期続成過程において微生物作用による分解とゲル化に代表される高分子化、および他の植物由来の遊離態成分の吸着が行われていると推定される。

キーワード：樹幹化石、化石化過程、微生物分解、植物テルペノイド、リグニンフェノール
Keywords: tree fossil, fossilization processe, microbial degradation, plant terpenoid, lignin phenol

©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30日(木) 13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[M-IS09] 最新の大気科学：ダスト

コンビーナ:石塚 正秀(香川大学)、黒崎 泰典(鳥取大学乾燥地研究センター)、関山 剛(気象庁気象研究所)、長島 佳菜(海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、座長:関山 剛

鉱物性ダストは強風により、地表面から発生し、地球内を長距離輸送する。その過程で、雲の形成や太陽放射の吸収・散乱により、気象・気候変化をもたらす。また、海洋に沈着すると、植物プランクトンに栄養塩を供給し、光合成を促進させ、雪氷に沈着すると、アルベドの変化をもたらす。日本などアジア地域では、黄砂現象として知られている。この黄砂現象を理解するためには、幅広い分野の融合が必要である。
発生過程では、乾燥域の地表面条件によってダスト発生量が大きく変化し、その条件を決めるためには、土壌や地形、植生、降水、砂漠、土壌劣化といった分野を扱う。輸送過程では、気象や大気エアロゾル、放射といった分野を扱う。沈着過程では、海洋、雪氷、人や家畜への健康といった分野を扱う。乾燥化や植生の変化は、国の政策や家畜の管理、人口増加といった社会科学的側面も有する。また、ダストや砂丘は地球だけでなく、火星・土星などの他の惑星にも共通する現象である。このように、一つ分野だけでは、ダスト現象を理解することはできず、本セッションを通して、多くの分野の研究者が議論し、情報共有を行うことが重要であり、研究者の交流を進める。

13:45 ~ 13:55

Introduction

13:55 ~ 14:15

[MIS09-01] 大気から海洋へ供給される鉱物および燃焼起源鉄を含んだエアロゾルの全球モデル解析

★招待講演

*伊藤 彰記[1]、山本 彬友[1]、渡辺 路生[1]、相田 真希[1]、Ye Ying[2] (1.海洋研究開発機構、2.アルフレッドウェゲナー極地海洋研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS09-02] イラン7都市の降水中に含まれる不溶性物質の鉱物組成と元素組成の地域的特徴

*横尾 頼子[1]、阪本 千尋[1]、北村 篤志[1]、安間 了[2]、Mehrabani Shiva[3] (1.同志社大学理工学部、2.徳島大学、3.Kurdistan University)

14:30 ~ 14:45

[MIS09-03] Comparison of airborne microbial variations in air samples from Asian-dust source and arrival regions

*牧 輝弥[1]、藤田 達之[1]、松葉 悠真[1]、黒崎 泰典[2]、石塚 正秀[3]、河合 慶[4]、岩坂 泰信[5] (1.金沢大学理工研究域、2.鳥取大学乾燥地研究センター、3.香川大学工学部、4.名古屋大学大学院環境研究科、5.環境創造研究センター)

14:45 ~ 15:00

[MIS09-04] 気象庁エアロゾルモデル(MASINGAR)を用いた越境大気汚染物質による健康影響予測

*大西 一成[1]、関山 剛[2]、黒崎 泰典[3]、篠田 雅人[4] (1.聖路加国際大学公衆衛生大学院／臨床研究支援ユニット、2.気象庁気象研究所、3.鳥取大学乾燥地研究センター、4.名古屋大学大学院環境学研究科)

15:00 ~ 15:15

[MIS09-05] Dust layer captured by an inversion layer over the Gobi Desert on 29–30 April 2015

*河合 慶[1]、西尾 優汰[2]、甲斐 憲次[1,3]、能田 淳[4]、Erdenebadrakh Munkhjargal[1,5]、篠田 雅人[1]、杉本 伸夫[6]、清水 厚[6]、Enkhbaatar Davaanyam[5,7]、Dashdondog Batdorj[8] (1.名古屋大学、2.気象庁、3.茨城大学、4.酪農学園大学、5.モンゴル気象水文環境情報研究所、6.国立環境研究所、7.筑波大学、8.モンゴル気象環境監視庁)

大気から海洋へ供給される鉱物および燃焼起源鉄を含んだエアロゾルの全球モデル解析

Global modeling study of atmospheric supply of lithogenic and pyrogenic Fe-containing aerosols to the ocean

*伊藤 彰記[1]、山本 彬友[1]、渡辺 路生[1]、相田 真希[1]、Ye Ying[2]
*Akinori Ito[1], Akitomo Yamamoto[1], Michio Watanabe[1], Maki Noguchi Aita[1], Ying Ye[2]

1. 海洋研究開発機構、2. アルフレッドウェゲナー極地海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

大気から海洋へと供給されるエアロゾルは、海洋表層の栄養塩（窒素、リン、鉄）濃度を変化させることで、植物プランクトン（一次生産者）を起点とした食物連鎖（海洋生態系）に影響を与える。しかし、海洋へのエアロゾル供給量が、海水中の溶存鉄濃度および海洋生態系へ与える定量的な影響についてはよく理解されていない。本研究では、全球エアロゾル化学輸送モデルと2種類の海洋物質循環モデルを用いて、大気から海洋へ供給される溶存鉄供給量の違いが海水中の溶存鉄濃度へ与える影響に関して議論する。

標準実験では、全球エアロゾル化学輸送モデルで鉱物および燃焼起源鉄を含んだエアロゾルに対して、大気中での化学的変質過程を考慮に入れた。それに対して、鉱物起源エアロゾルのみを用いて、大気中での化学変質過程を考慮に入れた場合とダスト中の鉄濃度と鉄溶解率を固定した場合との感度実験を行った。

感度実験結果によると、東アジアの風下に当たる北太平洋亜寒帯において、2種類の海洋物質循環モデルは、付加した鉱物および燃焼起源鉄がもたらす植物プランクトンの増殖に類似した空間分布を示した。一方、その応答強度には大きな違いが見られた。さらに、北太平洋域では、観測データ数としては少ないながらも、大気モデルでは再現できないほど、エアロゾル中で高い溶存鉄濃度を示す観測データが得られている。そのため、東アジア域から大気を通して北太平洋へと供給される溶存鉄の動態に関する理解を深める必要がある。

キーワード：鉱物起源ダスト、燃焼起源エアロゾル、大気からの栄養塩供給
Keywords: Mineral dust, Combustion aerosols, Iron deposition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

イラン7都市の降水中に含まれる不溶性物質の鉱物組成と元素組成の地域的特徴

Regional variations in the elemental and mineral compositions of solid particles in rainwater in Iran

*横尾 頼子[1]、阪本 千尋[1]、北村 篤志[1]、安間 了[2]、Mehrabani Shiva[3]
*Yoriko Yokoo[1], Chihiro Sakamoto[1], Atsushi Kitamura[1], Ryo Anma[2], Shiva Mehrabani[3]

1. 同志社大学理工学部、2. 徳島大学、3. Kurdistan University
1. Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 2. Tokushima University, 3. Kurdistan University

大気降下物は大気を浮遊して直接沈着する乾性降下物と，雨に取り込まれて降水と共に降下する湿性降下物に分けられる．大気降下物は海塩や土壌のような自然由来の物質と人間活動による汚染物質を含む．本研究ではイランの降水中の不溶性物質（以下，ダスト）の鉱物組成と元素組成を調べ，その地域的特徴を明らかにした．

調査地はイラン西部の4都市（Ilam, Ahvaz, Hamedan, Shiraz）とイラン東部の３都市（Mashhad, Birjand, Zahedan）である．西部では2014年10月から2015年7月まで，東部では2016年1月から2017年1月まで1か月毎に採取した降水を，降雨のない月は漏斗とタンクを500 mℓ超純水で洗浄して回収した．試料は孔径0.2 μmメンブレンフィルターを用いて現地でろ過した．フィルターの重量を電子天秤で測定し，ダスト重量を求めた．メンブレンフィルターを超純水で洗浄してダストを分取した．乾燥させたダストをめのう乳鉢で粉砕しX線回折装置を用いて，鉱物組成分析を行った. 混酸でダストを溶かし，ICP質量分析計で元素濃度を分析した．

東部は西部と比べ，どの月でもダスト量が多かった．特にMashhadとZahedan の6～8月の乾季とBirjandの試料でダスト量が多い．イラン東部にはカヴィール砂漠やルート砂漠が広がっており，それらの砂塵がダストに含まれたと考えられる．

石英と長石のピークが全てで検出され，西部では多くの試料に方解石が含まれていたが，東部では方解石のピークが検出されない試料が多かった．西部におけるダストのCa, NaおよびK濃度はそれぞれ0.45～29.33%，0.24～0.82%，0.49～1.94%であるのに比べて，東部のダストの方が，Ca濃度は0.97～6.23%と低く，NaとK濃度は0.59～2.74%，0.88～3.15%と高かった．方解石が多く含まれていた西部のダストとBirjandのダストにおいて，Ca濃度が高いことから，ダスト中のCaは方解石に由来する．西部では乾季のダストは雨季より方解石に富み，この方解石は西部に分布する石灰岩地帯や乾燥地に，東部では砂漠に由来すると考えられる．東部のMashhadとZahedanでは方解石がほとんど含まれないが，Ca濃度が高いダストが見られた．西部に比べてNaとK濃度が高く，長石を含むことから，Caの一部は長石に由来すると考えられる．

濃縮係数（$[X_{試料}/Al_{試料}]/[X_{地殻}/Al_{地殻}]$，X：任意の元素）は，西部ではCd, Sb, Pb, As，東部ではNi, Zn, As, Cd, Sbの最大値が10以上であった．濃縮係数が10以上であると，人間活動が影響していると考えられる．Asは石油やガソリンの燃焼，Pbは精錬活動で排出され，これらは西部で値が大きいので，西部では石油産業の大気への影響が大きく，東部では小さいと考えられる．

キーワード：不溶性物質、元素組成、鉱物組成、西アジア
Keywords: insoluble substance, elemental composition, mineral composition, West Aisa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Comparison of airborne microbial variations in air samples from Asian-dust source and arrival regions

*牧 輝弥[1]、藤田 達之[1]、松葉 悠真[1]、黒崎 泰典[2]、石塚 正秀[3]、河合 慶[4]、岩坂 泰信[5]
*Teruya Maki[1], Tatsuyuki Fujita[1], Yuuma Mastuba[1], Yasunori Kurosaki[2], Masahide Ishizuka[3], Kei Kawai[4], Yasunobu Iwasaka[5]

1. 金沢大学理工研究域、2. 鳥取大学乾燥地研究センター、3. 香川大学工学部、4. 名古屋大学大学院環境研究科、5. 環境創造研究センター
1. College of Science and Engineering, Kanazawa University, 2. Arid Land Research Center, Tottori University, Tottori University, 3. Faculty of Engineering, Kagawa University, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Universit, 5. Center for Environmental Creative Studies

Aerosol dust is emerging as a significant vehicle for long-range transport of microorganisms. Nonetheless, many factors relating to this highly influential dispersal mechanisms remain unresolved, including the variation in dispersal bacterial communities during stochastic desert dust events, and the effect of aerosol transit over continental and oceanic surfaces to these communities. Here we elucidated bacterial 16S rRNA gene and fungal ITS-defined changes in airborne microbial communities at Asian-dust source regions (Gobi) and arrival regions (Japan) both lying along the trajectory for dust-event transport. Aerosols collected in the both regions generally reflected local origin from freshwater, marine, plant, or animal sources. In particular, dust events in the Gobi Desert increased these microbial cells and mineral particles to more than ten folds of concentrations. After dust-events occurrences in desert areas, the spore-forming microorganisms (bacteria: Bacillaceae, fungi: Davidiellaceae) and organic-aggregating bacteria (Cytophagaceae) showed high relative abundances, suggesting the survival of some microbes against strict atmospheric stressors over desert. These stress-resistance microbial populations were frequently dominated during Asian-dust evens over Japan, which are located cross China industrial area and Japan Sea. Presumably, atmospheric stressors over desert transit over deserts, anthropogenic polluted areas and oceanic waters strongly selects for airborne microbial populations through atmospheric stressors.

キーワード：バイオエアロゾル、長距離輸送、微生物
Keywords: bioaerosol, long range transport, microorganisms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気象庁エアロゾルモデル(MASINGAR)を用いた越境大気汚染物質による健康影響予測

Prediction of health effects of cross-border atmospheric pollutants using the Model of Aerosol Species in the Global Atmosphere (MASINGAR)

*大西 一成[1]、関山 剛[2]、黒崎 泰典[3]、篠田 雅人[4]
*Kazunari Onishi[1], Thomas Sekiyama[2], Yasunori Kurosaki[3], Masato Shinoda[4]

1. 聖路加国際大学公衆衛生大学院／臨床研究支援ユニット、2. 気象庁気象研究所、3. 鳥取大学乾燥地研究センター、4. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Public Health, Support Unit for Conducting Clinically Essential Studies, St.Luke's International University, 2. Meteorological Research Institute, 3. Arid Land Research Center, Tottori University, 4. Graduate School of Environmental Studies Nagoya University

【背景】近年、越境大気汚染物質による健康影響について関心が高まっており、エアロゾル飛来予測のデータが公表されるなど、利用可能な情報が整備されつつある。しかしながら、飛来予測データと健康影響との関連についてはこれまで報告がない 。

【目的】気象庁のエアロゾル飛来予測 データと住民 の自覚症状との関連を調べ、健康への短期的影響を予測する指標としての有用性を検討した。

【方法】越境大気汚染の飛来時期である2011年の秋（10月～11月）に鳥取県の住民に対して実施した自記式日記式の自覚症状調査の結果からアレルギー様 症状のスコアを得た。予測データは、気象庁のMASINGAR(Model of Aerosol Species in the Global Atmosphere) で、越境由来成分の地表濃度を計算した。さらに、大気浮遊粒子状物質の観測値としてSPM濃度およびLIDAR の球形物質の消散係数を用いた。性別、年齢、気温、湿度、気圧を調整し、一般化推定方程式を用いて解析を行った。調査期間中に、29人の参加者から1670件の回答を得た。

【結果】我々は、硫酸エアロゾルにおける予測モデル値と呼吸器症状において有意な相関を得た($r = 0.545$, $p < 0.01$)。四分位に分けた硫酸エアロゾル濃度が高い時[Q4]は、一番低い時[Q1]に対する呼吸器症状のオッズ比が5.31（95%CI：2.18 - 12.96）となり、有意なリスクの上昇を示した。ダスト濃度が高い時、[Q4]は、一番低い時[Q1]に対する呼吸器症状のオッズ比が3.32（95%CI：0.90 - 12.27）とリスク上昇を示したが有意ではなかった。また、予測した硫酸エアロゾル濃度と観測値であるSPM濃度とLIDARの消散係数は中等度の相関となっており、今後の精度向上が期待される($r = 0.542, 0.457$, いずれも$p < 0.01$)。

【考察】11月秋は、春に次いで第2の黄砂シーズンではあるが、調査時期には大規模な黄砂は見られなかったため、ダストと症状との関係は綺麗に出なかったと推測する。一方で、予測された越境大気汚染濃度と実際の自覚症状との関係が示唆され、医学と気象学の融合の有用性を示した。

【結論】本研究において、越境大気汚染物質の短期曝露が呼吸器症状を引き起こす日を予測できる可能性が示唆された。健康予報としてMASINGARのデータを応用できる可能性がある。

キーワード：大気汚染、健康予報、エアロゾル予報
Keywords: Atmospheric air pollution, Health forecast, Aerosol forecast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dust layer captured by an inversion layer over the Gobi Desert on 29–30 April 2015

*河合 慶[1]、西尾 優汰[2]、甲斐 憲次[1,3]、能田 淳[4]、Erdenebadrakh Munkhjargal[1,5]、篠田 雅人[1]、杉本 伸夫[6]、清水 厚[6]、Enkhbaatar Davaanyam[5,7]、Dashdondog Batdorj[8]
*Kei Kawai[1], Yuta Nishio[2], Kenji Kai[1,3], Jun Noda[4], Erdenebadrakh Munkhjargal[1,5], Masato Shinoda[1], Nobuo Sugimoto[6], Atsushi Shimizu[6], Enkhbaatar Davaanyam[5,7], Dashdondog Batdorj[8]

1. 名古屋大学、2. 気象庁、3. 茨城大学、4. 酪農学園大学、5. モンゴル気象水文環境情報研究所、6. 国立環境研究所、7. 筑波大学、8. モンゴル気象環境監視庁
1. Nagoya University, 2. Japan Meteorological Agency, 3. Ibaraki University, 4. Rakuno Gakuen University, 5. Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Mongolia, 6. National Institute for Environmental Studies, 7. University of Tsukuba, 8. National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring, Mongolia

Asian dust originates in arid and semi-arid regions of East Asia, such as the Gobi Desert and the Taklimakan Desert. If the dust emitted from the ground surface reaches the free troposphere, it can be transported toward the Pacific Ocean over a long range by the westerlies. Therefore, the vertical distribution of dust over the source region is a key factor of the long-range transport of dust. In the Gobi Desert, a ceilometer (compact lidar) observation has been conducted at Dalanzadgad, Mongolia, since the end of April 2013. The ceilometer observed a developed dust storm over the ground and a dust layer at a height of 1.2–1.8 km on 29–30 April 2015. According to SYNOP reports, this dust storm had already developed in the upwind region before arriving at Dalanzadgad. This feature was consistent with the sudden increase of the ceilometer observation values. Then, the dust was lifted to a height of 1.2–1.8 km, and the dust layer was observed at almost the same height for 12 hours by the ceilometer. During this dust event, radiosonde observation at Dalanzadgad showed an inversion layer at a height of 1.2–1.5 km over cold air. These results suggest that the dust layer was captured by the inversion layer, which prevented the dust from reaching the free troposphere and restrained the long-range transport of the dust by the westerlies. This study was supported by Research Fellowships of Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) for Young Scientists and by Grants-in-Aid for Scientific Research from the JSPS (16H02703, 17H01616, and 18J12795).

キーワード：黄砂・アジアダスト、砂塵嵐・ダストストーム、長距離輸送、シーロメーター、ライダー、ゴビ砂漠
Keywords: Asian dust, dust storm, long-range transport, ceilometer, lidar, Gobi Desert

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[M-IS09] 最新の大気科学：ダスト

コンビーナ:石塚 正秀(香川大学)、黒崎 泰典(鳥取大学乾燥地研究センター)、関山 剛(気象庁気象研究所)、長島 佳菜(海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、座長:長島 佳菜

鉱物性ダストは強風により、地表面から発生し、地球内を長距離輸送する。その過程で、雲の形成や太陽放射の吸収・散乱により、気象・気候変化をもたらす。また、海洋に沈着すると、植物プランクトンに栄養塩を供給し、光合成を促進させ、雪氷に沈着すると、アルベドの変化をもたらす。日本などアジア地域では、黄砂現象として知られている。この黄砂現象を理解するためには、幅広い分野の融合が必要である。

発生過程では、乾燥域の地表面条件によってダスト発生量が大きく変化し、その条件を決めるためには、土壌や地形、植生、降水、砂漠、土壌劣化といった分野を扱う。輸送過程では、気象や大気エアロゾル、放射といった分野を扱う。沈着過程では、海洋、雪氷、人や家畜への健康といった分野を扱う。乾燥化や植生の変化は、国の政策や家畜の管理、人口増加といった社会科学的側面も有する。また、ダストや砂丘は地球だけでなく、火星・土星などの他の惑星にも共通する現象である。このように、一つ分野だけでは、ダスト現象を理解することはできず、本セッションを通して、多くの分野の研究者が議論し、情報共有を行うことが重要であり、研究者の交流を進める。

15:30 ~ 15:45

[MIS09-06] アンサンブルシミュレーションを用いた火星におけるダスト拡大地域の特定

*小郷原 一智[1]、磯田 祥吾[1] (1.滋賀県立大学工学部)

15:45 ~ 16:00

[MIS09-07] 原子間力顕微鏡を用いた個別エアロゾル粒子の付着力測定

*大野 耕平[1]、水島 悠希[4]、岩田 歩[3]、古家 正規[1]、土屋 望[1]、松木 篤[2] (1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター、3.慶應義塾大学理工学部、4.金沢大学理工学域)

16:00 ~ 16:15

[MIS09-08] Occurrence of micro-meso scale dust storms and its relationship to the vegetation and topography in Mongolian grassland and Gobi Desert

*甲斐 憲次[1]、河合 慶[2]、牧 輝弥[3]、能田 淳[4] (1.茨城大学教育学部、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.金沢大学理工研究域、4.酪農学園大学獣医学類)

16:15 ~ 16:30

[MIS09-09] A trial of elucidation for dust emission conditions in East Asia by synoptic data analyses and a field observation

*黒崎 泰典[1]、武 靖[1]、Buyantogtokh Batjargal[1]、石塚 正秀[2]、Batdelger Gantsetseg[3] (1.鳥取大学、2.香川大学、3.IRIMHE, Mongolia)

16:30 ~ 16:45

[MIS09-10] Monitoring and assessing aeolian desertification processes based on a dust erodibility index – A case study in the Xilingol grassland, China

*Jing Wu[1]、Yasunori Kurosaki[1]、Chunling Du[2]、Tao Wang[3] (1. Arid Land Research Center, Tottori University、2.School of Economics and Management, Inner Mongolia Agricultural University、3.Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences)

16:45 ~ 17:00

[MIS09-11] 中国内モンゴル草原における地表面状況と人間活動のダストに与える影響

*咏 梅[1]、篠田 雅人[2]、バンザラクチ ナンデンチチゲ[2] (1.中国内モンゴル師範大学、2.名古屋大学)

アンサンブルシミュレーションを用いた火星におけるダスト拡大地域の特定

Favorable regions for dust haze transport revealed by ensemble simulations

*小郷原 一智[1]、磯田 祥吾[1]
*Kazunori Ogohara[1], Shogo Isoda[1]

1. 滋賀県立大学工学部
1. School of Engineering, University of Shiga Prefecture

Dust is the major source of the solar heating in the Martian atmosphere and then drives the circulation of dust itself. Dust events (dust storms, dust devils and dust haze) are disasters in the Mars atmosphere near the surface because they can generate strong winds and block sunlight almost completely. Statistics of dust events have been studied by analyzing atmospheric temperature, dust optical depth and visible images observed by successive orbiters, landers and rovers. Active areas of local dust storms, including curvilinear and textured storms have been identified observationally. The tendency of such small scale dust events should be affected by the large scale atmospheric conditions such as thermal or dynamical stabilities. Activity of regional dust storms has been investigated using the vast number of images observed by Mars Orbiter Camera onboard Mars Global Surveyor (MGS/MOC) and MARs Color Imager onboard Mars Reconnaissance Orbiter (MRO/MARCI). They tend to break out near the storm zones in the northern mid-latitudes and are probably very linked to baroclinic instability and the fronts. Although mechanisms of the growth, maintenance and decay of global dust storms have not been well investigated, most of global dust storms started in the southern spring to summer seasons as regional storms were merging with each other.
Questions about the mechanisms of dust storms and haze are as follow:
- Why does a dust storm/haze break out?
- Why does the dust storm/haze expand?
Mechanisms of initiation and maintenance of local dust storms will be understood and categorized into a few types in the near future by statistical studies. They can be also inferred from observations and theories of terrestrial dust storms. However, there are local dust storms also in the northern mid-latitudes. Why do not the local storms grow into regional dust storms? Why do not all regional dust storms merge with each other? Ogohara and Satomura (2011) found five favorable regions for expansion of local dust haze (FRs) and revealed what kind of the atmospheric phenomena controls the dust haze transport around such regions. However, it still remains unclear whether these five FRs are also favorable for dust haze transport climatologically because they performed just a single year calculation. Thus, we identify the climatologically robust FRs in this study by ensemble simulations. If such FRs were found, atmospheric phenomena characteristic of the FRs would govern the dust transport around there.
Each ensemble simulation is performed in the same manner as that by Ogohara and Satomura (2011). Although they could not separate injected dust from the background dust due to the model architecture, wee modify the model in this study so that I can treat the injected and background dust separately. The first spin-up run started from an isothermal (220 K) condition with constant surface pressure (6.4 hPa) and no wind over the entire planet. Fifty kinds of small disturbances are added to the temperature output data of the first spin-up run. The small disturbances of temperature at each sigma level are normal random numbers. The standard deviation of the distribution function is 0.01 times of the standard deviation of temperature at the sigma level of the first spin-up result. The second spin-up runs are

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

performed for 1 MY from L_s=180 independently using the 50 kinds of the output data of the first spin-up run with small disturbances as the initial data. After these spin-up runs, fifty global maps of dust haze expansion potential are made using the output data from the 50 kinds of the second spin-up runs as the initial data. The maps of dust haze expansion potential clearly show that there are a few robust FRs in the northern fall season. Also, it turns out that standard deviations of dust haze expansion are significantly higher in the northern high latitudes than in the low latitudes. The reasons why dust tends to expand around the robust FRs are the same as those explained by Ogohara and Satomura (2011). However, high ensemble standard deviation in dust haze expansion is clearly shown at the first time by this study. In the presentation, we will show when dust haze tends to spread extensively and when it does not.

キーワード：火星、ダストストーム、アンサンブルシミュレーション
Keywords: Mars, dust storm, ensemble simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原子間力顕微鏡を用いた個別エアロゾル粒子の付着力測定
Measurement of adhesion force of individual aerosol particles by atomic force microscopy

*大野 耕平[1]、水島 悠希[4]、岩田 歩[3]、古家 正規[1]、土屋 望[1]、松木 篤[2]
*Kohei Ono[1], Yuki Mizushima[4], Ayumi Iwata[3], Furuya Masaki[1], Nozomu Tsuchiya[1], Atsushi Matsuki[2]

1. 金沢大学大学院自然科学研究科、2. 金沢大学環日本海域環境研究センター、3. 慶應義塾大学理工学部、4. 金沢大学理工学域
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 3. Faculty of Science and Technology, Keio University, 4. College of Science and Technology, Kanazawa University

原子間力顕微鏡によるフォースカーブマッピングから個別エアロゾル粒子の付着力を定量的に評価する手法を開発した。この手法を検証するため、まずモデル大気エアロゾルとしてPSL、硫酸アンモニウム、石英砂を対象にフォースカーブマッピング測定を実施し、付着力の分布と代表値が取得できることを確認した。その後、実大気中エアロゾル粒子への応用として、金沢大学キャンパス内で採集された長距離輸送後の黄砂を対象に付着力測定を実施した。走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型X線分析(SEM-EDX)によって実大気エアロゾル粒子のタイプを同定し、粒子の種類間で付着力の比較を行った。変質したケイ酸塩主体の黄砂粒子は変質前の黄砂粒子よりも付着力が増加しており、硫酸塩エアロゾルや海塩粒子といった無機塩粒子の付着力に近い値を示した。Ca-richな黄砂はケイ酸塩主体の粒子よりも大きな付着力を持っており、変質黄砂粒子の化学組成の違いによる付着力の差が明らかとなった。さらに、有機物に富むと考えられるいくつかの粒子は、変質したCa-rich黄砂粒子よりもさらに高い付着力を示した。以上の結果は、内部混合粒子の付着力評価におけるフォースカーブマッピングの有効性と同時に、個別粒子レベルで付着力を評価する必要性を示すものである。

キーワード：黄砂、原子間力顕微鏡(AFM)、付着力、長距離輸送、沈着、変質
Keywords: Asian dust, Atomic Force Microscopy(AFM), adhesion force, long-range transport, deposition, aging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Occurrence of micro-meso scale dust storms and its relationship to the vegetation and topography in Mongolian grassland and Gobi Desert

*甲斐 憲次[1]、河合 慶[2]、牧 輝弥[3]、能田 淳[4]
*Kenji Kai[1], Kei Kawai[2], Teruya Maki[3], Jun Noda[4]

1. 茨城大学教育学部、2. 名古屋大学大学院環境学研究科、3. 金沢大学理工研究域、4. 酪農学園大学獣医学類
1. College of Education, Ibaraki University , 2. Nagoya University, 3. Kanazawa University, 4. Rakuno-Gakuen University

Gobi Desert and Mongolian grassland are one of the main sources of the Asian dust. In order to investigate the occurrence of micro-meso scale dust storms and its relationship to the vegetation and topography, we conducted moving observations running across the Gobi Desert from Ulaanbaatar to Dalanzadgad in springs of 2015-2017. An optical particle counter (OPC: Aerotrak 9306-V2), a sunphotometer (Microtops II) and meteorological instrument were installed in a car.

The vegetation had a suppression effect on the dust emission. Number concentrations of coarse particles (1-10 μm) decreased from the desert to the grassland. They had significant negative correlations with the vegetation (NDVI) from 3 μm to 10 μm, but the number concentration at 0.3 –0.5 μm had little correlation to the vegetation.

During the moving observations, we found a hotspot of dust storms in the Gobi Desert. An analysis of Himawari-8 Dust RGB clearly shows that the hotspot appeared at a jointing point of two valleys, a bottleneck and an exit of a valley.

In summary, the horizontal distribution of number concentrations of aerosol particles reflected the surface vegetation. Locations of the hotspot were determined by a local topography such a jointing point of two valleys.

キーワード：アジアダスト、ひまわり8号DustRGB、ダストストームのホットスポット
Keywords: Asian dust, Himawari-8 Dust RGB, Hotspot of dust storms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A trial of elucidation for dust emission conditions in East Asia by synoptic data analyses and a field observation

*黒崎 泰典[1]、武 靖[1]、Buyantogtokh Batjargal[1]、石塚 正秀[2]、Batdelger Gantsetseg[3]
*Yasunori Kurosaki[1], Jing Wu[1], Batjargal Buyantogtokh[1], Ishizuka Masahide[2], Batdelger Gantsetseg[3]

1. 鳥取大学、2. 香川大学、3. IRIMHE, Mongolia
1. Tottori University, 2. Kagawa University, 3. IRIMHE, Mongolia

Mineral dust particles are blown up into the free atmosphere by sand-dust storm (SDS) in drylands, and they are broadly distributed by wind in the upper atmosphere. SDS is a type of disaster in drylands, which sometimes kills people and animal, destroys infrastructure, reduces merchandise value of livestock etc. In downwind regions like Japan, there is reports on its health effect. In the global scale, there are many reports about their effects on climate via direct and indirect effects of radiation. Many researchers have developed numerical dust model to avoid such damages, but their accuracy is still low, especially in its emission phase (Uno et al. 2006; Carmichael et al. 2008).

We can divide causes of dust emission (in other words, wind erosion) into erosivity (i.e., ability of wind to cause erosion) and erodibility (i.e., susceptibility of soil and land surface to wind erosion represented by the threshold wind speed for dust emission). Erosivity can be expressed by one parameter, which is wind speed and accuracy for its observation and its forecast is relatively reliable. On the other hand, erodibility has many parameters relating with soil and land surface such as soil particle size, soil wetness, crust, soil freeze, snow cover, vegetation cover, and we have a very big hurdles for monitoring all with high accuracy. This can be a big reason of low accuracy of dust emission modeling.

Tottori University set up a dust monitoring system at Tsogt-Ovoo, Mongolia, which is located in a northern part of the Gobi Desert. We have clarified that effects of soil crust (Ishizuka et al. 2012 SOLA), vegetation cover in topographic depression (Gantsetseg et al. 2017 J. of Arid Land), stone (Buyantogtokh et al. 2019 in preparation), dead leaves on erodibility. We also have conducted analyses of wind and present weather data included in synoptic report to elucidate dust emission conditions, which differs place by place. Kurosaki et al. (2011 GRL) clarified that dust emission frequencies increased at many synoptic meteorological observatories in East Asia from 1990s to 2000s and the major causes are in increased erodibility, which can be shown by reductions of threshold wind speed. Wu et al. (2016 SOLA) clarified that the major causes for dust emission are different station by station in East Asia. Wu et al. (2019 in preparation) clarified that effect of livestock number at Abaga Qi, which is located at Xilingol Grassland, China.

キーワード：乾燥地、風送ダスト、風食、侵食能、受食性
Keywords: drylands, aeolian dust, wind erosion, erosivity, erodibility

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monitoring and assessing aeolian desertification processes based on a dust erodibility index –A case study in the Xilingol grassland, China

*Jing Wu[1], Yasunori Kurosaki[1], Chunling Du[2], Tao Wang[3]

1. Arid Land Research Center, Tottori University, 2. School of Economics and Management, Inner Mongolia Agricultural University, 3. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences

Aeolian desertification is land degradation characterized by wind erosion, which is dependent on erosivity and erodibility. Progressive aeolian desertification causes dust to occur frequently, which has negative impacts on the environment and human health. To effectively prevent the expansion of aeolian desertification, it is crucial to monitor the processes of aeolian desertification and understand its mechanism(s). However, due to its complexity, it is difficult to apply a common indicator for monitoring desertification status.
In this study, we assessed aeolian desertification by using a dust erodibility index as an indicator that reflects the vulnerability of the land surface to wind erosion. We used dust occurrence ratio (DOR), which was calculated as the ratio of the frequency of dust occurrence to the frequency of strong winds, to represent the status of aeolian desertification. We evaluted aeolian desertification procesess at one site (Abaga-Qi) in the Xilingol grassland during the period 1974–2013. DOR values during 2001–2013 were notably higher than those in 1974–2000, indicating that land surface conditions became vulnerable to wind erosion in recent years. However, the DOR values trended lower from 2001 to 2013, corresponding to periods in which restoration projects were implemented aimed at combating desertification in China. To understand the mechanism(s) underlying aeolian desertification after the implementation of restoration projects, we conducted multiple regression analysis of climatic variables (precipitation and temperature) and an anthropogenic variable (livestock number) on recent variations (2001–2013) in aeolian desertification. Stepwise multiple regression results indicate that the recent decline in DOR values was associated with abundant precipitation and low temperature during summer of the previous year and a small livestock population at the end of the previous year. Livestock reduction made the greatest contribution. Our results suggest that aeolian desertification can be effectively reversed by reducing the number of livestock in the Xilingol grassland.

Keywords: desertification, erodibility, climate change, human activity, livestock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中国内モンゴル草原における地表面状況と人間活動のダストに与える影響
Influences of land surface conditions and human activities on dust events in Inner Mongolian grasslands, China

*咏 梅[1]、篠田 雅人[2]、バンザラクチ ナンデンチチゲ[2]
*Mei Yong[1], Masato Shinoda[2], Nandintsetseg Banzragch[2]

1. 中国内モンゴル師範大学、2. 名古屋大学
1. Inner Mongolia normal university, 2. Nagoya university

Aeolian processes in temperate grasslands (TGs) are unique in that the plant growth–decay cycle, soil moisture, and land-use interactivity affect seasonal and interannual variations of dust events. When compared with Mongolian TGs, Inner Mongolian TGs are characterized by unique land-uses (settle grazing and grass mowing). Since 2003, to prevent desertification and dust storms, land-uses have been controlled by the grassland protection law. We used process-based ecosystem (DAYCENT) and statistical models as well as dust event observations during March–June 1981–2015 to (1) identify critical land surface factors that control dust emission (soil moisture and vegetation components; live grasses, standing dead grasses and litter) in Inner Mongolian steppe and desert steppe sites, and (2) estimate the impacts of the controlled land-use law on dust events. The DAYCENT model realistically simulated dynamics of the vegetation components and soil moisture that were captured by observations (2005–2015). Results showed that at both sites, the spring dust events had a similar amplitude of significant correlation with wind speed and a combination of all the surface factors that retained anomalies (memory) of the preceding year. Among the surface factors, vegetation was a critical dust suppressing factor in Inner Mongolian TGs, similar to Mongolian TGs. Importantly, in the desert steppe, the standing dead grasses had the strongest memory and simultaneous significant correlation with the dust events, while no significant correlations were found in the steppe. This suggests that in the steppe, intensive grazing and mowing resulted in smaller dead grasses and a negligible effect on dust events. Moreover, simulations of dust events under controlled land-use (light grazing) and uncontrolled conditions (heavy grazing) showed that since 2003, the grassland protection law resulted in reduced dust events by 25% and 40% in the steppe and desert steppe, respectively.

キーワード：ダスト、DAYCENTモデル、植生構成、土壌水分、シリンゴル草原
Keywords: Dust events, DAYCENT model, Vegetation components, Soil moisture, Xilingol grassland

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールB 2F

[M-IS12] 津波堆積物

コンビーナ:千葉 崇(秋田県立大学生物資源科学部)、篠崎 鉄哉(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、石村 大輔(首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室)、座長:石村 大輔(首都大学東京大学院都市環境科学研究科)

2011年東北地方太平洋沖地震・津波は津波堆積物研究の一つの契機となり、国内外の様々な分野の研究者がこれまで以上に精力的に調査・解析に取り組んでいる。日々新たな知見が蓄積されているものの、津波堆積物の認定基準やその活用方法は今なお確立されたとは言えない。本セッションは、陸上および海洋底の津波堆積物の特徴、古津波堆積物の認定、形成年代の推定精度の向上、認定基準の確立、津波履歴・規模の推定など津波リスク評価に資する研究に加え、津波堆積物を認定する上で重要となる洪水や高潮など、津波以外のイベント堆積物に関する発表も広く募集する。

9:00 ~ 9:15

[MIS12-01] 北海道太平洋沿岸日高南部における海水準変動の影響を受けた津波・洪水履歴

*中西 諒[1]、岡村 聡[1,2]、嵯峨山 積[3]、横山 祐典[4]、宮入 陽介[4] (1.北海道教育大学　札幌校、2.北海道土質試験協同組合、3.北海道総合地質学研究センター、4.東京大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS12-02] 千島海溝沿岸の地震性バリアーシステムに認められる17世紀超巨大地震による海岸隆起と大津波の発生時期の前後関係

*七山 太[1,5]、渡辺 和明[1]、深津 恵太[2]、長谷川 健[4]、重野 聖之[3]、石井 正之[6]、石渡 一人[7]、猪熊 樹人[8] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2.野付半島ネイチャーセンター、3.明治コンサルタント株式会社、4.茨城大学、5.熊本大学　くまもと水資源・減災研究教育センター、6.石井技術士事務所、7.別海町郷土資料館、8.根室市歴史と自然の資料館)

9:30 ~ 9:45

[MIS12-03] 北海道ホロカヤントウにおける2016年6月の低気圧による高波に伴う沿岸地形変化とウォッシュオーバー堆積物

*千葉 崇[1]、西村 裕一[2] (1.秋田県立大学生物資源科学部、2.北海道大学大学院理学研究院)

9:45 ~ 10:00

[MIS12-04] 国後島における津波堆積物調査：2015-2018年の成果

*西村 裕一[1]、高清水 康博[2]、菅原 大助[3]、圓谷 昂史[4]、千葉 崇[5]、中西 諒[6]、Alexander Shishkin[7]、Alexey Gorbunov[8]、Victor Kaistrenko[8]、高橋 明日香[9]、村松 弘規[10]、川添 安之[11]、高松 直史[11] (1.北海道大学大学院理学研究院、2.新潟大学人文社会・教育科学系、3.ふじのくに地球環境史ミュージアム、4.北海道博物館、5.秋田県立大学生物資源科学部、6.北海道教育大学、7.色丹島地球物理学研究所、8.ロシア科学アカデミー海洋地質地球物理研究所、9.気象庁、10.国土地理院、11.文部科学省)

10:00 ~ 10:15

[MIS12-05] 津波堆積物に基づく津波規模評価の試み：南海トラフ地震の例

*菅原 大助[1]、今井 健太郎[2]、岡田 真介[3]、前田 拓人[4] (1.ふじのくに地球環境史ミュージアム、2.海洋研究開発機構、3.東北大学、4.弘前大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS12-06] 水路実験から見た津波堆積物の多様性

★招待講演

*山口 直文[1] (1.茨城大学　広域水圏環境科学教育研究センター)

北海道太平洋沿岸日高南部における海水準変動の影響を受けた津波・洪水履歴

Geological Record of Tsunamis and Storms Influenced by Relative Sea-Level Change, Southern Hidaka Coast, Hokkaido, Japan.

*中西 諒[1]、岡村 聡[1,2]、嵯峨山 積[3]、横山 祐典[4]、宮入 陽介[4]
*RYO NAKANISHI[1], Satoshi Okamura[1,2], Tsumoru Sagayama[3], Yusuke Yokoyama[4], Yosuke Miyairi[4]

1. 北海道教育大学　札幌校、2. 北海道土質試験協同組合、3. 北海道総合地質学研究センター、4. 東京大学
1. Hokkaido Edu. Univ., 2. Hokkaido Soil Res. Co-op., 3. HRCG, 4. Univ. Tokyo

北海道太平洋沿岸の日高海岸は，千島海溝を波源とする地震による津波被害を受けてきた地域である．2003年十勝沖地震による津波は襟裳岬を挟む東側の百人浜において標高4mの地点まで遡上痕跡を残した．震源から遠ざかる西側においても局所的に3m近い遡上高が確認されており，襟裳岬を回りこむエッジ波の影響によって特異の津波伝播を示したためと考えられている（Tanioka et al., 2004）．一方，道東地域（十勝ー釧路ー根室地域）における津波堆積物研究から，千島周辺海溝型地震による津波の再来間隔は100-800年，平均して400年であることが報告されており（Sawai et al., 2009），これらの津波は襟裳岬の西側にもおよんだと想定される．しかし，襟裳岬以西の日高海岸では，17世紀頃の津波堆積物とみられる砂層が報告されているのみで，その波源については不明のままである．そこで本研究では襟裳岬の西側に位置する日高海岸南部の浦河町鵜苫において掘削調査を行い，津波の発生時期・再来間隔を明らかにし，襟裳岬を挟む東西地域の比較検討を試みるとともに，古環境との関連についても検討した．

浜堤背後の泥炭湿地においてジオスライサーを用いて掘削調査を実施した結果，腐植層の間に3層の火山灰層と9層のイベント砂層を見出した．層序は上位から1663年有珠b火山灰層（Us-b），946年白頭山-苫小牧火山灰層（B-Tm），2層のイベント層（Us1層，U1層），2700-2500BP樽前山c2火山灰層（Ta-c2），7層のイベント層（U2~8層）からなる．腐植層は，U4層を境に下位は植物繊維の顕著な未分解な腐植層へと急変する．これらのイベント層は，内陸に向けて枚数が減少し，約500m地点（Ta-c2下限の標高3.4m）で全ての砂層が確認できなくなった．U1~8層は海浜砂に良く似た灰色の細粒-中粒砂であり淘汰が良い．砂層は逆級化から正級化を示し，下位の腐植層との境界は明瞭で，厚い層厚を示す砂層ではしばしば偽礫を含む．また，平均粒径と層厚は海岸からの距離・標高と逆相関を示し，河川からの距離とは相関が見られなかった．珪藻微化石分析の結果，腐植層は*Pinnularia*属などの淡水生種が占めるのに対し，イベント砂層には海生種や汽水生種，陸生珪藻が含まれる傾向がある．したがってこれらの堆積物は，海域から運搬されたものであることがわかった．一方，B-Tmの下位にあたるUs1層は，堆積当時の浜堤と考えられる地点から内陸へ数十mの地点（標高2.6m）にのみ分布し，その層厚は20cmほどの厚さであったものが20m内陸ではわずかな薄層に急変する．構成粒子は細粒砂から極粗粒砂であり，直径1cmの扁平礫を含む．これらの特徴はストーム堆積物に類似しており，U1~8層とは区別される．

イベント層の堆積年代を明らかにするために腐植層の^{14}C年代測定を行った結果，最下位のU8層下位では約5500calBP，最上位のU1層は約2000calBPを示し，イベント再来間隔は50~550年とばらつきがあるが平均して400年と見積もられた．このことから本地域のイベント層は北海道東部と同様の千島海溝周辺型地震による津波堆積物である可能性が高い．

イベント層の最大層厚はU7層でもっとも厚く（約10cm），上位に向かって薄くなる傾向がある． U7層は最も内陸まで追跡できる砂層であり，その堆積年代はおよそ4900BPを示し，北海道東部において復元された海水準曲線の高頂期に対応する（Dura et al., 2016）．本地域の腐植層とイベント層の化学組成を連続的に分

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

析すると，約3800BPのU5層以深において深度を増すにしたがってFeとSの顕著な増加傾向が見られる．本地域では，U4層より下位の腐植層が未分解の層相を示していることから，この化学組成の特徴は，U5層以深において黄鉄鉱を含むようなより還元的環境下にあり，硫酸イオンをもたらすような相対的海水準の上昇が生じていたことを示唆する．日高南部に位置する鵡苫地域では，U1層（2000BP）より新しいイベント砂層は認められないことから，約5500BP以降の相対的海水準高頂期には後背湿地に津波が侵入したが，約2000BP以降は浜堤を越えて津波が浸入していなかったと考えられる．以上の検討から，完新世の津波履歴を復元する際は，海水準変動や地形変化を考慮する必要性があることが明らかになった．

Dura, T. et al. (2016) The role of Holocene relative sea-level change in preserving records of subduction zone earthquakes. Curr. Clim. Change. Rep. 2, 86–100.

Sawai, Y., Kamataki, T., Shishikura, M., Nasu, H., Okamura, Y., Satake, K.,… Aung T. T., 2009, Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis during the past 5500 years in eastern Hokkaido, Japan. Jour. Geophys. Res., 114, B01319.

Tanioka, Y., Nishimura, Y., Hirakawa, K., Imamura, F., Abe, I., Abe, Y……Masaka, S., 2004, Tsunami run-up heights of the 2003 Tokachi-oki earthquake. Earth Planets Space, 56, 359-365.

キーワード：津波堆積物、ストーム堆積物、千島海溝地震、14C年代測定、古環境復元、海水準高頂期
Keywords: Tsunami deposits, Storm deposits, Kuril subduction, Radiocarbon dating, Paleo environment restoration, Holocene High Standard

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

千島海溝沿岸の地震性バリアーシステムに認められる17世紀超巨大地震による海岸隆起と大津波の発生時期の前後関係

Before and after relationship between the seismic uplift and the large tsunami due to the seventeenth-century giant earthquake observed in the seismic barrier systems around the Kuril subduction zone

*七山 太[1,5]、渡辺 和明[1]、深津 恵太[2]、長谷川 健[4]、重野 聖之[3]、石井 正之[6]、石渡 一人[7]、猪熊 樹人[8]
*Futoshi Nanayama[1,5], Kazuaki Watanabe[1], Keita Fukatsu[2], Takeshi Hasegawa[4], Kiyoyuki Shigeno[3], Masayuki Ishii[6], Kazuhito Ishiwata[7], Shigeto Inokuma[8]

1. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター、2. 野付半島ネイチャーセンター、3. 明治コンサルタント株式会社、4. 茨城大学、5. 熊本大学　くまもと水資源・減災研究教育センター、6. 石井技術士事務所、7. 別海町郷土資料館、8. 根室市歴史と自然の資料館
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Notsuke Peninsula Nature Center, 3. Meiji consultant Co., Ltd., 4. Ibaraki University, 5. CWMD, Kumamoto Univ., 6. Ishii Professional Engineer Office, 7. Betsukai municipal museum, 8. Nemuro City museum history and nature

千島海溝沿岸域は本邦屈指の地震多発地帯である．この地には未開の原野も多く，手つかずの自然が残されており，400～500年間隔で繰り返し発生した超巨大地震（17世紀型）によって生じたバリアー海岸や津波堆積物が広く観察できるが，両者の発生時期の前後関係については未だに明確にされてはいない．特に17世紀に発生したとされる津波堆積物は北海道東部太平洋沿岸の多くの地域で観察出来る．その一方で，根室海峡や根釧～十勝海岸には我が国では珍しい未だ活動的なバリアーシステムが多数認められ，その最も新しいものは17世紀超巨大地震地震が起因となって発生したことが明らかとなっている．我々の研究グループはこれら地震性バリアーシステムの発生時期と大津波の発生時期の前後関係について複数の地域で詳しく地形調査を行い，幾つか興味深い事実が判明したので，その概要を報告する．

本研究はJSPS科研費18K03767の助成を受けたものである．

キーワード：17世紀超巨大地震、津波、広域地殻変動、バリアーシステム、北海道東部、千島海溝
Keywords: Seventeenth-century giant earthquake, Tsunami, Regional crustal movement, Barrier system, eastern Hokkaido, Kuril subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道ホロカヤントウにおける2016年6月の低気圧による高波に伴う沿岸地形変化とウォッシュオーバー堆積物

Coastal landform changes and Washover deposits due to high waves generated by anatmospheric low-pressure system in June 2016 at Horokayanto, Hokkaido, Japan

*千葉 崇[1]、西村 裕一[2]
*Takashi Chiba[1], Yuichi Nishimura[2]

1. 秋田県立大学生物資源科学部、2. 北海道大学大学院理学研究院
1. Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University, 2. Graduate School of Science, Hokkaido University

北海道東部太平洋岸に形成されているラグーンの1つであるホロカヤントウでは，2016年6月に発生した低気圧に伴う水位上昇と波浪等の結果，海域と湖を隔てる砂州の南西部が決壊して湖水が海域へ流出した．これに伴い，決壊前はおよそ3.1 mであった湖水位が1.2 mまで低下し，湖底が部分的に露出した．このときの湖水位（1.2m）は，十勝港におけるMHHTLの高さに相当する．砂州南西部の決壊した地点では侵食地形が認められた．一方，砂州の北東部では、海域側から湖側（陸域側）への波浪によって形成された，ウォッシュオーバーファンが認められた．このウォッシュオーバーファンの先端は湖内にまで達しており，極粗粒砂などの粗い砂から構成されていたが，最上部は淡水珪藻が多産する泥質堆積物により部分的に覆われていた．このことは，流出した湖水に含まれる淡水種が海生種とともに，波浪の影響で湖に再流入した可能性を示している．

さらに，沿岸の環境変化に伴う特徴的な珪藻群集の変化も湖周辺で認められた．露出した湖底から，高潮位付近の指標となる*Pseudopodosira kosugii*が，淡水-汽水性及び汽水性-海生種とともに出現した．また，*Denticulopsis* sppなどの新第三紀海生珪藻化石も現生珪藻群集中に認められた．新第三紀海成珪藻化石は，ホロカヤントウ周辺に分布する新第三系の基盤岩から低気圧の影響により浸食を受けて流出し，再堆積したものと推定された．こうしたイベント堆積物中に認められるリワーク珪藻の特徴は，それらの起源を推定し混入のプロセスを理解する上で重要である．

キーワード：ウォッシュオーバー堆積物、砂州決壊、離水湖底、珪藻群集、ホロカヤントウ
Keywords: washover deposit, sandbar breach, emerged lake bottom, diatom assemblage, Horokayanto

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

国後島における津波堆積物調査：2015-2018年の成果
Survey of tsunami deposits in Kunashiri Island: Results obtained in the 2015-2018 projects

*西村 裕一[1]、高清水 康博[2]、菅原 大助[3]、圓谷 昂史[4]、千葉 崇[5]、中西 諒[6]、Alexander Shishkin[7]、Alexey Gorbunov[8]、Victor Kaistrenko[8]、高橋 明日香[9]、村松 弘規[10]、川添 安之[11]、高松 直史[11]
*Yuichi Nishimura[1], Yasuhiro Takashimizu[2], Daisuke Sugawara[3], Takafumi Enya[4], Takashi Chiba[5], Ryo Nakanishi[6], Alexander Shishkin[7], Alexey Gorbunov[8], Victor Kaistrenko[8], Asuka Takahashi[9], Hiroki Muramatsu[10], Yasuyuki Kawazoe[11], Naofumi Takamatsu[11]

1. 北海道大学大学院理学研究院、2. 新潟大学人文社会・教育科学系、3. ふじのくに地球環境史ミュージアム、4. 北海道博物館、5. 秋田県立大学生物資源科学部、6. 北海道教育大学、7. 色丹島地球物理学研究所、8. ロシア科学アカデミー海洋地質地球物理研究所、9. 気象庁、10. 国土地理院、11. 文部科学省
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Institute of Humanities, Social Sciences and Education, Niigata University, 3. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 4. Hokkaido Museum, 5. Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University, 6. Hokkaido Education University, 7. Shikotan Geophysical Observatory, 8. Institute of Marine Geology and Geophysics, Russian Academy of Sciences, 9. Japan Meteorological Agency, 10. Geospatial Information Authority of Japan, 11. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

千島海溝に沿う十勝沖，根室沖から色丹島沖及び択捉島沖にかけての領域は，北海道の津波堆積物の分布を根拠に超巨大地震が発生する確率が高いと評価されている（地震調査委員会，2017）．この長期評価の精度を高めるためには，北方領土においても古地震や古津波のデータを蓄積する必要がある．北方領土では2005年に地震火山専門家交流が始まり．2007年には国後島と色丹島で津波堆積物の日本とロシアの共同調査が実施された（西村ほか，2009）．また，2015年からは毎年，日本とロシアの研究者5-7名が現地に集結して10日間程度の情報交換と津波堆積物調査を実施する事業が，関係機関の協力を得て続けられてきた．

国後島の津波堆積物調査は，2015年から2018年の４年間で延べ30日行なわれた．場所は太平洋岸の東沸からクラオイ川まで直線距離で約50kmの範囲にある沿岸低地で，露頭，ピット掘削，ジオスライサー掘削のいずれかでコアを観察した地点は105カ所に及ぶ．調査した湿原では，手付かずの場所は少なく，戦後まで日本の集落がありその後放置されているところが多かった．それでも，人為的に改変された深さより下位の泥炭中には，火山灰層やイベント砂層がよく保存されていた．

成果としては，まず，津波の痕跡が残されている可能性がある島の太平洋岸の沿岸低地を網羅的に調査できたことが挙げられる．特に古釜布より東には道路も集落もなく，島の協力を得て安全に立ち入ることができた．古釜布から東の低地には，1994年に発生した北海道東方沖地震津波の痕跡とみなせる砂層が，表層近くに明瞭に残されていた．痕跡の分布から推定した1994年津波の遡上は，海岸から50-150m以上，高さ3-4m以上である．これは津波直後の調査や数値計算の結果と矛盾しない．さらに，火山灰30試料ほどについて火山ガラスの化学組成をSEM-EDSにより分析した．結果を層序とともに検討したところ，北海道の火山起源の火山灰である駒ヶ岳c1（1856年），樽前a（1739年），駒ヶ岳c2（1694年），樽前b（1667年），摩周b（約900年前），樽前c（約2700年前）が，いずれも島の複数地点に堆積していることが確認できた．これらの火山灰を鍵層とすると，例えば，古釜布の湿原には17-10世紀の間に1層，10世紀–2700年前の間に２層の津波堆積物候補の砂層があり，およそ1000年に一度の頻度で国後島に堆積物を残す規模の津波が来ていた可能性があることが示唆される．

キーワード：北方領土、国後島、津波堆積物、古地震、火山灰
Keywords: the Northern Territories, Kunashiri Island, tsunami deposit, paleo earthquake, volcanic tephra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波堆積物に基づく津波規模評価の試み：南海トラフ地震の例
Deposit-based assessment of tsunami size: example from Nankai-Trough earthquakes

*菅原 大助[1]、今井 健太郎[2]、岡田 真介[3]、前田 拓人[4]
*Daisuke Sugawara[1], Kentaro Imai[2], Shinsuke Okada[3], Takuto Maeda[4]

1. ふじのくに地球環境史ミュージアム、2. 海洋研究開発機構、3. 東北大学、4. 弘前大学
1. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 2. JAMSTEC, 3. Tohoku University, 4. Hirosaki University

南海トラフ地域では，歴史記録に加え，津波堆積物などの地質記録を元に過去6000年間にわたる地震・津波の履歴が明らかにされてきた．また，地殻変動や地震・津波の数値解析を元に，1707年宝永地震・1854年安政東海・南海地震など，歴史地震・津波の規模や波源域の検討も進められてきた．たとえば，Furumura et al.（2011）は，津波氾濫解析により，津波堆積物が報告されている大分県佐伯市米水津間越の龍神池で砂移動が生じる水理条件をもとに，宝永地震では日向灘沖まで断層破壊が広がっていた可能性を示し，南海トラフ地域における地震発生様式の多様性を指摘している．

一方，近年南海トラフ地域で想定されている最大クラスの地震・津波の規模（内閣府中央防災会議，2012）は，歴史上知られている地震・津波の規模を大きく上回る．その実在性を検討する上で，津波堆積物から得られる情報の重要性は高い．しかし，当地域の津波堆積物の多くは沿岸湖沼や狭小な低地から見出されており，海岸平野のように津波堆積物の空間分布と津波規模を対応させることはできない．当地域では，空間的に限られた範囲で得られる津波堆積物データを，地震・津波の規模情報とどこまで関連付けられるのかを明らかにする必要がある．

本発表では，歴史時代の津波および最大クラスの津波を対象に，上述の龍神池における津波土砂移動の数値解析に基づき，沿岸湖沼における津波堆積物の形成過程・分布や層厚から，津波の波源パラメータについてどの程度定量的な情報を読み取ることができるかを検討する．また，現地での津波堆積物の観察結果と解析結果の照合を試み，既往の地震・津波の規模情報との関連を議論する．

謝辞

H25-32年度文部科学省「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（研究代表者：海洋研究開発機構 金田義行），科研費（課題番号：16H03146）の成果の一部です．ここに記して感謝の意を表します．

文献

Furumura, T., Imai, K., Maeda, T. (2011) A revised tsunami source model for the 1707 Hoei earthquake and simulation of tsunami inundation of Ryujin Lake, Kyushu, Japan. Journal of Geophysical Research, 116, B02308. doi:10.1029/2010JB007918

内閣府中央防災会議（2012）南海トラフの巨大地震モデル検討会．http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：南海トラフ、津波、堆積物
Keywords: Nankai Trough, Tsunami, Deposit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水路実験から見た津波堆積物の多様性
Flume experiments for understanding variety of tsunami deposit

*山口 直文[1]
*Naofumi Yamaguchi[1]

1. 茨城大学　広域水圏環境科学教育研究センター
1. Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

水路実験は，水理条件や堆積物，地形の条件などを設定して調べることができることから，低頻度で直接観測が難しい津波堆積物形成の理解に有効であると考えられている．水路実験による津波堆積物研究は2000年ごろから行われてきたが，その多くは具体的な水理条件や地形条件を想定したものではなかった．しかしここ数年行われてきた，津波堆積物の形成に関わる様々な地形や水理条件の影響に焦点を当てた水路実験によって，より幅広い堆積環境での津波堆積物の形成過程が明らかになってきた．こうした実験を通して得られる，津波堆積物の多様性を理解は，様々な堆積環境での古津波堆積物を正確に識別，解釈するための手がかりとなる．今回の発表では，こうした路実験による津波堆積物の研究の現状と，今後の貢献の可能性について紹介する．

キーワード：津波堆積物、水路実験、堆積過程
Keywords: Tsunami deposit, Flume experiment, Sedimentary process

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールB 2F

[M-IS12] 津波堆積物

コンビーナ:千葉 崇(秋田県立大学生物資源科学部)、篠崎 鉄哉(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)、石村 大輔(首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室)、座長:篠崎 鉄哉(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

2011年東北地方太平洋沖地震・津波は津波堆積物研究の一つの契機となり、国内外の様々な分野の研究者がこれまで以上に精力的に調査・解析に取り組んでいる。日々新たな知見が蓄積されているものの、津波堆積物の認定基準やその活用方法は今なお確立されたとは言えない。本セッションは、陸上および海洋底の津波堆積物の特徴、古津波堆積物の認定、形成年代の推定精度の向上、認定基準の確立、津波履歴・規模の推定など津波リスク評価に資する研究に加え、津波堆積物を認定する上で重要となる洪水や高潮など、津波以外のイベント堆積物に関する発表も広く募集する。

10:45 ~ 11:00

[MIS12-07] **Inverse modeling of Tsunami deposit using Deep Learning Neural Network**

*Rimali Mitra[1]、Hajime Naruse[1] (1.Kyoto University, Graduate School of Science)

11:00 ~ 11:15

[MIS12-08] 宮古市摂待における2011年東北沖津波起源の巨礫を用いた津波規模推定法の検討

*竹井 達哉[1,4]、後藤 和久[2]、山田 昌樹[3] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東京大学地震研究所、4.東京大学大学院新領域創成科学科複雑理工学専攻)

11:15 ~ 11:30

[MIS12-09] 石巻平野における歴史津波堆積物の年代制約

*手塚 寛[1]、後藤 和久[2]、石澤 尭史[1]、菅原 大助[3]、横山 祐典[4]、宮入 陽介[4] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所、3.ふじのくに地球環境史ミュージアム、4.東京大学大気海洋研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS12-10] Non-destructive analyzes of sediments to discern tsunami-related mud cap and overlying muds to improve age determination of tsunami deposits

*石澤 尭史[1]、後藤 和久[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学災害科学国際研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS12-11] 潮間帯泥底における高潮堆積物の堆積学的・古生物学的研究ー三浦半島江奈湾でのケーススタディー

*北村 晃寿[1]、山本 有夏[1]、豊福 高志[2] (1.静岡大学理学部地球科学教室、2.海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[MIS12-12] 浅海津波堆積物と生物撹拌

★招待講演

*清家 弘治[1] (1.産業技術総合研究所・地質調査総合センター)

Inverse modeling of Tsunami deposit using Deep Learning Neural Network

*Rimali Mitra[1], Hajime Naruse[1]

1. Kyoto University, Graduate School of Science

Tsunami is one of the most catastrophic disasters along coastal zones, and tsunami deposits are layers of sediment formed by hydrodynamic activities of tsunami. These event deposits provide clues to estimate the recurrence intervals and relative magnitude of prehistoric tsunamis that serve as a tool for future tsunami hazard evaluation. Towards the quantitative assessment of hydraulic conditions of tsunamis from deposits, this study applies the inverse model using deep learning neural network (DNN) for tsunami deposit. In order to conduct machine learning of DNN, forward model calculation was repeated at random initial flow conditions (e.g. maximum inundation height, flow velocity, concentration, etc.) to produce artificial training data sets which represent depositional characteristics such as thickness and grain-size distribution. The model serves as the modified version of previously proposed FITTNUSS model, which incorporates nonuniform and unsteady transport of suspended sediment and also turbulent mixing. Then, DNN was trained for establishing the inverse model on the basis of artificial data sets. SGD (Stochastic gradient descent) is used as an optimizer for this DNN model. Tests using artificial data sets successfully indicated that the established DNN can reconstruct the original flow conditions from the characteristics of deposits. Finally, the model was applied to natural data sets taken from the 2011 Tohoku-Oki Tsunami deposit. The deep learning neural network showed promising result for natural data sets. Comparing to existing inverse models, deep learning neural network enables the inversion to employ a forward model that requires higher computational costs, and to avoid a local optimum. The further applicability and validation of this method will be checked with other parameters, and natural data set from different field visits in future endeavour.

Keywords: Tsunami Deposits, Inverse Modeling, Machine Learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宮古市摂待における2011年東北沖津波起源の巨礫を用いた津波規模推定法の検討

Numerical estimation of tsunami size using boulders deposited by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Settai, Miyako city, Japan

*竹井 達哉[1,4]、後藤 和久[2]、山田 昌樹[3]
*Tatsuya Takei[1,4], Kazuhisa Goto[2], Masaki Yamada[3]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 東京大学地震研究所、4. 東京大学大学院新領域創成科学科複雑理工学専攻
1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. Department of Complexity Science and Engineering, Graduate School of Frontier Sciences, Tokyo University

Tsunami boulders are important geological evidence to understand paleotsunami activity. Previous studies have intended to extract the information about tsunami size from the distribution of tsunami boulders. However, although several numerical methods have been proposed to estimate tsunami size using tsunami boulders, there have been no studies validating the estimated tsunami size by comparing with the actual tsunami size. Also, it is important to consider the methodology of the estimation of tsunami size using boulders. In this study, we estimated local size of the 2011 Tohoku-oki tsunami at Settai, Miyako City, Japan based on the numerical modeling of boulder transport. We seaerch an incident wave condition of sin waves which could explain the distribution of boulders well. We then compared the estimated results with the tsunami size calculated by existing well-validated tsunami source model. As a result of the simulation, we estimated that the tsunami size was ranging from 9 m to 21 m in wave height and from 60 s to 300 s in period at the point of 5200 m offshore of Settai.This range covers the actual tsunami size; so the tsunami size can be estimated from the boulders in Settai. According to the above results, the method that we proposed was effective. On the other hand, we found that assumption of the initial position of boulders are critically important and it should be constrained by multiple information such as topographic condition and composition of the boulders.

キーワード：津波石、津波規模、数値モデル、シミュレーション
Keywords: Tsunami boulder, Tsunami size, numerical model, simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石巻平野における歴史津波堆積物の年代制約
Constraint of the ages of historical tsunami deposits on the Ishinomaki Plain

*手塚 寛[1]、後藤 和久[2]、石澤 尭史[1]、菅原 大助[3]、横山 祐典[4]、宮入 陽介[4]
*Hiroshi Tetsuka[1], Kazuhisa Goto[2], Takashi Ishizawa[1], Daisuke Sugawara[3], Yusuke Yokoyama[4], Yosuke Miyairi[4]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. ふじのくに地球環境史ミュージアム、4. 東京大学大気海洋研究所
1. Department of Earth Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

津波堆積物は，古津波履歴を解明するのに有用である。2011年の東北地方太平洋沖地震津波でも広範囲の浸水が確認された宮城県の石巻平野では，それ以前に少なくとも6層のイベント堆積物が見出されている（宍倉ほか，2007; Sawai et al., 2012; Takeda et al., 2017）。Sawai et al. (2012)は，新しい3つのイベント堆積物（Sand K, A, B）について歴史記録と照らし合わせており，それぞれ1611年慶長奥州地震，1454年享徳地震，869年貞観地震による津波によって堆積したと推定している。Sand Bについては，915年に降下したとされるTo-aテフラと放射性炭素年代測定によって年代が制約されており，869年貞観地震津波と対比される信頼度は高い。一方で，Sand KおよびSand Aについては，放射性炭素年代測定の結果からは推定が難しい時期にあたり，イベント年代が必ずしも十分な精度をもっていない。津波の再来間隔や広域対比を考える上では，これらのイベント年代の制約をより向上していくことが望ましい。そこで本研究では，石巻平野において掘削調査を行い，放射性炭素年代測定や珪藻分析、花粉分析等を実施することで過去700年間に形成されたと考えられるイベント堆積物の形成年代を総合的に検討した。

本研究では，宮城県東松島市の沿岸部において掘削調査を実施した。掘削試料には，地表から連続する耕作土層の下位にシルトおよび泥炭層が存在し，その合間に1層ないし2層の中粒砂層が見られた。このうち2層の砂層が最も明瞭に確認された掘削試料について，珪藻分析，花粉分析，X線CTスキャンおよび放射性炭素年代測定を実施した。年代測定結果は，OxCal Ver.4.3.2（Bronk Ramsey, 2009）を使用してIntCal13（Reimer et al., 2013）に基づき較正し，層序関係を用いて制約した（Bronk Ramsey, 2008）。

2層の砂層（以下，上位の砂層を砂層1，下位の砂層を砂層2とする）は，1–3 cm程度の砂質シルト層を挟んで近接している。したがって，これらの砂層の成因には，それぞれ別のイベントによって堆積した可能性と，一度のイベントによって堆積した可能性が考えられる。肉眼観察やX線CTスキャンの結果からは，砂質シルト層には多量の砂が混じっていることが示唆され，砂層下位の泥炭層とは明瞭に区別される。また，放射性炭素年代測定によれば，砂質シルト層の年代は砂層1上位のシルト層および砂層2下位の泥炭層の中間的な年代をもっている。更に，砂質シルト層には，淡水種の珪藻が多く含まれており，海～汽水種の珪藻を含まない。この傾向は，淡水種の珪藻がわずかにしか見られず，海～汽水種の珪藻を含む砂層2下位の泥炭層と明確に異なる。したがって，砂層1と2の間の砂質シルト層は，イベント層ではなく定常的に形成された可能性が高い。

砂層1を堆積させたイベントの年代については，2σの範囲で11-407 cal BP，砂層2については357-538 cal BPの値が得られた。これらのイベント年代はそれぞれ，1611年慶長奥州地震および1454年享徳地震と整合的であり，Sawai et al. (2012)の解釈と調和的である。また，花粉分析の結果によれば，砂層1上位ではマツ属複維管束亜属やスギ属が急増している。仙台藩は1621年に「御分国中松杉桐其他御林共念ヲ入ハヤシ可申事」という通達を出しており（『貞山公民治家記録』藩祖伊達政宗顕彰会，1938），花粉分析の結果は17世

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

紀半ば以降の仙台藩の積極的な植林政策を反映していると思われる。したがって，少なくとも砂層1は1611年の津波によって堆積した可能性が高い。

キーワード：地震、津波、1611年慶長奥州地震
Keywords: earthquake, tsunami, AD 1611 Keicho ohsyu earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Non-destructive analyzes of sediments to discern tsunami-related mud cap and overlying muds to improve age determination of tsunami deposits

*石澤 尭史[1]、後藤 和久[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3]
*Takashi Ishizawa[1], Kazuhisa Goto[2], Yusuke Yokoyama[3], Yosuke Miyairi[3]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 東京大学大気海洋研究所
1. Department of Earth Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Age of tsunami deposit is usually determined from dating results of sediments above and below the tsunami derived layers. However, determining the upper boundary of tsunami deposit is often difficult, because the top of tsunami deposit is sometimes comprised of mud-dominated sediment (mud cap) which can be indistinguishable from overlying muddy sediment deposited under normal sedimentary condition. This ambiguity may cause serious problem determining true tsunami ages.

Here we present an examples of non-destructive and destructive analyses of core sample taken from Okirai, Iwate prefecture. Our results indicated that X-CT (X-ray Computed Tomography), XRF (X-ray Fluorescence), and grain size analyses were useful to identify tsunami-related mud cap from overlying muds deposited after tsunami events. Since X-CT and XRF analyses are non-destructive analyses, it is highly recommended to conduct these analyses before subsampling of the sediments for further analyses including radiocarbon dating. Such careful sampling for dating will contribute to improve age estimation of tsunami deposits.

キーワード：津波堆積物、マッドキャップ、非破壊分析
Keywords: Tsunami deposit, Mud cap, Non-destructive analyzes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

潮間帯泥底における高潮堆積物の堆積学的・古生物学的研究ー三浦半島江奈湾でのケーススタディー
Sedimentological and paleontological studies of storm surge deposits in intertidal mud floor -case study of Ena Bay on Miura Peninsula, Central Japan.

*北村 晃寿[1]、山本 有夏[1]、豊福 高志[2]
*Akihisa Kitamura[1], yamamoto yuka[1], Takashi Toyofuku[2]

1. 静岡大学理学部地球科学教室、2. 海洋研究開発機構
1. Institute of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

高潮および津波堆積物の認定は，中・低緯度の活動縁辺域の沿岸低地の災害アセスメントに必要な情報をもたらす．住宅地周辺の沿岸低地の地層における高潮・津波堆積物の調査は，人為改変の拡大のためにますます困難になっている．従って，近年の研究は内湾を含む浅海の堆積物にも及ぶが，内湾堆積物における近年の嵐イベントと高潮堆積物の直接的関係の研究はほとんどない．本研究は，2017年10月23日の大型台風Lan(最低気圧915 hPa)の前後の調査(堆積相・有孔虫群集解析)の比較に基づいて，首都圏南部の江奈湾の干潟堆積物から高潮堆積物を識別した．その分布は潮上帯と潮間帯に限られ，砂質高潮堆積物の海側末端は，高い津波によって典型的に堆積した砂質津波堆積物よりもはるかに狭いことを意味する．

キーワード：高潮堆積物, 底生有孔虫, 現世，干潟堆積物、現世干潟堆積物、底生有孔虫
Keywords: storm surges deposits, recent muddy tidal flat sediments, benthic foraminifer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浅海津波堆積物と生物撹拌
Shallow marine tsunami deposits and bioturbation

*清家 弘治[1]
*Koji Seike[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

The huge tsunami waves induced by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake severely affected shallow marine ecosystems along the Pacific coast of northeastern Japan. Among shallow marine settings, subtidal seafloor ecosystems composed of fine-grained sediments are the most heavily disturbed by tsunami waves as they are greatly altered by rapid erosion and deposition processes (Seike et al., 2013). In order to discuss preservation potential of the tsunami deposits in relation to sediment mixing by recolonizing benthic animals, we have monitored temporal changes in the sedimentary structures of the tsunami affected area (Seike et al., 2016, 2017a). Tsunami deposits also provide useful information on the nature of bioturbation because there are no pre-existing burrows in the sediments. We revealed the nature of bioturbation such as burrowing depth, substrate-softening effect by echinoid bioturbation on the basis of observations on the 2011 tsunami deposit (Seike et al., 2017b, 2018).

References

Seike et al. (2013) PLoS One 8, e65417.
Seike et al. (2016) Journal of Oceanography, 72, 141–149.
Seike et al. (2017a) Island Arc, 26, e12174
Seike et al. (2017b) PLoS One,12, e0182753
Seike et al. (2018) Journal of Geophysical Research - Oceans, 123, 1376-1392

キーワード：津波堆積物、生物撹拌、三陸
Keywords: tsunami deposits, bioturbation, Sanriku

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[M-IS16] 火山噴煙・積乱雲のモデリングと観測

コンビーナ:佐藤 英一(気象研究所)、前野 深(東京大学地震研究所)、前坂 剛(防災科学技術研究所)、座長:佐藤 英一(気象研究所)

火山噴煙（噴煙柱・火砕流・傘型噴煙）と積乱雲は、それぞれの物理過程を正確に捉えるモデリングと時間・空間分解能の高い観測が推移予測に必須となるなど共通点も多い．特に観測に関しては，気象レーダーや気象衛星などのリモートセンシング技術の発展により詳細な監視が可能になってきており，火山噴煙への応用が進みつつある．しかし，モデリングやリモートセンシングには検証が必要であり，現場観測（in-situ measurement）との比較が欠かせない．
本セッションでは，火山学や気象学，地質学など異種の専門家による議論の中で，火山噴煙・積乱雲のダイナミクスと素過程、およびそれらに伴って発生する現象（降灰、降雨、降雪、降雹、火山岩塊の放出など）の理解を目指す．

9:00 ~ 9:15

[MIS16-01] 異なるタイプの気象レーダによる火山噴煙柱の観測

★招待講演

*真木 雅之[1]、小堀 壮彦[1]、キム ユラ[1]、藤吉 康志[2]、佐藤 英一[3]、徳島 秀彦[4]、井口 正人[5] (1.鹿児島大学、2.北海道大学、3.気象研究所、4.FRCコーポレーション株式会社、5.京都大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS16-02] 桜島におけるXバンドMPレーダーとライダー同時噴火観測と口永良部島噴火のレーダー観測

*中道 治久[1]、清水 厚[2]、下村 誠[1]、Syarifuddin Magfira[1]、井口 正人[1] (1.京都大学防災研究所火山活動研究センター、2.国立環境研究所地域環境研究センター)

9:30 ~ 9:45

[MIS16-03] 気象庁の気象レーダー網で観測した2018～2019年口永良部島の噴煙・火山灰雲エコーについて

*佐藤 英一[1]、福井 敬一[2]、新堀 敏基[1] (1.気象研究所、2.気象庁)

9:45 ~ 10:00

[MIS16-04] 数値シミュレーションによる口永良部島火山の最近の爆発的噴火における噴煙の噴出条件の検討

*石峯 康浩[1]、及川 輝樹[2]、下司 信夫[2] (1.鹿児島大学地震火山地域防災センター、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター)

10:00 ~ 10:15

[MIS16-05] 霧島新燃岳2011噴火の映像解析

*小堀 壮彦[1]、木下 紀正[1]、飯野 直子[2]、真木 雅之[1]、福島 誠治[1] (1.鹿児島大学、2.熊本大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS16-06] 積乱雲発生の早期検知のための雲レーダーネットワーク

*前坂 剛[1]、大東 忠保[1]、岩波 越[1]、鈴木 真一[1]、出世 ゆかり[1]、櫻井 南海子[1] (1.防災科学技術研究所)

異なるタイプの気象レーダによる火山噴煙柱の観測
Observations of Volcanic Eruption Columns with Different Types of Weather Radars

*真木 雅之[1]、小堀 壮彦[1]、キム ユラ[1]、藤吉 康志[2]、佐藤 英一[3]、徳島 秀彦[4]、井口 正人[5]
*Masayuki Maki[1], Takehiko KOBORI[1], Yura Kim[1], Yasushi Fujiyoshi[2], Eiichi Sato[3], Hidehiko Tokushima[4], Masato Iguchi[5]

1. 鹿児島大学、2. 北海道大学、3. 気象研究所、4. FRCコーポレーション株式会社、5. 京都大学
1. Kagoshima University, 2. Hokkaido University, 3. Meteorological Research Institute, 4. Field Researchers Corporation, 5. Kyoto University

The present paper describes the results of observational studies of volcanic ash columns using different types of weather radars: X-band marine radar, bi-static Ku-band radar, Ka-band Doppler radar, and operational X-band polarimetric radar. In order to observe eruption columns with extremely fine temporal resolution, an X-band marine radar was set up during three months in 2018 at the Kurokami observatory of Kyoto University located about 4km from the vent of Sakurajima volcano. The marine radar has a slot antenna that has the PPI scanning speed of 48 rpm, with a vertical beam width of 22˚ and a horizontal beam width of 1.2˚, and a range resolution of 8m. We carried out observations by physically changing the rotational axis of the slot antenna from vertical (PPI) to horizontal (RHI) to achieve an elevation angle resolution of 1.2˚. The MRI Ku-band radar and Kagoshima University Ku- band radar set up in 2017 in Sakurajima have Luneberg antenna with a horizontal and vertical beam width of 3˚. The antenna rotates spirally from an elevation angle of 0˚ to 90˚ to obtain hemispherical volume data in one minute. The Ka-band Doppler radar of NIED was operating at the Kurokami observatory during 3 months in 2015 to investigate the inner structure with the RHI antenna scanning. The MLIT operational X-band polarimetric radar located approximately 11km from the vent of the Sakurajima volcano can measure volcanic ash columns three-dimensionally at 5-minute intervals, even though it is an operational radar aiming to measure heavy rainfalls in Sakurajima.

Utilizing these different types of radar data, we perform detailed analysis of eruption columns. The marine radar succeeded in detecting eruptions and at the same time detecting falling pyroclastic particles (Fig. 1). The radar also reveals the fine structure of an ascending eruption column at 1.25-second intervals. While the marine radar observes volcanic ash columns with the wider azimuth angel resolution 22˚ due to its fan beam antenna, Ka-band Doppler radar can observe the targets with finer azimuthal resolution using RHI scanning of the parabolic antenna. The Ka-band radar RHI observations also reveal the upward speed of the ash echo top at 2-minute intervals. While both the marine radar and the Ku-band Doppler radar measure eruption column vertically at a fixed azimuthal direction, the Ku-band Doppler radar measures all azimuth and elevation angles every 1 minute. Using this scanning strategy, we can clarify the temporal change of the eruption column during its downwind movement: the radar reflectivity factor of the upper part of the eruption column becomes high 5-minute after the eruption, which is probably due to the aggregation process in water clouds (Fig. 2). The operational X-band MP radar collects 20 tilts PPI scan data at 5-minute interval. We can construct three-dimensional data of ash clouds with time and spatial interpolation method. Then we can obtain the wide-area ash fall distributions.

In conclusion, as mentioned above, different types of weather radars are now available for studying volcanic eruption columns and their applications to disaster prevention are promising.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：Xバンド船舶レーダ、Kuバンド高速スキャンドップラーレーダ、Xバンド偏波レーダ
Keywords: X-band marine radar, Ku-band rapid scanning Doppler radar, X-band polarimetric radar

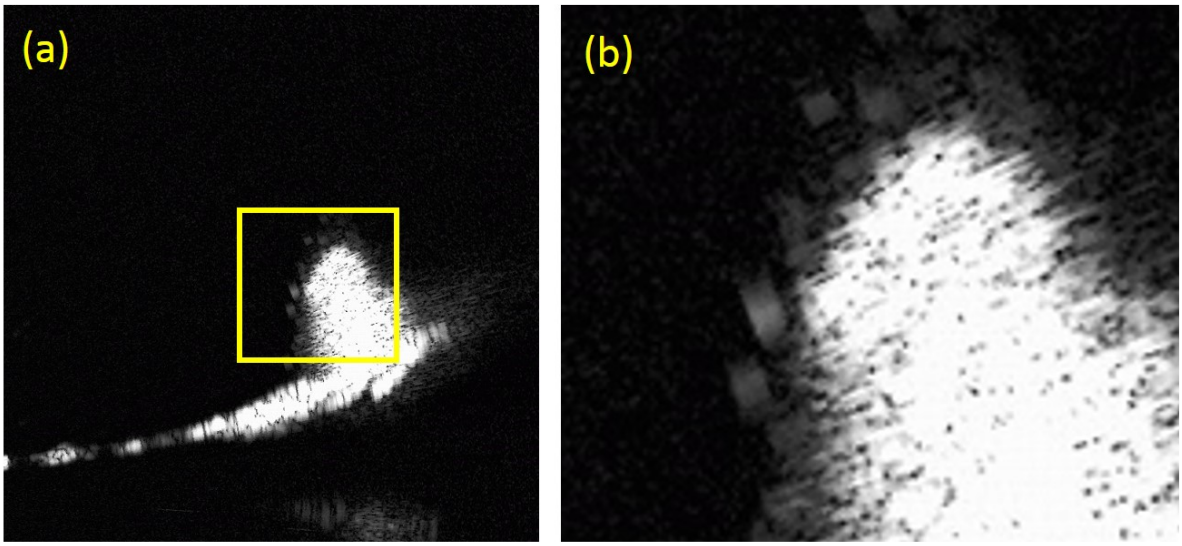


Fig. 1 Volcanic eruption column 2 minute after eruption observed by X-band marine radar. 22:11 LST, May 4, 2018.

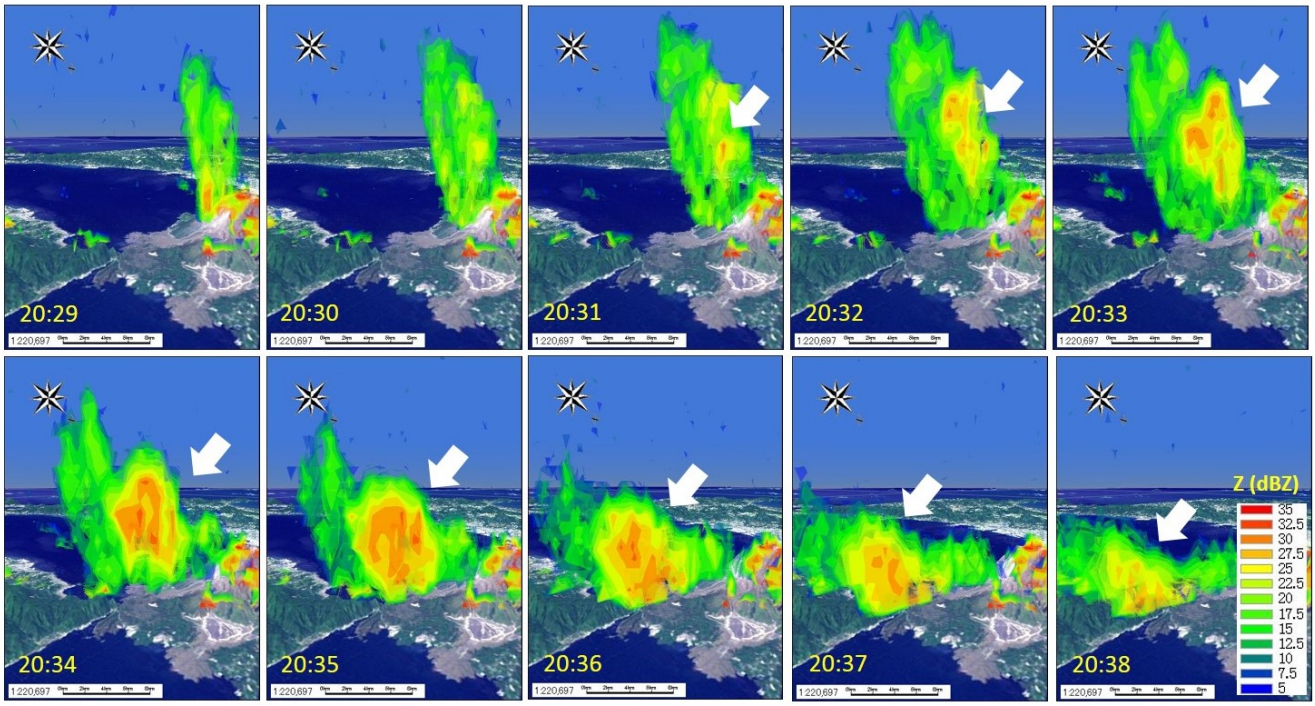


Fig. 2 Temporal change of inner structures of volcanic eruption clouds observed by KuRAD. 20:29-20:38 LST, March 5, 2018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

桜島におけるXバンドMPレーダーとライダー同時噴火観測と口永良部島噴火のレーダー観測
Observation of Eruption Plumes by X-Band MP radar and Lidar at Sakurajima and Kuchinoerabujima

*中道 治久[1]、清水 厚[2]、下村 誠[1]、Syarifuddin Magfira[1]、井口 正人[1]
*Haruhisa Nakamichi[1], Atsushi Shimizu[2], Makoto Shimomura[1], Magfira Syarifuddin[1], Masato Iguchi[1]

1. 京都大学防災研究所火山活動研究センター、2. 国立環境研究所地域環境研究センター
1. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. National Institute for Environmental Studies

１．はじめに

噴煙や火山灰の拡散範囲の把握にリモートセンシング技術が活用されている．例えば，桜島噴火では国交省現業レーダー（XRAIN）で噴煙が把握され（真木・他，2015）， GNSSの搬送波位相データから噴煙高度推定が行われている（Ohta and Iguchi, 2015）．噴煙高度10kmを超えるような噴火ではCAPILSO衛星搭載ライダーにより噴煙が把握され（Winker et al., 2012），地上のライダーネットワーク（例えば，EARLINET）にて国を超えての火山灰の広域拡散が把握されている（Ansmann et al., 2010）．最近では噴火を対象に常時リモートセンシング観測が桜島を中心に行われており，昨年レーダーによる桜島と新燃岳の噴煙の観測結果を報告した（中道・他，2018）．本講演では，2018年6月16日桜島南岳噴火のレーダーとライダーによる観測結果の比較と，2018年12月からの口永良部島噴火のレーダー観測結果を報告する．

２．南九州の火山近傍のレーダー観測と桜島のライダー観測

エアロゾル観測によく用いられるミー散乱ライダー（以後，ライダー）は，レーザーを鉛直上向きに照射して対象物からの後方散乱光を観測する機器である．京都大学防災研究所は2014年11月末に２台のライダーを桜島島内に設置してから連続観測を実施している．また，南九州の主要な火山の近傍にXバンドマルチパラメータレーダー（以後，レーダー）を2017年8月に設置し，連続観測を実施している（中道・他，2018）．現在，桜島および口永良部島についてはセクタRHIスキャンにてレーダー観測をしている．なお，桜島火山観測所にはライダーとレーダーの両方が設置されている．

３．2018年6月18日桜島南岳噴火時の噴煙のレーダーとライダーの観測結果の比較

南岳山頂火口にて2018年6月16日午前7時19分に噴火が発生し，噴煙高度4700mと報告されている（気象庁HPを参照）．この噴火では，火砕流が火口から南西方向に1.3 km流下した．映像から噴煙柱の下部から上部が西に風に流されてシフトしており，同時に火砕流の発生が見て取れた．レーダー反射強度分布から，噴火開始後1分内に噴煙は3,300mに達し，噴火開始後3分で5,000mに到達したことがわかった．また，同時に噴煙柱が西方向（観測所に近づく方向）へ1kmシフトしているのが確認できた．噴火開始5分後に火口直上から高度3,000mにかけて鉛直のレーダー反射強度の高まりが再度確認でき，これは２度目の噴火の噴煙に対応している．なお，噴火が短時間の間に２回あったのはディスドロメータ観測においても確認されている．ライダー観測においても噴火開始3分後に噴煙柱の西方向への移動に対応した変化が観測されており，レーザー視線方向で4.7 kmの距離に顕著な散乱ピークが見られ，レーダー反射強度の高まりと対応がよい．噴火開始８分後にはレーダー反射強度から噴煙が観測所から距離4kmのところにあると認識できたが，ライダーでは観測所から距離3.3 kmに散乱ピークが見られた．噴火開始から15分後ではレーダー反射強度に噴煙に対応する強度変化は見られなかったが，ライダーでは距離2km未満にて散乱強度の高まりが有意にあり，その高まりは時間が経過するにしたがって，距離が縮まり距離1km程度になり，20分以上継続して存在した．レーダーでは認識できないような，より微細な粒子が大気中に存在してもライダーでは検知可能であることを反映しており，火山

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

灰が拡散して希薄になっているが，風に流されて移動していることが明らかになった．

４．2018年12月以降の口永良部島噴火時の噴煙のレーダー観測結果

2018年12月18日，2019年1月17日，1月29日の噴火の噴煙に対応したレーダー反射強度の高まりを確認できた．12月28日の噴火の１分後にはレーダー反射強度から噴煙は3,000 mに上昇し，噴火開始3分後には最高噴煙高度5,000mに達したことがわかった．1月17日の噴火では，レーダー反射強度から噴火開始2分後には最高噴煙高度4,000 mに達したことがわかった．1月29日の噴火では，レーダー反射強度から噴火開始2分後に噴煙高度3,000 mに達し，5分後に4,000mに達したが，それ以上は上がらなかった．

キーワード：XバンドMPレーダー、ライダー、噴火、桜島、口永良部島
Keywords: X-band MP Radar, Lidar, Eruption, Sakurajima, Kuchinoerabujima

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気象庁の気象レーダー網で観測した2018～2019年口永良部島の噴煙・火山灰雲エコーについて
2018-2019 Kuchinoerabu-jima eruption plume/cloud echoes observed by JMA weather radar network

*佐藤 英一[1]、福井 敬一[2]、新堀 敏基[1]
*Eiichi Sato[1], Keiichi Fukui[2], Toshiki Shimbori[1]

1. 気象研究所、2. 気象庁
1. Meteorological Research Institute, 2. Japan Meteorological Agency

口永良部島の新岳では、2018年10月21日にごく小規模な噴火が発生し、その後も断続的に12月13日まで継続した。その後、12月18日や2019年1月17日、29日に火砕流を伴う噴火が発生している。気象庁の遠望カメラ観測では、雲のため、先の2回の噴火の噴煙高度を確認することはできなかったが、気象衛星ひまわり8号や京都大学防災研究所のXバンドMPレーダーによって噴煙が観測されたことが報告されている。一方、気象庁の気象レーダー網でもこれらの噴火が観測されており、それらを用いた解析について報告する。

2019年1月17日の噴火に伴う噴煙エコーは、種子島レーダーと名瀬レーダーで観測されていた。噴煙エコー高度は、種子島レーダーによって海抜約6.7km、名瀬レーダーによって海抜約6.5kmと観測された。この観測結果は、気象衛星ひまわり8号による解析結果である、火口縁上約6km（海抜約6.6km）と整合的である。一方、防災研究所のレーダーでは、海抜約4kmまでしか噴煙エコーが観測されていなかったが、これは風の鉛直シアの影響が考えられる。対流圏下層では北西風、中層（3km～6km）では西風になっていたため、鉛直断面を観測する125°RHI観測では噴煙のトップを捉えられなかった可能性がある。

一方、2018年12月18日や2019年1月29日の噴火事例含めたその他の事例では、気象庁のレーダー網では適切に噴煙エコーを捉えることが出来なかった。その原因としては、その他の事例では特に噴煙のトップ付近の火山灰密度が低かったことと、レーダーのスキャンシーケンスと噴煙の上昇過程のミスマッチが起きていたことが考えられる。

気象レーダーによる解析の結果、噴火活動の一部を捉えることが出来た一方で、適切に捉えられなかった事例も多くあった。気象レーダーによる観測手法の限界を示すと共に、可能な対応策について示したい。

参考文献：

福岡管区気象台地域火山監視・警報センター・鹿児島地方気象台（2019）：口永良部島の火山活動解説資料（平成31年1月）, < https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/fukuoka/19m01/509_19m01.pdf> (2019年2月18日アクセス).

京都大学防災研究所（2019）：口永良部島2019年1月17日噴火のレーダー観測. < http://www.svo.dpri.kyoto-u.ac.jp/new/wp-content/uploads/2019/01/RadarKuchinoerabu20190117.pdf> （2019年2月18日アクセス）.

キーワード：火山噴火、口永良部島、気象レーダー
Keywords: volcanic eruption, Kuchinoerabu-jima, weather radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

数値シミュレーションによる口永良部島火山の最近の爆発的噴火における噴煙の噴出条件の検討
Numerical Study on the Ejection Conditions of Ash Clouds during Recent Eruptions of Kuchinoerabujima Volcano

*石峯 康浩[1]、及川 輝樹[2]、下司 信夫[2]
*Yasuhiro Ishimine[1], Teruki Oikawa[2], Nobuo Geshi[2]

1. 鹿児島大学地震火山地域防災センター、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター
1. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University, 2. Geological Survey of Japan, AIST

口永良部島火山では2014年、2015年の噴火に引き続き、2018年10月から火山活動が活発化し、同年12月18日、翌2019年1月17日ならびに同月29日と噴火が相次いでいる（2019年2月19日現在）。これらの噴火では、噴煙を発生させる爆発的噴火に伴って小規模な火砕流がたびたび発生している点が大きな特徴である。火砕流は極めて危険な火山現象であるため、火砕流の発生メカニズムを理解することは学術的に重要であるばかりでなく、火山周辺の居住地域への到達リスクを評価する上でも極めて優先度が高い課題である。

我々は2014年から2019年までに口永良部島火山で発生した火砕流を伴う爆発的噴火の映像データや噴出物分布を基に可能な限り噴煙の噴出条件を特定し、その条件を利用した噴煙の噴出シミュレーションを行った。計算は理化学研究所のスーパーコンピュータ・システムHOKUSAI（課題番号Q18431）を利用して実施した。

本研究では噴煙の初期温度、初期密度、噴出速度を噴煙の振舞を支配する主要なパラメータと仮定して、これらの値を変えた計算を実施し、実現象に近いパラメータセットを探索した。その結果、一定の条件下で火砕流が発生する計算結果が得られた。火砕流の発生条件としては、特に、噴煙の噴出温度が重要であり、800K以下の場合には火砕流となる可能性が高いことが示された。これは、これまで火砕流が発生した噴火はいずれも熱水変質物に富む比較的低温な噴出物を放出したこととも整合的である。

また、数値シミュレーションによって、口永良部島火山の火砕流が山体の西側斜面を中心に流れ広がる傾向が高いのは、火口東側の南北に連なる尾根が影響していることも示唆された。これも、口永良部島火山におけるこれまでの観測結果と整合的である。

キーワード：口永良部島火山、火砕密度流、数値シミュレーション
Keywords: Kuchinoerabujima volcano, Pyroclastic Density Current, Numerical Simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

霧島新燃岳2011噴火の映像解析
Image analysis of volcanic clouds during the 2011 Kirishima Shinmoedake eruption

*小堀 壮彦[1]、木下 紀正[1]、飯野 直子[2]、真木 雅之[1]、福島 誠治[1]
*Takehiko KOBORI[1], Kisei KINOSHITA[1], Naoko IINO[2], Masayuki MAKI[1], Seiji FUKUSHIMA[1]

1. 鹿児島大学、2. 熊本大学
1. Kagoshima University, 2. Kumamoto University

霧島新燃岳2011噴火の噴煙規模と放出の時間発展について検討する．前報[1-3]の多点映像観測と各種衛星画像による噴煙拡散解析に加え，大浪池火山監視カメラ（鹿児島県[4]）映像や公開されている写真などを解析する．

噴煙の映像解析では，山頂と水平線を基準にした写真解析プログラム[5]を改良し，国土地理院の標高タイル[6]から作成した稜線と映像内の地形をフィッティングして画像計測する方法を開発した．稜線を作成する際に地球の曲率を考慮することで正確なフィッティングが可能となり，噴煙の海抜高度を精度良く見積もれるようになった．

霧島新燃岳では2008年から噴気や白煙がしはしば見られたが，2011年1月19日1時27分の小噴火で初めて新鮮なマグマ物質を含む火山灰が確認された[7]．その後，1月22-25日には連続噴煙に変った[1-3]．このとき，噴煙は流されつつ約5-7km下流まで上昇し，最上部は海抜1700-2200mに達して水平に移流した．同様な定常的灰煙放出による連続噴煙は26日15時頃まで続き，下流3-4kmで最高点の1700-1900mに達した．26日の地表付近は大気混濁で視界が悪い状態であったが，新燃岳の南南西50kmの観測定点では15時30分以後の準ブリニー式噴火の発達経過と噴煙流全景を捉えた近赤外ビデオ映像と写真が得られた．また大規模灰煙の上部は新燃岳の南西58kmの鹿児島市南部および北38kmの観測定点の人吉盆地の可視Webカメラでも捉えられた[1]．これらを鮮明化処理して画像計測を行った結果，噴煙は下流7-8kmまで上昇し，最上部は海抜5000-6000m，まれに7000mに達していることがわかった．これは種子島及び福岡の気象ドップラーレーダの解析から求めた海抜高度7000m（精度1km）[8]に近い．27日の映像観測では朝から勢いの良い連続噴煙が見られ，15時30分と15時41分の爆発から準プリニー式噴火に移行し，海抜7000-8000mに達する猛煙が各定点から見られた．

謝辞：鹿児島県姶良・伊佐地域振興局河川港湾課の観測画像データ提供に深く感謝します．

[1] 木下他，霧島新燃岳爆発噴煙の映像観測と衛星画像解析, JpGU,SVC070-P16, 2011.
[2] 木下，霧島新燃岳噴火と災害危機対応, 日本の科学者,46,1120-1126, 2011.
[3] 飯野他，霧島新燃岳2011年噴煙の映像観測と移流解析, 熊本大教育紀要,自然科学,60, 69-76，2011.
[4] 鹿児島県姶良・伊佐地域振興局,霧島山火山監視映像/大浪池, 2011.
[5] 木下・吉田, 桜島噴煙流の写真解析, 鹿児島大教育紀要,自然科学,42,1-19,1990.
[6] 国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html#dem）
[7] 下司他, 霧島火山新燃岳2011 年1月噴火を駆動したマグマ，JpGU,SVC050-04,2011,
[8] 新堀他，気象レーダー・衛星による火山噴煙観測－2011年霧島山（新燃岳）噴火の事例－, 験震時報,77, 139-214, 2013.

キーワード：噴煙、画像解析、数値標高モデル
Keywords: Volcanic Clouds, Image Analysis, Digital Elevation Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

積乱雲発生の早期検知のための雲レーダーネットワーク
Cloud Radar Network for Early Detection of Cumulonimbus Generation

*前坂 剛[1]、大東 忠保[1]、岩波 越[1]、鈴木 真一[1]、出世 ゆかり[1]、櫻井 南海子[1]
*Takeshi Maesaka[1], Tadayasu Ohigashi[1], Koyuru Iwanami[1], Shin-Ichi Suzuki[1], Yukari Shusse[1], Namiko Sakurai[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Recently municipal engineers point out that urban city is vulnerable for localized heavy rainfall, and that rainfall monitoring and forecasting are important for water management. A weather radar is a powerful tool for that purpose; however it is only precipitation particles (hydrometeors excluding cloud particles) that current operational radars (S-, C- and X-band) can detect. This means that when the radar catches the echo, the rainfall may have already started. Meanwhile, the heavy rainfall is caused by a mature cumulonimbus which develops from a cumulus. So the detection of the cumulous is expected to make the lead time of heavy rainfall forecasting longer. But the current radar cannot observe the cumulus which consists of the cloud particles. For an early warning of heavy rainfall, we developed the cloud radar network around Tokyo metropolitan area.
The network consists of five Ka-band (35 GHz) radars whose specifications are as follows: azimuth-/elevation-scanning Cassegrain antenna with a diameter of 2 m, 3 kW Extended Interaction Klystron (EIK) as a microwave amplifier, pulse compression by linear frequency modulation, and dual polarimetric capability (simultaneous transmission and reception of H and V; only three of the five radars). The minimum sensitivity we need is -17 dBZ (-20 dBZ) at 20 km range for dual (single) polarimetric type, respectively, because our target is the detection of a conversion from cloud droplets to raindrops. These radars were just deployed in February 2015. We would like to present preliminary results of our cloud radar and to discuss the availability to the early monitoring of cumulonimbus generation.

キーワード：雲レーダー、積乱雲、早期検知
Keywords: Cloud Radar, Cumulonimbus, Early Detection

©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30日(木) 9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

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

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

9:00 ~ 9:15

[MIS19-17] 広島県産石筍の安定酸素・凝集同位体に記録された18.1−4.5 kaの気温・降水変動史

*加藤 大和[1]、雨川 翔太[1]、狩野 彰宏[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

9:15 ~ 9:30

[MIS19-18] 日本の太平洋側から採取された石筍の安定同位体比と凝集同位体に記録された過去8万年の陸域古気候

*雨川 翔太[1]、加藤 大和[1]、狩野 彰宏[1]、柏木 健司[2]、森 大器[3]、仙田 量子[3]、沈 川州[4] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.富山大学大学院理工学研究部（理学）、3.九州大学地球社会統合科学府、4.国立台湾大学地球科学研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS19-19] 二枚貝イタヤガイ殻のLi/Ｃａ比と日輪解析から推定される植物プランクトンの季節変動

*近藤 康生[1]、本藤 脩太郎、長谷川 精[1]、西尾 嘉朗[1]、廣田 隆吉 (1.国立大学法人　高知大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS19-20] Geological reconstruction of Antarctic Ice Sheet deglaciation on Soya Coast, East Antarctica since the Last Glacial Maximum

*川又 基人[1]、菅沼 悠介[2,1]、土井 浩一郎[2,1]、澤柿 教伸[3]、服部 晃久[1] (1.総合研究大学院大学　複合科学研究科極域科学専攻、2.国立極地研究所、3.法政大学)

10:00 ~ 10:15

[MIS19-21] 南西太平洋ラウ海盆の遠洋性堆積物から復元された第四紀海水のOs同位体比とその全球的気候変動に対する示唆

*桑原 佑典[1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,3]、野崎 達生[4,3,5,2]、大田 隼一郎[2,6,3]、佐藤 峰南[2,4]、木村 純一[6]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2] (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、4.国立研究開発法人海洋研究開発機構 海底資源研究開発センター、5.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、6.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

10:15 ~ 10:30

[MIS19-22] 最終氷期最盛期とそれに続く急激な氷床成長および崩壊と海水準変動

*横山 祐典[1]、エサット テザー[9]、トンプソン ウィリアム[10]、トーマス アレクサンダー[11]、ウェブスター ジョディ[2]、宮入 陽介[1]、沢田 近子[1]、阿瀬 貴博[1]、松崎 浩之[1]、奥野 淳一[3]、ファロン スチュワート[9]、ブラガ フアンカルロス[12]、マーク ハンブレ[4]、井龍 康文[5]、ポッツ ドナルド[13]、藤田 和彦[6]、鈴木 淳[7]、菅 浩伸[8] (1.東京大学　大気海洋研究所 高解像度環境解析研究センター、2.シドニー大学　、3.国立極地研究所、4.名古屋大学、5.東北大学、6.琉球大学、7.産業技術総合研究所、8.九州大学、9.オーストラリア国立大学　地球科学研究所、10.ウッズホール海洋研究所、11.エジンバラ大学、12.グラナダ大学、13.カリフォルニア大学　サンタクルーズ校)

広島県産石筍の安定酸素・凝集同位体に記録された18.1–4.5 kaの気温・降水変動史

Paleotemperature and precipitation history (18.1–4.5 ka) in stalagmite bulk and clumped isotopes from Hiroshima, Japan

*加藤 大和[1]、雨川 翔太[1]、狩野 彰宏[1]
*Hirokazu Kato[1], Shota Amekawa[1], Akihiro Kano[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

鍾乳洞内部で発達する石筍の安定酸素同位体組成（$\delta^{18}O$）は、地域の降水に由来する滴下水の同位体組成と、結晶析出時の温度にコントロールされている。しかし、酸素同位体記録単体から、両者の影響を定量的に分離することは容易ではない。

“炭酸凝集同位体温度計”は、炭酸塩鉱物の酸解離により生じる二酸化炭素凝集同位体（$^{13}C^{18}O^{16}O$）の存在度異常(Δ_{47})を測定し、鉱物沈殿温度のインデックスとして利用する。この手法を石筍に適用することで、滴下水の同位体情報に依存しない古温度復元が可能である。

本研究では、九州大学に配備された質量分析計MAT253と前処理装置を用い、広島県産の石筍Hiro-1の50層準について凝集同位体の測定を行った。石筍Hiro-1は18.1–4.5 kaの形成年代を持ち、10.8–7.7 kaと12.8–11.4 kaの期間には成長の中断が見られる。

Hiro-1のΔ_{47}値は0.683–0.741‰で推移し、石筍と似た形成様式をもつトゥファによる温度較正式（Kato *et al.*, 2019）を用いると、3.2–23.4 ºCの温度が導かれる。各時期の値を見ると、18.0–16.0 kaでは5.2–12.5 ºC（平均7.4 ºC）、15.9–14.5 kaでは10.4–12.8 ºC（平均11.9 ºC）、14.2–12.6 kaでは3.2–9.4 ºC（平均6.1 ºC）、11.0–10.7 kaでは6.8–12.4ºC（平均9.2 ºC）、7.7–4.9 kaでは7.6–23.4 ºC（平均15.7 ºC）、4.9–4.5 kaでは3.9–9.7 ºC（平均8.2 ºC）という結果が得られた。

Δ_{47}値による温度復元結果は、最終氷期最寒冷期（LGM）やYounger-Dryas期の気温低下や、完新世へ向けた気温上昇、Hypsithermal期の温度ピークといった既知の気候変動と概ね一致しており、LGM（18.0–16.0 ka）と完新世中期（7.7–4.9 ka）の気温変化幅は8.3 ºCと導かれた。5.9–14.5 kaと10.7 kaでは、前後の時期に比べて高い$\delta^{18}O$値と低いΔ_{47}値（高い温度）が得られているが、これらの時期は、Hori *et al.*（2013）が高いPCP（prior calcite precipitation）を復元した時期と一致することから、乾燥による強い非平衡効果があったと推定され、復元された温度情報は信頼できないものと考えられる。

Hiro-1の$\delta^{18}O_{Hiro\text{-}1}$値に対して、復元温度を用いた補正を行うことにより、過去の天水（もしくは滴下水）の$\delta^{18}O_{MW}$値を導くことができる。復元された$\delta^{18}O_{MW}$値は、氷期から完新世に向けて1–2‰上昇しており、この変動は、夏季アジアモンスーン（EASM）の強まりによる夏季降水の増大と、瀬戸内海への海進による内陸度の低下を反映したものと推定される。

引用文献

Kato H., Amekawa S., Kano A., Mori T., Kuwahara Y., Quade J. (2019) Seasonal temperature changes obtained from carbonate clumped isotopes of annually laminated tufas from Japan: Discrepancy between natural and synthetic calcites. *GCA* **244**, 548–564.

Hori M., Ishikawa T., Nagaishi K., Lin K., Wang B.-S., You C.-F., Shen C.-C., Kano A. (2013) Prior calcite precipitation and source mixing process influence Sr/Ca, Ba/Ca and $^{87}Sr/^{86}Sr$ of a stalagmite developed in southwestern Japan during 18.0 4.5 ka. *Chem. Geol.* **347**, 190–198.

キーワード：石筍、炭酸凝集同位体、気温復元、最終氷期、完新世、古気候

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: stalagmite, carbonate clumped isotope, temperature reconstruction, last glacial period, Holocene, paleoclimate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の太平洋側から採取された石筍の安定同位体比と凝集同位体に記録された過去8万年の陸域古気候

Terrestrial paleoclimate since 80 ka recorded in stable and clumped isotopes of two stalagmites obtained from the Pacific side of the Japanese islands

*雨川 翔太[1]、加藤 大和[1]、狩野 彰宏[1]、柏木 健司[2]、森 大器[3]、仙田 量子[3]、沈 川州[4]
*Shota Amekawa[1], Hirokazu Kato[1], Akihiro Kano[1], Kenji Kashiwagi[2], Taiki Mori[3], Ryoko Senda[3], Chuan-Chou Shen[4]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 富山大学大学院理工学研究部（理学）、3. 九州大学地球社会統合科学府、4. 国立台湾大学地球科学研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama, 3. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 4. Department of Geosciences, National Taiwan University

第四紀後期の陸域古気候復元手法として石筍試料は広く用いられてきた。石筍の酸素同位体比（$\delta^{18}O$）は、量的効果や水蒸気ソースによって変動する降水$\delta^{18}O$だけではなく気温変化の影響を受けることが指摘されている。気温変化を評価する手法の一つは凝集同位体分析である。凝集同位体とは希少な同位体同士が結合した分子を指し、石筍研究では炭酸カルシウムのリン酸反応で生じる二酸化炭素のうち質量数47の$^{13}C^{18}O^{16}O$が測定対象となる。その存在度は理論値よりも実測値が高いことが知られており、この理論値と実測値の差分は熱力学的な安定性に起因しているため、炭酸塩の凝集同位体異常（Δ_{47}）のみで当時の気温を復元できる可能性が示されてきた。本研究では安定同位体分析とΔ_{47}分析を、インド洋や日本海からもたらされる水蒸気の影響が無いとされる日本の太平洋側の石筍に適用した。

試料は三重県大紀町から採取された2本の石筍 (KA01, KA03)である。国立台湾大学で実施した合計32点のウラン–トリウム年代測定の結果は、KA01が約1000年前から14000年前に、KA03が約20000年前から80000年前 (Mori et al., 2018) に成長したことを示している。２本の石筍の$\delta^{18}O$変動は中国南部のHulu洞窟などで得られた石筍記録と類似するが、その変動幅は約半分と小さいことが特徴である。

これらの$\delta^{18}O$変動は、Δ_{47}の測定結果から中国南部の石筍とは違う解釈を必要とする。KA01のトップにおけるΔ_{47}は現在の洞窟内部の気温と整合的であり、Δ_{47}が気温記録であることを裏付ける。KA01全体のΔ_{47}変動は$\delta^{18}O$変動と一致する部分が多く、現在の降水$\delta^{18}O$を考慮すると、14000年前以降の$\delta^{18}O$変動は降水$\delta^{18}O$というよりも気温変化に大きく支配されていることが示唆された。一方、KA03のΔ_{47}は寒冷期とされるハインリッヒイベント(HE)に対応する部分で低く、高い温度を復元してしまい、単純に温度記録として解釈できない。HEの炭素同位体比（$\delta^{13}C$）はその前後と比較して0.5–1‰高い値を示しており、母岩に供給される天水が減少し、導管内で脱ガス・沈殿が生じたことを示唆している。これはHEに大きく降水量が低下したことと一致しており、石筍表面が乾燥した結果見かけ上矛盾した値を導いたと考えられる。本研究の結果は石筍古気候復元において$\delta^{18}O$変動の解釈に、凝集同位体が極めて有用であることを示している。

キーワード：凝集同位体、石筍古気候学
Keywords: clumped isotope, speleothem paleoclimatelogy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

二枚貝イタヤガイ殻のLi/Ｃａ比と日輪解析から推定される植物プランクトンの季節変動

Seasonal changes in Li/Ca ratio and inferred phytoplankton abundance as analyzed by daily growth increments of *Pecten albicans* (Bivalvia)

*近藤 康生[1]、本藤 脩太郎、長谷川 精[1]、西尾 嘉朗[1]、廣田 隆吉
*Kondo Yasuo[1], Hondo Shutaro, Hasegawa Hitoshi[1], Nshio Yoshiro[1], Hirota Takayoshi

1. 国立大学法人　高知大学
1. National University Corporation Kochi University

化石イタヤガイ科二枚貝を古環境復元のためのモデル古生物として確立するため，土佐湾産現生イタヤガイ*Pecten albicans*の殻の微細成長特性と環境要因との関連を検討した．今回は，LA-ICP-MSによる現生イタヤガイ殻の元素プロファイル，特にLi/Ca比と殻成長との関連に注目し，それらと土佐湾での実測水温等のデータ（広田・市川，2012）との照合を行った．分析した標本は，2011年4月29日に土佐湾で採取されたイタヤガイ（KSG-th001）の左殻で，前年の2010年に成長した部分を中心として，日輪と考えられる微細共縁状ラメラの幅を計測し，Li等の微量元素プロファイルを得た．元素プロファイルは，日輪解析に基づき，時系列変動に転換し，さらに酸素同位体分析に基づき，季節変動を考察した．

その結果，分析個体のイタヤガイは2010年の春から夏にかけて水温の上昇期によく成長したが，9月から10月にかけての高水温期には殻成長は鈍化し，秋の高水温期から冬の低水温期にかけては成長が停滞したことが分かった．この成長停滞期は褐色を呈する左殻表面の年輪（白色バンド）と一致する．ただし，春の高成長期（50日間弱）と夏の高成長期（約20日間）の間にも明瞭な殻成長の停滞期が認められたが，これは同位体水温の低下期にあたる．この時期に推定される水温低下は，土佐湾亜表層における観測データと符合する．

このような殻の微細成長変動パタンはLi/Ca比の変動パタンと明らかな関連を示しており，クロロフィルaの変動とも調和することが分かった．Liは餌となる珪藻の細胞壁に多く含まれていることから，ヨーロッパに分布する*Pecten maximus*のLi/Ca比はプランクトンブルームの時期および規模の指標となる可能性が指摘されている（Thébault & Chauvaud，2013）．本研究の結果，日本周辺に分布するイタヤガイにおいても殻成長とLi/Ca比は強く関連しており，殻のLi/Ca比がプランクトンブルームの指標として有用であることが確かめられた．

本研究は高知大学海洋コア総合研究センター共同利用・共同研究(採択番号18B060)のもとで実施された．

キーワード：Li/Ca、イタヤガイ、日輪、季節変動、プランクトンブルーム
Keywords: Li/Ca, Pecten albicans, daily growth increment, seasonal change, plankton bloom

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geological reconstruction of Antarctic Ice Sheet deglaciation on Soya Coast, East Antarctica since the Last Glacial Maximum

*川又 基人[1]、菅沼 悠介[2,1]、土井 浩一郎[2,1]、澤柿 教伸[3]、服部 晃久[1]
*Moto Kawamata[1], Yusuke Suganuma[2,1], Koichiro Doi[2,1], Takanobu Sawagaki[3], Akihisa Hattori[1]

1. 総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2. 国立極地研究所、3. 法政大学
1. Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Science, SOKENDAI (The Graduate Unversity for Advanced Studies), 2. National Institute of Polar Research, 3. Hosei University

A robust understanding of the history of ice retreat in East Antarctica since the Last Glacial Maximum (LGM) is important in order to validate ice sheet and glacial-isostatic adjustment models and to anticipate their contribution to global sea-level rise. Geomorphological studies and surface exposure dating (SED) will provide direct evidence of the timing and the history of ice retreat on coastal oases and nunatak regions in East Antarctica. Recent studies have reported retreat ages based on surface exposure dating (SED) in Skarvsnes, southern part of Soya Coast, East Antarctica. However, the history of ice retreat remains unclear, because a limited number of surface exposure ages were reported by a previous study, and the results were not interpreted based on field-based geomorphological survey In this study, we reconstruct the last history of ice retreat of the Skarvsnes based on the field-based geomorphological survey and newly obtained SED samples. As results of the field survey, we distinguish three Phase of the ice sheet retreat at the Skarvsnes. The basement rocks at the highest peak (ca. 400 masl) to ca. 250 masl area of the Skarvsnes was weathered extensively, whereas weathering of the basement rocks below ca. 250 masl was relatively weak. The extensively weathered basement rock feature is quite similar to that of the northern part of Soya Coast, where ^{14}C dating of fossil shells in the raised beaches suggests that the area had remained ice-free throughout the LGM. Therefore, the differences in weathering feature are thought to indicate the upper limit of ice sheet height at LGM at the Skarvsnes (Phase 1). In the other area of Skarvsnes, glacial striations including cross-cutting set were clearly observed. That is, the ice sheet flow direction was changed with ice sheet thickness thinning under the influence of the basement topography after the LGM (Phase 2). Eventually, the ice sheet was flowing down divided in North and South obstructed by the 362 masl mountain (Shirasuso-Yama) near the current ice sheet margin (Phase 3). Several surface exposure ages were obtained from rocks sampled at sites of different altitudes and distances from the current ice margin. These ages are consistent with the above geomorphological interpretation and it suggests that near current ice sheet margin has been exposed from ice about 9 ka. These data are almost consistent with retreat ages at Mac. Robertson Land in East Antarctica.

キーワード：氷河地形、表面露出年代
Keywords: Glacial geomorphology, surface exposure dating

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南西太平洋ラウ海盆の遠洋性堆積物から復元された第四紀海水のOs同位体比とその全球的気候変動に対する示唆

Os isotope record of the Quaternary seawater derived from pelagic sediment in the Lau Basin, western South Pacific Ocean, and its implications for global climate changes

*桑原 佑典[1]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[2,3]、野崎 達生[4,3,5,2]、大田 隼一郎[2,6,3]、佐藤 峰南[2,4]、木村 純一[6]、中村 謙太郎[1]、加藤 泰浩[3,1,2]

*Yusuke Kuwahara[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Koichiro Fujinaga[2,3], Tatsuo Nozaki[4,3,5,2], Junichiro Ohta[2,6,3], Honami Sato[2,4], Jun-Ichi Kimura[6], Kentaro Nakamura[1], Yasuhiro Kato[3,1,2]

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、4. 国立研究開発法人海洋研究開発機構 海底資源研究開発センター、5. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、6. 国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野

1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo, 4. Research and Development Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology , 5. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 6. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

陸域における珪酸塩鉱物の化学的風化は大気CO_2の消費を通し，全球気候を数百万年オーダーの長期的スケールで制御してきたといわれている．この過程は気候変動に対する負のフィードバック機構として働き，地球環境が暴走温室，あるいは全球凍結状態に陥るのを回避してきた．しかしながら，このメカニズムがより短い時間スケール (数万年～数十万年オーダー) の全球気候変動，特に第四紀の氷期–間氷期サイクルにおいても機能したのかどうかについては，未だ統一的な見解は得られていない．

固体地球が全球気候変動に応答する時間スケールを制約するため，発表者らは大陸地殻の風化のプロキシとして海水のオスミウム (Os) 同位体比 ($^{187}Os/^{188}Os$) を利用した．海水のOs同位体比は,大陸から流入する放射壊変起源Osに富む ($^{187}Os/^{188}Os$ = 1.0–1.4) フラックスと，マントルや宇宙塵に由来する非放射壊変起源Osに富む ($^{187}Os/^{188}Os$ = ~0.12) フラックスの相対強度により決定される．両者の同位体比は大きく異なり，さらに海洋でのOsの滞留時間が数万年オーダーと短いため，海水のOs同位体比は海洋への各流入フラックスの変動を鋭敏に捉えることができる．第四紀を通じて非放射壊変起源のOsフラックスを一定と仮定すると，第四紀海水のOs同位体比の復元を通じて氷期–間氷期サイクルにおける珪酸塩鉱物の風化強度変動を捉えることができると期待される．

発表者らは，南西太平洋ラウ海盆の遠洋性堆積物 (鉄酸化水酸化物に富む炭酸塩軟泥) に記録された，氷期–間氷期サイクルにおける海水のOs同位体比を復元した．海底熱水活動により放出される鉄酸化水酸化物は，海水中のOsを効率的に吸着する．また，炭酸塩軟泥は堆積速度が速く，陸源砕屑物の混入が少ない．したがって，本研究で対象とした堆積物は，海水のOs同位体比の記録媒体として最適であると考えられる．分析の結果，氷期–間氷期サイクルに伴った海水の$^{187}Os/^{188}Os$の明瞭な変動が見出された．さらに，これに基づき海洋1-box同位体マスバランスモデルを用いて大陸起源のOsフラックス変動を見積もった．本発表では，これらの結果から示唆された第四紀気候変動に対する風化フィードバックの寄与について報告する．

キーワード：氷期–間氷期サイクル、地球温暖化、オスミウム同位体比、炭素循環、熱水性堆積物

Keywords: Glacial–interglacial cycle, Global warming, Osmium isotopic ratio, Carbon cycle, Hydrothermal sediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

最終氷期最盛期とそれに続く急激な氷床成長および崩壊と海水準変動
Rapid glaciation and sea level changes during the Last Glacial Maximum and the deglaciation

*横山 祐典[1]、エサット テザー[9]、トンプソン ウィリアム[10]、トーマス アレクサンダー[11]、ウェブスター ジョディ[2]、宮入 陽介[1]、沢田 近子[1]、阿瀬 貴博[1]、松崎 浩之[1]、奥野 淳一[3]、ファロン スチュワート[9]、ブラガ フアンカルロス[12]、マーク ハンブレ[4]、井龍 康文[5]、ポッツ ドナルド[13]、藤田 和彦[6]、鈴木 淳[7]、菅 浩伸[8]
*Yusuke Yokoyama[1], Tezer M Esat[9], William G Thompson[10], Alexandar L Thomas[11], Jody W Webster[2], Yosuke Miyairi[1], Chikako Sawada[1], Takahiro AZE[1], Hiroyuki Matsuzaki[1], Jun'ichi Okuno[3], Stewart Fallon[9], Juan-Carlos Braga[12], Marc Humblet[4], Yasufumi Iryu[5], Donald C Potts[13], Kazuhiko Fujita[6], Atsushi Suzuki[7], Hironobu Kan[8]

1. 東京大学　大気海洋研究所 高解像度環境解析研究センター、2. シドニー大学　、3. 国立極地研究所、4. 名古屋大学、5. 東北大学、6. 琉球大学、7. 産業技術総合研究所、8. 九州大学、9. オーストラリア国立大学　地球科学研究所、10. ウッズホール海洋研究所、11. エジンバラ大学、12. グラナダ大学、13. カリフォルニア大学　サンタクルーズ校
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 2. University of Sydney, Australia, 3. National Institute of Polar Research, 4. Nagoya University, 5. Tohoku University, 6. University of the Ryukyus, 7. The Geological Survey of Japan, AIST, 8. Kyushu University, 9. Research School of Earth Sciences, The Australian National University, Australia, 10. Woods Hole Oceanographic Institute, USA, 11. University of Edinburgh, UK, 12. Universidad de Granada, Spain, 13. University of California Santa Cruise, USA

Studying changes in rates and magnitudes of glaciations/deglaciations during the past is a key to understand global climate system. The Last Glacial Maximum (LGM), centered around 20,000 years ago, as well as period after the LGM, therefore, represents key period to investigate. Sea level observations from sites far from the former ice sheets (far-field) are well suited due to the relatively small influence of surface deformation caused by glacio-hydro-isostatic adjustments (GIA). Australian coastlines are located in such regions and were targeted in this study of sea level changes over the past 30,000 years. The sites are situated off the North Eastern and North Western coasts of Australia respectively the Great Barrier Reef (GBR) and Bonaparte Gulf. Over thirty fossil reef cores were obtained from GBR shelf edge and two transects in northern and southern sites and >1,000 radiometric dating were conducted, in combination with detailed sedimentogic and biologic studies (Yokoyama et al., 2018). GIA modeling was also conducted to deduce global mean sea level (GMSL) from relative sea level records obtained from these regions. The results show that the LGM started when GMSL abruptly dropped by about 40 metres at around 31,000 years ago. The sea level at the shelf edge of the Great Barrier Reef then dropped by around 20 metres between 22,000 and 21,500 years ago, to -118 metres below the present and similar changes are observed in Bonaparte Gulf samples. Sea level began to rise just after the full extent of the LGM, consistent with previous studies. The LGM GMSL obtained from our study is about -125 to -130 metres. Sea level records from the North Australian coasts suggest that glaciers may have behaved more dynamically during the LGM than previously thought. The GBR had been existed despite from severe environmental changes during the last 30,000 years (Webster et al., 2018).

References:
Yokoyama et al. (2018) Nature, v559, p603-607
Webster, Yokoyama et al (2018) Nature Geoscience, v11, p426-432

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：海水準、氷床、最終氷期最盛期
Keywords: Sea level, ice sheet, the last glacial maximum

©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30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[M-IS19] 古気候・古海洋変動

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

本セッションは、陸と海の両方から復元される古環境情報とモデル研究の統合を目指し、数年からテクトニクスが関わる時間スケールまでの古環境変動やイベントに関わる研究を取り扱う。陸域・海域、時代、手法を問わず幅広い内容の発表を歓迎し、中・長期の気候・環境変動に関連する幅広い研究分野との一層の連携促進を目指している。 通常の講演に加えて、現在・未来の気候と地球環境変動をPaleo視点から俯瞰する特別企画を設け、今後の古気候・古海洋研究の方向性を考えていきたい。研究分野の垣根を超え、連合大会ならではの活発な交流の場となることを期待する。

10:45 ~ 11:00

[MIS19-23] 海洋堆積物から検出された長鎖アルケンジオンとその不飽和比：アルケノン生合成経路とその進化の解明にむけて

*風呂田 郷史[1]、中村 英人[2]、沢田 健[3] (1.海洋研究開発機構生物地球化学研究分野、2.大阪市立大学大学院理学研究科、3.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

11:00 ~ 11:15

[MIS19-24] **Geomorphic and pedogenic forcing on the distribution of organic matter from vegetation to soil- a concern for paleoenvironment studies**

*Biswajit Roy[1]、Kanva Goyal[1]、Prasanta Sanyal[1] (1.Indian Institute of Science Education Research Kolkata)

11:15 ~ 11:30

[MIS19-25] Sea surface salinity of the Kuroshio Current along the Nansei Islands in the mid-Holocene inferred from fossil corals

*岨 康輝[1]、本郷 宙軌[2]、田中 健太郎[3]、藤井 琢磨[4]、坂井 三郎[1]、山口 耕生[6,5] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.琉球大学、3.東京大学、4.鹿児島大学、5.東邦大学、6.NASA Astrobiology Institute)

11:30 ~ 11:45

[MIS19-26] 完新世初期における日本海への対馬暖流の周期的流入に関する海洋力学モデル

*磯辺 篤彦[1] (1.九州大学応用力学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS19-27] 完新世におけるアリューシャン低気圧-偏西風ジェットの百年・千年規模変動

*長島 佳菜[1]、原田 尚美[1] (1.海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)

12:00 ~ 12:15

[MIS19-28] **Monsoon-related errors in paleotemperature estimation based on leaf margin analysis in central Japan**

*Wang Yuqing[1]、Momohara Arata[1]、Huang Yongjiang[2] (1.Graduate School of Horticulture, Chiba University、2.Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, CAS)

海洋堆積物から検出された長鎖アルケンジオンとその不飽和比：アルケノン生合成経路とその進化の解明にむけて

Long-chain alkenediones found from marine sediments and their unsaturation ratios: key compounds to study the evolution of alkenone biosynthetic pathway?

*風呂田 郷史[1]、中村 英人[2]、沢田 健[3]
*Satoshi Furota[1], Hideto Nakamura[2], Ken Sawada[3]

1. 海洋研究開発機構生物地球化学研究分野、2. 大阪市立大学大学院理学研究科、3. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. Faculty of Science, Osaka City University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University

長鎖アルケノン（C_{37-}–C_{39} アルケノン）はハプト藻によって生成される特徴的な化合物であり、堆積物中のアルケノン不飽和比は海洋表層水温（SST）の古水温計として利用されてきた。アルケノンを利用した古海洋学研究は、現在の海洋において主要なアルケノン生産者である*Emiliania huxleyi*や*Gephyrocapsa oceanica*などの生理的特徴に基づいて実施されている。しかしながら、これらの種の出現時期はそれぞれ約0.29 Maと約1.85 Maと比較的若く、より古い年代を対象にアルケノン古水温計を適用するには生合成自体の進化や変化を考慮する必要性が本来はある。近年の研究によって、後期中新世から前期鮮新世の海洋堆積物中から長鎖（C_{38}）アルケンジオンが検出された（Furota et al., 2016）。この化合物は、（１）長鎖アルケノンとほとんど同じ分子構造を持っており、（２）現在のアルケン生産種や海洋表層堆積物からの検出例がなく、（３）アルケノンに対する相対量は古い年代ほど多い。このことから、検出されたC_{38}アルケンジオンは過去のアルケノン生産種のみが生合成することができた有機分子であると現段階では解釈されている。そのため、長鎖アルケノンとアルケンジオンの詳細な組成変化の解明には、アルケノン生合成経路の進化を考える上で重要な知見を提供できる高いポテンシャルがあると期待できる。

長鎖アルケノンと長鎖アルケンジオンの十万年スケールの組成変化を調査するため、本研究ではIODP第339次航海によって北東大西洋から回収された後期中新世～更新世の半遠洋性堆積物を対象にアルケノン分析を実施した。化合物の同定には、中極性カラム（VF-200 ms）を装着したガスクロマトグラフィー–質量分析計（GC–MS）を使用し、定量分析にはGC–水素炎イオン化検出機（FID）を使用した。中極性カラムを用いたGC分析は、長鎖アルケノンのピーク形状をよりシャープにし、より良い分離度を達成する方法して近年利用され始めた分析法である（Longo et al., 2013; Furota et al., 2016）。

分析の結果、すべての堆積物試料から長鎖アルケノンとC_{38}アルケンジオンが検出された。興味深いことに、長鎖アルケノンがC_{37}–C_{39}の炭素数を示すのに対し、アルケンジオンはC_{38}の炭素数しか示さなかった。GC/MSによって得られたマスフラグメントグラムに基づくと、検出されたC_{38}アルケンジオンはメチルケトンとエチルケトンを両末端にもつ長鎖のジケトンであると解釈される。また本研究では、先行研究によって報告されていた$C_{38:2}$アルケノンジオンに加え、世界で初めて$C_{38:3}$アルケノンジオンを更新世～後期鮮新世の堆積物試料から検出した。

アルケノンに対するC_{38}アルケノンジオンの相対量には中新世から更新世にかけて顕著に減少していく傾向が見られた。この結果は、過去のアルケノン生産者だけがC_{38}アルケノンジオンを生合成できたという現段階での解釈を支持し、同時に、そのような生産種が中新世から更新世にかけて減少したこと示してる。また、C_{38}アルケノンジオンの不飽和比（$C_{38:2}/[C_{38:2} + C_{38:3}]$）は$C_{37}$アルケノンの不飽和比（$U^{K'}_{37}$）と高い相関関係を示した（$R^2 = 0.85$）。この結果は、$C_{38}$アルケノンジオンが長鎖アルケノンの類似した機能を持つ化合物であり、同様の生合成経路によって生成されていたことを強く示唆する。さらに、C_{38}アルケノンジオンの炭素数はC_{37}–C_{39}アルケノンの中間に位置し、ケトン基の位置はC_{37}–C_{39}アルケノンのすべてと共通点をもつ。これ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

らのことから考えると、C_{38}アルケノンジオンは長鎖アルケノンと同等の機能性および関連した生合成系経路を有した有機化合物であり、より原始的なアルケノン生合成系経路によって合成されていたと考えることができる。

参考文献
Furota et al. (2016) Org. Geochem. 101, 166–175.
Longo et al. (2013) Org. Geochem. 65, 94-102.

キーワード：アルケノン、アルケンジオン、古海洋学
Keywords: Alkenone, Alkenedione, Paleoceanography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geomorphic and pedogenic forcing on the distribution of organic matter from vegetation to soil- a concern for paleoenvironment studies

*Biswajit Roy[1], Kanva Goyal[1], Prasanta Sanyal[1]

1. Indian Institute of Science Education Research Kolkata

The $\delta^{13}C$ values of soil organic matter (SOM) have been used to reconstruct the abundance of C_3 and C_4 plants. However, the intimate connection of distribution of vegetation with geomorphic processes and landforms may impart different $\delta^{13}C$ value in the contemporaneous vegetation. Such variation would also get registered in the organic matter composition of the soil, with an erroneous assumption of a significant change in C_3 and C_4 abundance. Therefore, it is important to understand the effect of lateral variation in riverine geomorphic architecture and its impact on the $\delta^{13}C$ value of vegetation and soil. In this study, a lateral transect (6 km) of an undulatory geomorphic surface of north-south trending lateritic alluvium of South Bengal (India) was considered to unveil the effect of topography, and active channel distance on the contemporaneous vegetation and soil. A variation of ca. 50‰ is observed in the n-alkane H-isotopic composition (δD_{C31}) of the dominating tropical deciduous species (Sal- *Shorearo busta*). The $\delta^{18}O$ value of the groundwater and the river water was analysed to understand the source of water for the tropical trees. The D/H ratio suggests that the vegetation near the active channel was mostly influenced by the river water (enriched) and in distal areas by the groundwater (depleted). Preliminary study on the $\delta^{13}C$ values of the Sal species suggests an enrichment of ca. 7‰ away from the active river channel. The difference is attributed to the change in water-availability, canopy, topography, and vegetation density that varied along the transect. Disparity in the efficiency of water use was observed in the long chain n-alkane average chain length (ACL) and carbon preference index (CPI) distribution. The higher ACL (>29) and CPI (>2) values are mostly associated with the badlands or upland soil environment with very low moisture availability. Preservation of the contemporaneous vegetation signals in the litter layer was regulated by the geomorphology, vegetation density, and the soil texture. The upland, and the distal areas with sparse vegetation tend to preserve more positive $^{13}C/^{12}C$ ratio (−24‰) compared to the lowland with well-developed soils (−28‰). The upland and distal soils, with a coarser texture, suggests faster decomposition of OM (TOC% <0.2) due to higher percolation and soil aeration; whereas in fine-textured lowland soils depleted (−4‰) and high TOC% (>0.5) is observed. Further, due to continuous abrasion by the riverine process, the TOC is also low in the soils adjacent to the active river. The nitrogen isotopic composition ($\delta^{15}N_{SOM}$) increases as alteration/decay or leaching of SOM proceeds. The faster decomposition and microbial processing of SOM in upland and distal area soils registered higher $\delta^{15}N$ (+4‰) values whereas lower values are registered in low-lying areas. This geomorphic and pedogenic effect on the plant-soil system may result in ambiguous interpretation about the past vegetation and thus warrants detail vegetation, geomorphic and physical or chemical characterisation of the soil before employing it as a paleo-record archive.

Keywords: Vegetation, Soil organic matter, Geomorphology, Pedogenesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

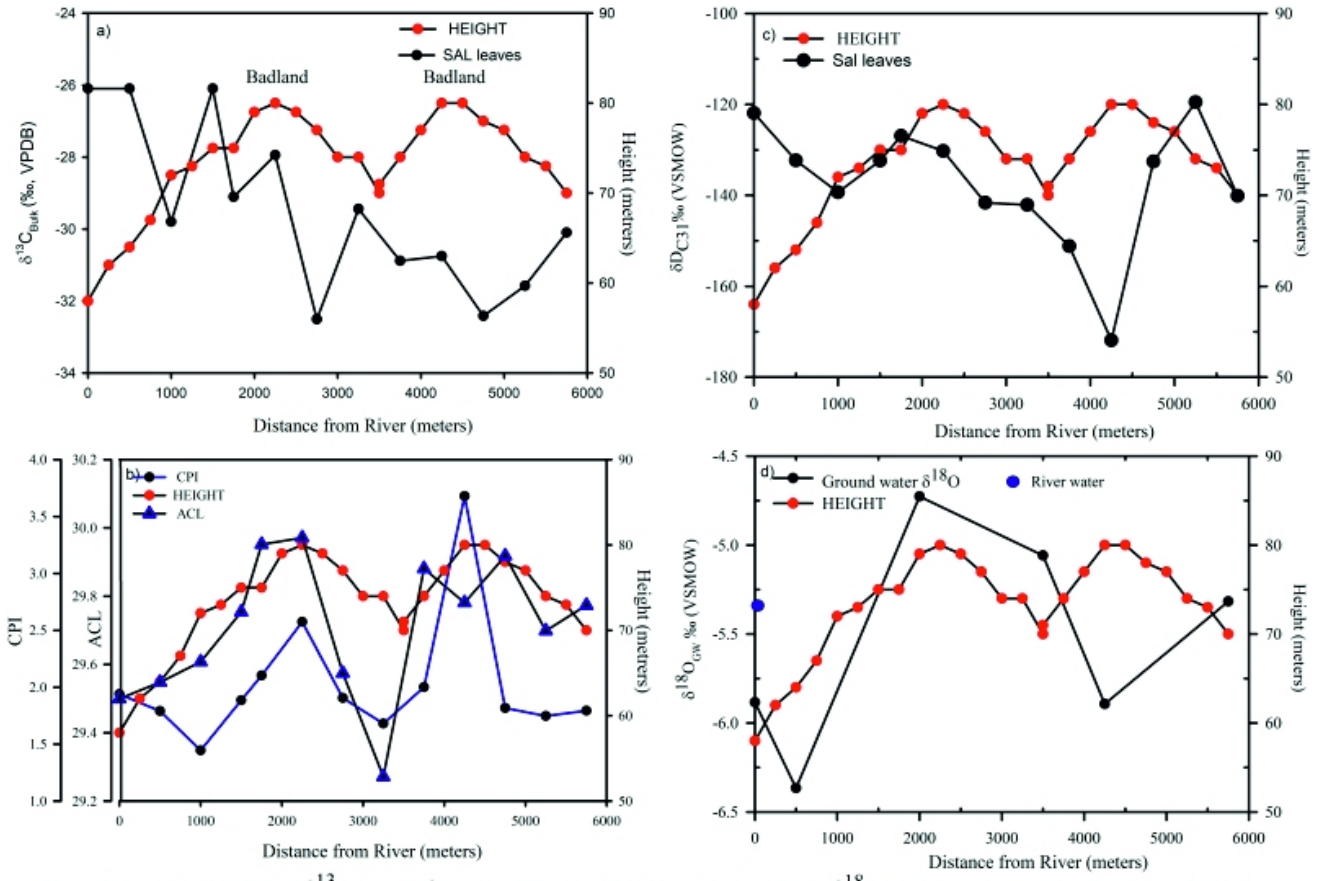


Fig. 1. Variation in the: SAL a) $\delta^{13}C_{Bulk}$, b) δD_{C31}, c)CPI and ACL value; and Groundwater $\delta^{18}O_{GW}$ value along the lateral transect of the river.

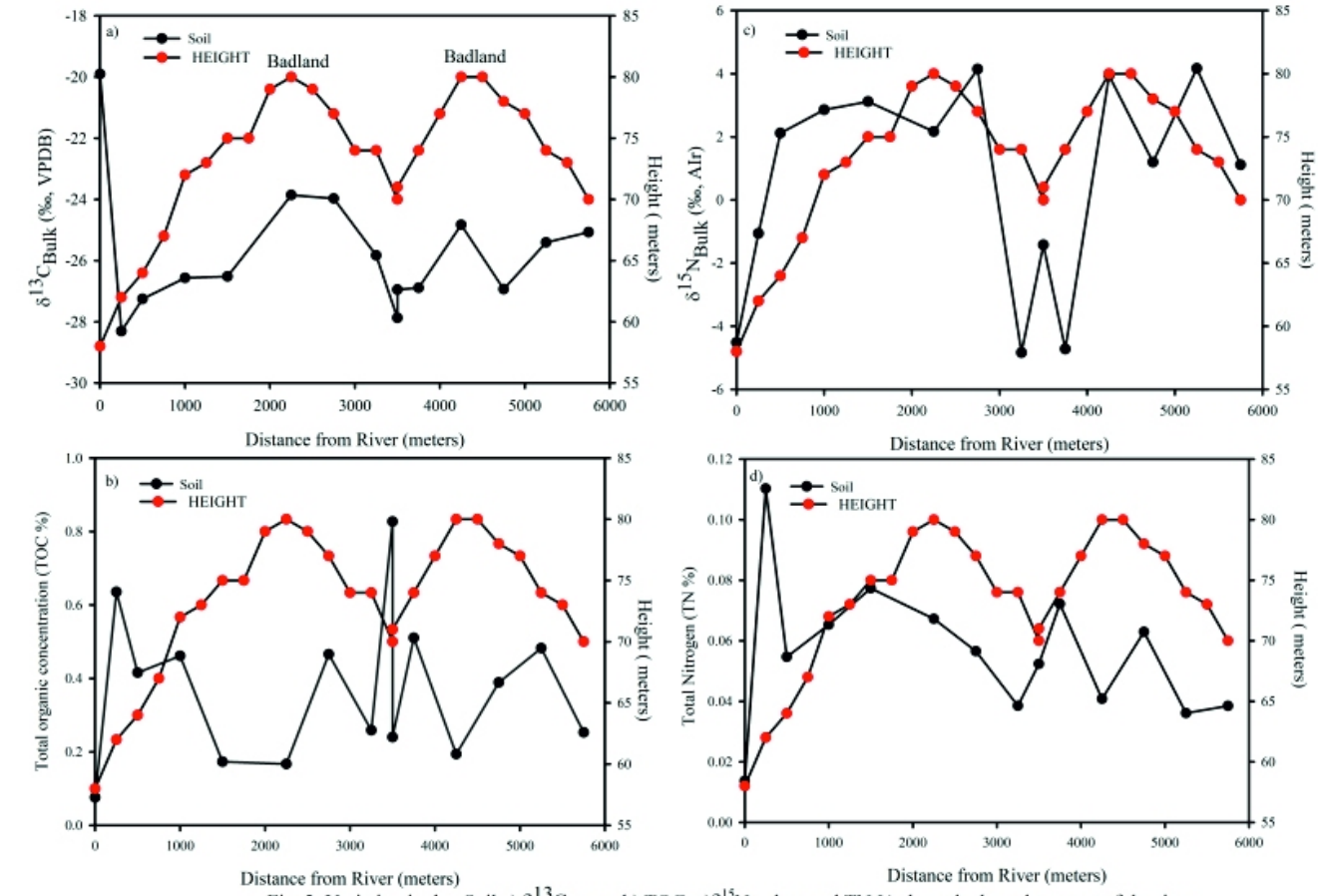


Fig. 2. Variation in the: Soil a) $\delta^{13}C_{Bulk}$, b) TOC, c)$\delta^{15}N$ value; and TN % along the lateral transect of the river.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sea surface salinity of the Kuroshio Current along the Nansei Islands in the mid-Holocene inferred from fossil corals

*岨 康輝[1]、本郷 宙軌[2]、田中 健太郎[3]、藤井 琢磨[4]、坂井 三郎[1]、山口 耕生[6,5]
*Kohki Sowa[1], Chuki Hongo[2], Kentaro Tanaka[3], Takuma Fujii[4], Saburo Sakai[1], Kosei E. Yamaguchi[6,5]

1. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2. 琉球大学、3. 東京大学、4. 鹿児島大学、5. 東邦大学、6. NASA Astrobiology Institute
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Ryukyu University, 3. The University of Tokyo , 4. Kagoshima University, 5. Toho University, 6. NASA Astrobiology Institute

Sea surface salinity (SSS), which is the parameters of water mass properties, is one of the crucial tracers for reconstructing water motion and climate system. After the mid-Holocene, a period roughly from 7000 to 5000 years ago, freshening of seawater in the Western Pacific has been reported, and the cause of the salinity variation is under discussion (e.g. Stott *et al.*, 2004). The distribution of annual-mean salinity in the Northwest Pacific is space-dependent on factors such as depth, longitude, and latitude. Therefore, to understand the cause of the freshening, more constraining salinity conditions in time and space are needed. However, most research was limited to tropical areas.

The Kuroshio Current comes from the North Equatorial Current and cultivates the coral ecosystems of the subtropical, temperate area along the Nansei Islands (N24°-31°). Therefore, the Nansei Islands provide a latitudinal constraint to the paleo SSS variation. The $\delta^{18}O_{seawater}$ estimated from $\delta^{18}O$ and Sr/Ca in coral skeletons enables reconstruction of the seasonal SSS for shallow areas. Previous studies reconstruct SSS at Kuroshio Current only for Kikai Island (28°N, 130°E), which is off the main Kuroshio Current. To discuss spatial distribution of SSS during the mid-Holocene, further SSS data at different latitudes along the main Kuroshio Current area of the Nansei Islands are useful.

This study shows SSS for Okinawa Island (26°N, 128°E) and Takara Island (29°N, 129°E) during the mid-Holocene using modern and fossil coral cores. The ^{14}C age is 5400±140 cal. yr BP (Okinawa Island) from fossil *Porites* coral and 6180±180 cal. yr BP (Takara Island) from *Acropora* coral, which was collected near the coring site of the fossil *Porites* coral. For Okinawa Island, the seasonal $\delta^{18}O$ of fossil *Porites* coral (~26-year, N=1) averages -4.36‰, which is ~0.54‰ higher than that of modern coral (~5-year, N=2). XRD analysis and SEM observation imply good preservation of coral skeletons. The average extension rate > 6 mm suggests minor kinetic isotopic effect related to skeletal growth. Previous studies suggested that sea surface temperatures of the Kuroshio Current have been consistent during the past 7500 years, inferred from research on sediment cores (e.g. Lo *et al.* 2013). These imply that SSS was slightly higher in the mid-Holocene than today, at Okinawa Island. In this presentation, we will discuss SSS along the Nansei Island in the mid-Holocene using additional $\delta^{18}O$ and Sr/Ca analyses at Okinawa and Takara Island.

References

Stott *et al.* (2004) Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch. *Nature* 431, 56-59.
Lo *et al.* (2013) Persistent sea surface temperature and declined sea surface salinity in the northwestern tropical Pacific over the past 7500 years. *Journal of Asian Earth Sciences* 66, 234-239.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：塩分、黒潮、完新世中期、化石サンゴ、南西諸島
Keywords: Salinity, Kuroshio Current, Mid-Holocene, Fossil coral, Nansei Islands

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

完新世初期における日本海への対馬暖流の周期的流入に関する海洋力学モデル

An ocean-dynamic model for the periodic inflow of Tsushima Current in the early Holocene

*磯辺 篤彦[1]
*Atsuhiko Isobe[1]

1. 九州大学応用力学研究所
1. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

1万前に太平洋に口を開いた対馬海峡から、対馬暖流は一進一退を繰り返す周期的な流入を始め、8千年ほど前から現在のような恒常的な日本海通過流となったと言われている(e.g., Oba et al., 1991;大場, 2006)。しかし、対馬暖流は亜熱帯循環から縁辺海に分岐した線形のバイパス流であり(Minato & Kimura, 1980)、亜熱帯循環が周期的に変化するか、あるいは対馬海峡が周期的に閉鎖と開口を繰り返さない限り、対馬暖流が周期的な流入を示すとは考えにくい。本研究では、定常の亜熱帯循環から、一進一退を繰り返す分岐流が形成される力学モデルを提案する。Kida & Qiu (2013)の島法則に移流項を追加した非線形モデルを用いた。日本海に流入する対馬暖流の流量は、流入と非流入の二つの解を持ち、海峡が浅い場合に、これらの解は周辺の環境変化によって容易に遷移することが示唆された。

キーワード：対馬暖流、周期的流入、非線形モデル
Keywords: Tsushima Current, periodic inflow, nonlinear model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

完新世におけるアリューシャン低気圧-偏西風ジェットの百年・千年規模変動

Centennial to millennial scale variability of the Aleutian Low and Westerly Jet during the Holocene

*長島 佳菜[1]、原田 尚美[1]
*Kana Nagashima[1], Naomi Harada[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. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research and Development Center for Global Change

The Aleutian Low (AL), the semi-permanent low-pressure system located over the Gulf of Alaska, is critically linked to environmental change in the North Pacific and surrounding continental areas. At timescales that exceed the recent instrumental record of the last 100 years, the AL intensity has been reported to vary on centennial to millennial scales from various proxy records (e.g., Anderson et al., 2005, 2016; Fisher et al., 2008; Jones et al., 2014). However, the ultimate trigger of these intensity changes has not been systematically studied.

Recent meteorological records showed that the Westerly Jet (WJ) over East Asia and the North Pacific links strongly to the AL intensity and position through changes in cyclogenesis, monsoon, and storm track activity (e.g. Lau, 1998; Nakamura et al., 2002; Nakamura and Shimpo, 2004). According to Lau (1988), southward displacement of the WJ axis and associated storm track path over the North Pacific results in a southeastward shift and intensification of the AL. At longer timescales, however, the interactions between the AL and the WJ are virtually unknown. This study examines millennial- and centennial-scale linkages between the AL and WJ during the Holocene to better understand the long-term nature of their interaction. We also introduce WJ records from the Southern Hemisphere, because the WJ path in both the Northern and Southern Hemispheres trace the expansion and shrinkage of the Hadley Cell circulation, which helps to understand changes in North Pacific atmospheric circulation.

The proxy records of the AL and WJ revealed millennial-scale coupling of the AL-WJ path with weakened AL and poleward WJ shifts in both hemispheres during 7–5.2 and 2.8–1.2 ka, and an intensified AL and equatorward shift of the WJ path during 5.2–2.8 ka and 1.2 ka onward (Nagashima et al., submitted to Quaternary Research). Centennial scale AL intensification and equatorward shifts of the WJ path in both hemispheres also appeared in the proxy records. Periods of centennial and millennial-scale AL maxima and equatorward shifts of the WJ correlate well with periods of solar activity minima, suggesting solar activity has played a primary role in the generation of the atmospheric circulation changes, possibly through dynamic Hadley cell changes (Nagashima et al., submitted to Quaternary Research).

キーワード：完新世、アリューシャン低気圧、偏西風ジェット、太陽活動
Keywords: Holocene, Aleutian Low, Westerly Jet, Solar activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monsoon-related errors in paleotemperature estimation based on leaf margin analysis in central Japan

*Wang Yuqing[1]、Momohara Arata[1]、Huang Yongjiang[2]
*Yuqing Wang[1], Arata Momohara[1], Yongjiang Huang[2]

1. Graduate School of Horticulture, Chiba University、2. Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, CAS
1. Graduate School of Horticulture, Chiba University, 2. Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, CAS

Paleotemperature reconstruction has important implications for a better understanding of present climate change. Among various paleotemperature estimation methods, Leaf Margin Analysis is a method that has been widely used by paleobotanist. In the modern flora, former researchers found that the percentage of the species with untoothed leaf margin in total woody dicot species of a flora (untoothed%) is strongly correlated to mean annual temperature (MAT). Based on this phenomenon, equations showing relationships between untoothed% and MAT have been used in paleotemperature estimation proposed as the Leaf Margin Analysis. However, untoothed%-MAT relationships are inconsistent among different regions according to previous studies. To date, eight different untoothed%-MAT equations have been proposed for different regions, although several samples from Japan are included, these sites were only obtained from limited areas close to the Pacific Ocean. However, considering various local climate conditions caused by the complex topography in Japan along with the different influence of summer and winter monsoon, the untoothed%-MAT relationship may vary among different areas in Japan, which cannot be reflected in the formerly published equations.

In this study, we aim to detect the untoothed%-MAT relationship in woody floras of central Japan. Two research areas with different climate conditions were chosen: The Pacific Ocean coastal areas and the Sea of Japan coastal areas. Based on the climate data, the Pacific Ocean coastal areas are characterized by less snow condition and higher summer precipitation affected by the activity of the East Asian Summer Monsoon. While the Sea of Japan coastal areas are characterized by heavy snow in winter, which is formed under the influence of Tsushima warm current in the Sea of Japan with East Asian Winter Monsoon, and grown season precipitation in this zone is much lower than the Pacific Ocean coastal areas.

We found that the untoothed%-MAT relationships of the two research areas are obviously different. In the Pacific Ocean coastal areas, a significant positive untoothed%-MAT relationship was detected. Compare to the other regions of the world, floras from central Japan include more species characterized by toothed-margin leaf at a given mean annual temperature. While in deep snow areas along the Sea of Japan, the untoothed%-MAT relationship becomes unclear with the effect of deep snow cover.

According to our results, paleotemperature estimated by the Leaf Margin Analysis of Japanese fossil floras may include inadequacy. The heavy snow condition along the Sea of Japan began since the middle Early Pleistocene, thus fossil floras of interglacial stages younger than that of these areas is not suitable to do the Leaf Margin Analysis. For Japanese fossil localities from areas without thick snow cover, because the untoothed%-MAT relationship of Japanese flora deviates from other regions of the world, applying these fossil floras into the formerly published untoothed%-MAT relationships will receive inaccurate paleotemperature data.

©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-IS ジョイント

2019年5月30日(木) 13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[M-IS26] 南北両極のサイエンスと大型研究

コンビーナ:野木 義史(国立極地研究所)、中村 卓司(国立極地研究所)、杉本 敦子(北海道大学 北極域研究センター)、杉山 慎(北海道大学低温科学研究所)、座長:末吉 哲雄(国立極地研究所)、野木 義史(国立極地研究所)

極域を焦点とする将来的な分野横断型の研究の枠組や計画の議論を通して、今後学術の大型研究として進めるべきサイエンスを検討する場を提供し、日本学術会議が３年ごとに発表している学術の大型研究マスタープランへの極域科学の対応を議論する場として企画した。
極域での変動は、地球システムの将来予測に不可欠である。南極とグリーランドは、海水準で約70mに相当する地球上の淡水のほとんどを保持している。さらに、極域では高密度の海水により深層水が形成され、熱塩循環を駆動しており、熱塩循環の変化は、地球環境に大きな影響を与えると考えられる。これらのことは、極域が地球環境や海水準変動を支配する鍵となっている事を示している。しかしながら、極域は地球システムの中でも未だ理解の進んでいない領域であり、系統的な様々な現場観測が必要とされている。このような背景を踏まえ、極域科学分野として学術の大型研究マスタープランへの提案等の大型研究計画を検討議論する。

13:45 ~ 14:00

[MIS26-01] Antarctic Circumpolar Interdisciplinary Survey - ACIS

★Invited Papers

*Robin Elizabeth Bell[1]、Kirsteen Tinto[1]、Xiaojun Yuan[1] (1.Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University)

14:00 ~ 14:15

[MIS26-02] 「大型研究計画に関するマスタープラン」における極域科学の提案について

*中村 卓司[1]、杉本 敦子[2]、杉山 慎[2]、野木 義史[1]、末吉 哲雄[1] (1.国立極地研究所、2.北海道大学)

14:15 ~ 14:30

[MIS26-03] グリーンランドおよび南極氷床の質量収支変動の理解に向けて

青木 輝夫[1,2,4]、庭野 匡思[4]、*末吉 哲雄[2,3] (1.岡山大学、2.情報・システム研究機構　国立極地研究所、3.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、4.気象研究所)

14:30 ~ 14:45

[MIS26-04] **Modelling Perspective for the Past and Future tipping points of ice-sheets and climate**

*阿部 彩子[1,2,3]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1]、Greve Ralf[4]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.JAMSTEC、3.国立極地研究所、4.北海道大学)

14:45 ~ 15:00

[MIS26-05] 氷床変動に起因する海水準上昇予測 －無人・遠隔技術を活用した極域研究拠点形成－

*田村 岳史[1]、奥野 淳一[1]、菅沼 悠介[1]、末吉 哲雄[1]、野木 義史[1]、中村 卓司[1] (1.国立極地研究所)

15:00 ~ 15:15

[MIS26-06] Future Research Plan in the Polar region

*野木 義史[1]、末吉 哲雄[1]、中村 卓司[1] (1.国立極地研究所)

Antarctic Circumpolar Interdisciplinary Survey - ACIS

*Robin Elizabeth Bell[1], Kirsteen Tinto[1], Xiaojun Yuan[1]

1. Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University

Constraining how fast sea levels will rise around the globe in the coming decade requires a vastly improved interdisciplinary understanding of how the heat from the warming circumpolar ocean waters will cause rapid change in the Antarctic ice sheets. Advancing our knowledge of the rates of change requires improved observations of the ice, the ocean and the solid earth and bringing together scientists from these disciplines to address the key questions: (i) How much ice passes over the Antarctic grounding line each year? (ii) How does ocean circulation influence ice flow over the grounding line, and how will it change? And (iii) How will changes in ice mass affect sea level around the world? Like many major problems facing humans, the constraining the future rate of change of the Antarctic ice sheets is a problem that must be addressed through shared resources and coordinated science –across nations and across disciplines.

Here we present the vision of the Antarctic Circumpolar Interdisciplinary Survey that will allow us to better project future sea level rise from Antarctica. To address the questions requires data from all around the Antarctic ice sheet on the thickness of the ice entering the global oceans across the grounding line, the bathymetry surrounding the ice sheets and the dynamics of the warming ocean. Key observations cannot be obtained from space and require collaborative work on the ice sheet and the circumpolar Antarctic ocean. Together the international community has the capacity to address this question. Ongoing international efforts and technological advances have developed a wide range of capabilities for direct and remote sensing of the ice, ocean and rock around Antarctica. Understanding how much ice is flowing across the grounding line can be measured with using small aircraft based at permanent bases or field camps around the continent, long range aircraft based off continent and from drones launched form ships. The water depth close to the ice sheet can be obtained with ground-based explorations, airborne observation submersibles or gliders. Salinity and temperature are measured from a broad span of instruments, with additional sensors measuring current velocity, tidal variation and biogeochemical markers also deployed. Most oceanographic work operates from ships, but coastal sites also provide platforms for ocean observations, and profiling floats can successfully be deployed from aircraft. Like the International Polar Years and other large collaborative project this effort can serve as a future focal point for Antarctic Science through SCAR and other international programs.

Keywords: Antarctica, sea level, interdisciplinary

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

「大型研究計画に関するマスタープラン」における極域科学の提案について
Proposal of Polar Science to Master Plan 2020

*中村 卓司[1]、杉本 敦子[2]、杉山 慎[2]、野木 義史[1]、末吉 哲雄[1]
*Takuji Nakamura[1], Atsuko Sugimoto[2], Shin Sugiyama[2], Yoshifumi Nogi[1], Tetsuo Sueyoshi[1]

1. 国立極地研究所、2. 北海道大学
1. National Institute of Polar Research, 2. Hokkaido University

日本学術会議の学術の大型研究マスタープランは、今後10年程度で取り組むべき大型研究計画を、分野を問わず集めたものである。過去2年の検討を経て、極域科学分野を代表して「氷床変動に起因する海水準変動予測」をマスタープラン2020への提案として、 2019年3月に提出した。

従来の「極域科学のフロンティア」計画では、過去の地球環境変動を高精度に記録する一方で、複数のティッピングポイントを内在し全球へのインパクトが大きい極域の気候・環境変化の仕組みをシステム科学として解明すべく、相互に深く関係する極域の重要プロセスやデータを網羅する総合的・学際的な研究提案を行ってきた。評価としては総花的とのご批判を受けることも多かった。また南極地域観測事業といった国家事業の部分について、学術会議のマスタープランに馴染むものなのか、極地研の固有のミッションなのではないかといったご批判を受けることもあった。大学共同利用機関が全国の研究者を取り纏めて要求をすることは、本来マスタープランの本質であるものの、やはりIGY(国際地球観測年)以来の大規模な国家事業としての歴史のイメージが強く残っていることは一考に値することであろう。そこで、2020年のマスタープランには、南極観測事業そのものと北極環境研究の最近補助金として実施しているプロジェクトとは少々棲み分けの様相をもつような切り口で提案をまとめることとした。もちろん、これらの事業やプロジェクトとの連携が重要であることはいうまでもない。すなわち、マスタープラン2020への提案としては、これまでの方針を見直し、社会へのインパクトが最も大きい海水準変動予測を出口として設定して研究課題を絞り込み、氷床変動を総合的に研究する提案として再構成した。

本講演では大型研究をとりまく状況を紹介するとともに、これまでの極域科学の大型研究計画の取り組みをレビューし、本提案の検討経緯を説明し、セッションでの議論や今後の取り組みに対する検討の口火を切ることを目的とする。南極・北極は、宇宙惑星科学、大気水圏科学、固体地球科学など多様な分野が結束してとりかかるべき重要な研究フィールドとなっており、ぜひとも国民やステークホルダーにその重要性を広く理解いただくことが肝要であり、JpGUの皆様の支援を得たいと考える。

キーワード：南極、北極、海水準変動
Keywords: Antactic, arctic, Sea level rise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランドおよび南極氷床の質量収支変動の理解に向けて
Towards the understanding of mass balance variation of Arctic and Antarctic ice sheets

青木 輝夫[1,2,4]、庭野 匡思[4]、*末吉 哲雄[2,3]
Teruo Aoki[1,2,4], Masashi Niwano[4], *Tetsuo Sueyoshi[2,3]

1. 岡山大学、2. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、3. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、4. 気象研究所
1. Okayama Univ., 2. National Institute of Polar Research, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Meteorological Research Institute

グリーンランドと東西南極の氷床は地球最大の淡水貯蔵庫であり、これら氷床の変動は単に海水準のみならず、深層水形成の変調を通して全球の気候に影響を与えうる。そのため両極の氷床は地球環境の変動研究・予測において大きな重要性を持っている。

北極では温暖化増幅により気候変動の影響が最も顕著に現れ、グリーンランドでは90年代後半から急激な融解が進行しており、2012年には観測史上初めて、表面全面で融解が生じるイベントが生じた。原因としては、北極温暖化増幅による気温上昇を背景に、内陸涵養域では雪温の上昇に伴う積雪粒径の増加、沿岸涵養域では裸氷域及び暗色裸氷域の増加によってアルベドが低下したこと、さらに末端部では海水温上昇による質量損失の増加が加わっていると考えられる(Box, 2013; Fettweis et al., 2013; 青木, 2015)。

南極では、標高の低い西南極の地上気温が全球平均よりも速いペースで温暖化し、氷流の加速による顕著な質量損失が観測されている一方、東南極域の地上気温には統計的に有意なシグナルは検出されておらず(Steig et al., 2009 など)、質量収支の傾向もはっきりしていない。さらに温暖化トレンドと重なって気温や降水量が大きく年々変化する原因は、質量収支の理解する上で大きな不確実性となっている。

このような両極の研究の現状を踏まえた上で、今後の研究を進める上で必要なこととして、以下が考えられる(青木, 2015):AWS観測網の展開と継続、現地観測によるプロセス研究、雪氷表面の放射過程・積雪変質過程などの物理過程のモデル化と、それらを組み込んだ次世代の極域領域システムモデルの構築。さらに数値実験の結果を衛星観測と組み合わせて検証していくという方向性が必要であろう。これらの研究は部分的には既に研究に着手されており、必要なインフラの一部と関連する研究者を、日本と日本の研究者コミュニティは既に有している。このアドバンテージを活かすことが重要であると考える。

キーワード：北極、南極、氷床、表面質量収支、領域気候システムモデル
Keywords: Arctic, Antarctic, Ice sheet, Surface mass balance, Regional climate system model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modelling Perspective for the Past and Future tipping points of ice-sheets and climate

*阿部 彩子[1,2,3]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1]、Greve Ralf[4]、シェリフ多田野 サム[1]
*Ayako Abe-Ouchi[1,2,3], Fuyuki SAITO[2], Takashi Obase[1], Ralf Greve[4], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. JAMSTEC、3. 国立極地研究所、4. 北海道大学
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. NIPR, 4. Hokkaido University

Ice sheet volume changes are the largest potential source of sea level change in the past and future. Since ice sheets are vulnerable under climate changes, it is important to carefully understand its dynamics and identify its irreversible behaveour, and critical threshold under climate change. Here I show modeling studies that simulate the past ice sheet change as well as climate change and discuss the implication for the studies needed to understand the tipping points both in past and future.

キーワード：気候、氷床、モデル
Keywords: climate, ice sheet, modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷床変動に起因する海水準上昇予測 ー無人・遠隔技術を活用した極域研究拠点形成ー

Prediction of sea level rise caused by ice sheet melt

*田村 岳史[1]、奥野 淳一[1]、菅沼 悠介[1]、末吉 哲雄[1]、野木 義史[1]、中村 卓司[1]
*Takeshi Tamura[1], Junichi Okuno[1], Yusuke Suganuma[1], Tetsuo Sueyoshi[1], Yoshifumi Nogi[1], Takuji Nakamura[1]

1. 国立極地研究所
1. NIPR National Institute of Polar Research

現在進行中の地球温暖化による海面上昇は、国土を消失させうる緊急の課題である。このため、精度の高い海水準変動の予測データは、人類の生存戦略にとって不可欠な情報と言える。将来の海水準上昇の大部分を占めかつ予測困難な要因は、両極に存在する巨大な氷床の融解である。現実的な海水準変動の予測を行うためには、過去の氷床変動を解明し、現在氷床融解を加速させている大気-氷床-海洋間の相互作用を解明した上で、未来の海水準変動をシミュレーションする必要がある。

本課題では、両極氷床の代表的な流出域および周辺海域と上流の氷床をターゲット観測域とし、最新の無人・遠隔技術を活用した極域研究拠点を形成する。拠点を活かした機動的な観測により、氷床の融解過程、流動の加速、末端部崩壊といった素過程を解明するとともに、衛星データも組み合わせて、氷床質量収支と海洋・海氷変動を明らかにする。これらの観測の知見を取り入れた両極氷床モデルと海洋モデルによるシミュレーションを、アイスコアや堆積物等の古気候データによる検証を経ることより、精度の高い海水準上昇予測を実現可能とする。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Future Research Plan in the Polar region

*野木 義史[1]、末吉 哲雄[1]、中村 卓司[1]
*Yoshifumi Nogi[1], Tetsuo Sueyoshi[1], Takuji Nakamura[1]

1. 国立極地研究所
1. National Institute of Polar Research

The changes in the polar regions most likely indicate the precursor and driving force of the global environmental changes, and these changes are essential for future projection of the Earth system. The Antarctic and Greenland ice sheet that holds most of the ice is the largest freshwater reservoir on the Earth, equivalent to about 70 m height of sea level. On the other hand, dense seawater produced in the polar regions formed bottom water that drives the thermohaline circulation. Changes in the thermohaline circulation are considered to be significant impacts on the global environment. Therefore, the polar regions are the key to global climate and sea level changes. However, the polar regions are still poorly unknown components in the Earth system due to the harsh weather conditions in these areas.
The interaction among the atmosphere, ice sheet, solid earth, and the ocean is vital to understand the system in the polar regions, and the various systematic field of scientific observations is required to elucidate the interaction. The scientific program and the framework of the integrated multidisciplinary study focused on the polar regions must be developed from the viewpoints of the global climate and sea level changes. Present scientific activities and plans in the polar region are summarized, and the future integrated multidisciplinary research plans in the polar region are discussed.

キーワード：北極、南極、氷床、海洋循環、地球環境
Keywords: Arctic, Antarctic, ice sheet, ocean circulation, global environment

©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30日(木) 13:45 ~ 15:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[M-AG39] 海洋地球インフォマティクス

コンビーナ:坪井 誠司(海洋研究開発機構)、高橋 桂子(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、金尾 政紀(国立極地研究所)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、座長:松岡 大祐、坪井 誠司

海洋地球科学の研究を進める上で、観測と計算機シミュレーションは不可欠な両輪である。近年、観測の手段が多様化すると共に観測装置の性能が飛躍的に向上し、これまでにない分解能で多様な観測が可能となりつつある。このような観測やシミュレーションから生み出されるデータは質、量共に、桁違いの規模となりつつあるとともに、このような巨大な規模のデータ解析は、近年の飛躍的な計算機の能力向上により、我々の手に届くところに近づいている。一方で、高速で大規模な計算機を自らの研究に用いることが出来る研究者は限られているのが現状といえる。本セッションでは、近年の海洋地球科学研究において、質、量ともに劇的な変革を遂げた観測とシミュレーションの巨大データの状況を俯瞰し、それらの解析環境および計算機環境について専門的立場から状況を分析する。さらに、今後の新たな解析手法についても焦点を当て、今後の海洋地球インフォマティクス研究が進むべき方向性について観測科学と計算科学の双方の専門的立場からの見通しを共有することを目的とする。

13:45 ~ 14:00

[MAG39-01] Future direction of Marine Earth Informatics

*高橋 桂子[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[MAG39-02] 深層学習によるカメラ画像からの気象情報の抽出

*杉山 大祐[1]、大西 領[1]、筆保 弘徳[2] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2.横浜国立大学)

14:15 ~ 14:30

[MAG39-03] Automatic detection of weather front around Japan using deep convolutional neural network

*松岡 大祐[1,2]、杉本 志織[1]、中川 友進[1]、荒木 文明[1]、川原 慎太郎[1]、尾上 洋介[4]、飯山 将晃[3]、小山田 耕二[3] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.日本大学、4.京都大学)

14:30 ~ 14:45

[MAG39-04] Detection of multiple earthquakes by using theoretical seismograms as training dataset of machine learning

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1] (1.海洋研究開発機構)

14:45 ~ 15:00

[MAG39-05] Classification with imbalanced cloud data using deep convolutional neural network

*松岡 大祐[1,2]、中野 満寿男[1]、杉山 大祐[1]、内田 誠一[3] (1.海洋研究開発機構、2.科学技術振興機構、3.九州大学)

15:00 ~ 15:15

[MAG39-06] discussion

*坪井 誠司[1] (1.海洋研究開発機構)

Future direction of Marine Earth Informatics

*高橋 桂子[1]
*Keiko Takahashi[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine and Earth Science and Technology

In advancing the research of marine Earth science, observation and computer simulation is an essential element. In recent years, the performance of the observation apparatus is dramatically improved, along with the means of observation is diversified. It is becoming possible to observe in a resolution, which was not imaginable so far. Such data to be generated from the observation is tremendously large in quantity and its quality is drastically improved. To handle these huge and high quality dataset for data analysis, we need to have a high speed and large memory computer system but such a system now becomes within reach in our hands by the recent dramatic improvement of high performance computer system. On the other hand, researchers who can use this kind of large-scale computer in their studies are still quite limited. In this session, we try to review the situation of observation data that has undergone a dramatic change regarded with both quality and quantity in recent years of marine Earth science research. We also try to review the situation from a professional standpoint of simulation about the status of the high performance computer system to analyze these “big data”. We focus on the state of the art data analysis technique and aim to share the outlook from the professional standpoint of computational science and professional position of observation science about the future direction of the marine Earth informatics research.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深層学習によるカメラ画像からの気象情報の抽出
Extraction method of weather informations from camera image using Deep Neural Network

*杉山 大祐[1]、大西 領[1]、筆保 弘徳[2]
*DAISUKE SUGIYAMA[1], RYO ONISHI[1], HIDENORI FUDEYASU[2]

1. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、2. 横浜国立大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Yokohama National University

数値予報のさらなる高精度化のため、インターネットを通じたリアルタイム取得が可能な各種IoT（Internet of Things）センサー機器網による高密度気象情報の活用が期待されている。一方で、安価なIoTセンサーは地上に設置されるため、IoTセンサー網を通常活用しただけでは上空の気象情報を収集できない。本研究では、人工知能技術を用いた画像認識を応用し、安価なコンシューマーカメラの画像から雲量および日射量の抽出を行うシステムの開発に取り組んだ。本研究の手法を用いることで高価な観測機器を使わなくとも、安価なカメラ付きデバイスをリモートセンシング機器として運用することが可能になる。抽出された気象情報は、数値予測シミュレーションの入力値となるだけでなく、例えば農業分野での活用も期待される。また、中国などを始めとして防犯カメラネットワーク社会が進んでいるが、本研究の手法はそのような社会での高密度気象観測の基盤技術となり得る。

本研究ではまず、画像から雲量を抽出する５層の畳込みニューラルネットワーク（CNN）モデルを構成した。このネットワークを訓練するデータとして、インターネットより自動収集した雲の写っている画像約2,000枚に著者らが雲量をラベル付したデータを用いた。本研究の雲量は、カメラ画像に写り込んでいる空領域のうち雲に覆われている割合を０から１０の１１段階で表す。一方、気象庁は全天に対する雲領域の割合を雲量と定義する。この定義の違いには注意が必要である。訓練データのうち80%に対して機械学習を行い、残り20%を推定させて交差検証を行った。既存のセグメンテーション法の平均自乗誤差12.7に比べて、本CNNは3.0という圧倒的に小さな誤差で雲量を推定できることを明らかにした。

現在、横浜国立大学で観測された日射量と固定カメラ画像の１分毎の長期高頻度観測データを学習に用い、固定カメラ画像から日射量を抽出するモデルの開発を行っている。モデルは、固定カメラに写り込む撮影方向前方数十km範囲での空模様画像から日射量を抽出する。6年間のデータでは１方向で画像は約300万枚に及び、この大規模な訓練データを深層学習を用いて学習する。ここで、直感的には輝度値の高い明るい画像は日射量が高いと思われがちである。しかし、実際にはコンシューマーカメラには明るさ、コントラストの自動調整機能があり、また、薄曇りの日は輝度値が高いなど、相関係数はあまり大きくない。一方で、撮影位置の緯度経度と時刻から、球面幾何学計算により、その時点での理論的最大日射量を計算する（Nakajima et al. 2000）ことができる。この点に着目し、画像＋理論最大日射量を入力とするマルチモーダル深層学習モデルを構築した。画像の空模様から理論最大日射量からの減衰値を推定させることで、さらに日射量抽出の精度を向上できることを明らかにした。

キーワード：深層学習、IoT、高密度気象観測
Keywords: Deep Learning, IoT, High-density Weather Observations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automatic detection of weather front around Japan using deep convolutional neural network

*松岡 大祐[1,2]、杉本 志織[1]、中川 友進[1]、荒木 文明[1]、川原 慎太郎[1]、尾上 洋介[4]、飯山 将晃[3]、小山田 耕二[3]
*Daisuke Matsuoka[1,2], Shiori Sugimoto[1], Yujin Nakagawa[1], Fumiaki Araki[1], Shintaro Kawahara[1], Yosuke Onoue[4], Masaaki Iiyama[3], Koji Koyamada[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 科学技術振興機構、3. 日本大学、4. 京都大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Science and Technology Agency, 3. Nihon University, 4. Kyoto University

In this study, we automatically detect stationary front from weather forecast simulation data (GPV/MSM) using U-Net deep convolutional neural network. Our U-Net trains ten years weather data (precipitation, sea level pressure, relative humidity, air temperature, and wind velocity) and the position of weather front as the ground truth. As a result of applying the trained U-Net to the untrained one year data, our approach succeeded in accurately detecting Baiu front and autumn rain front except when Typhoon occurred. Moreover, wind velocity (zonal and meridional component) and relative humidity at 1000 hPa play an important role to obtain high detection performance. Our approach is also able to apply to weather simulation data which the weather front is not associated with.

キーワード：ディープラーニング、畳み込みニューラルネットワーク、気象前線抽出
Keywords: Deep learning, Convolutional neural network, Weather front detection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detection of multiple earthquakes by using theoretical seismograms as training dataset of machine learning

*坪井 誠司[1]、杉山 大祐[1]
*Seiji Tsuboi[1], DAISUKE SUGIYAMA[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC, Center for Earth Information Science and Technology

Earthquake Early Warning (EEW) is now routinely used for hazard mitigation purpose in various countries. One of the causes which results false alarm of EEW is earthquakes which happen concurrently in different location. On January 5th, 2018, two earthquakes with magnitude around 5, which separate about 400 km, happened concurrently in Japan and false EEW was issued by JMA. Here we combine numerically computed theoretical seismograms and deep machine learning to properly identify multiple earthquakes to avoid false alarm. We calculate theoretical seismograms for realistic three-dimensional Earth model and use these seismograms to create snapshots of seismic wave propagation images at the surface of the Earth. Then we use these snapshots as training dataset of convolutional neural network. We build neural networks to identify multiple earthquakes and found that this networks may identify multiple earthquakes with 99% accuracy. Advantage of using this approach to identify multiple earthquakes is that we may include any earthquakes in our training dataset and accuracy of hypocenter parameters can be increased by accumulating theoretical seismograms for various earthquake location and size as learning dataset of deep machine learning. We also apply this technique for determination of hypocentral parameters, such as epicenter, depth, origin time and magnitude. We have applied these networks to actual seismograms to show that this procedure works successfully to locate earthquake and determine magnitude.

キーワード：震源決定、機械学習、理論地震記録
Keywords: earthquake location, machine learning, synthetic seismograms

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Classification with imbalanced cloud data using deep convolutional neural network

*松岡 大祐[1,2]、中野 満寿男[1]、杉山 大祐[1]、内田 誠一[3]
*Daisuke Matsuoka[1,2], Masuo Nakano[1], Daisuke Sugiyama[1], Seiichi Uchida[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 科学技術振興機構、3. 九州大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Science and Technology Agency, 3. Kyushu University

Image classification using deep convolutional neural network is effective technique to detect extreme phenomenafrom climate data. However, the number of extreme phenomena such as tropical cyclone (TC) is overwhelmingly small compared with others. It is knon that classification performance decline du to this imbalance between positive (TCs) and negative examples (non-TCs). In the present study, we developed a new negative data selection method for binary classification for cloud images. We analyze the relationship between the ease of classification and the characteristics of data, and optimize the training data in order to decrease the false alarm ratio (FAR). As the results, we succeeded in decrease FAR from 32.8–53.4% to 60.0–70.0% in the western North Pacific in the period from July to November.

キーワード：ディープラーニング、クラス分類、熱帯低気圧
Keywords: Deep learning, Classification, Tropical cyclone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

discussion

*坪井 誠司[1]
*Seiji Tsuboi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC, Center for Earth Information Science and Technology

Discuss current and future direction of Marine Earth Informatics.

©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30日(木) 15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[M-AG39] 海洋地球インフォマティクス

コンビーナ:坪井 誠司(海洋研究開発機構)、高橋 桂子(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、金尾 政紀(国立極地研究所)、松岡 大祐(海洋研究開発機構)、座長:坪井 誠司、松岡 大祐

海洋地球科学の研究を進める上で、観測と計算機シミュレーションは不可欠な両輪である。近年、観測の手段が多様化すると共に観測装置の性能が飛躍的に向上し、これまでにない分解能で多様な観測が可能となりつつある。このような観測やシミュレーションから生み出されるデータは質、量共に、桁違いの規模となりつつあるとともに、このような巨大な規模のデータ解析は、近年の飛躍的な計算機の能力向上により、我々の手に届くところに近づいている。一方で、高速で大規模な計算機を自らの研究に用いることが出来る研究者は限られているのが現状といえる。本セッションでは、近年の海洋地球科学研究において、質、量ともに劇的な変革を遂げた観測とシミュレーションの巨大データの状況を俯瞰し、それらの解析環境および計算機環境について専門的立場から状況を分析する。さらに、今後の新たな解析手法についても焦点を当て、今後の海洋地球インフォマティクス研究が進むべき方向性について観測科学と計算科学の双方の専門的立場からの見通しを共有することを目的とする。

15:30 ~ 15:50

[MAG39-07] Farmed fish management: integration of observation and simulation

★Invited Papers

*西川 悠[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

15:50 ~ 16:05

[MAG39-08] **Q-factor estimation for Greenland ice sheet using 3-D seismic waveform modeling**

*豊国 源知[1]、竹中 博士[2]、小松 正直[2]、高木 涼太[1]、金尾 政紀[3]、坪井 誠司[4] (1.東北大・理・予知セ、2.岡山大、3.極地研、4.JAMSTEC)

16:05 ~ 16:20

[MAG39-09] CLCL: CAVELib Compatible Library for Head-mounted Displays

*川原 慎太郎[1] (1.海洋研究開発機構)

16:20 ~ 16:35

[MAG39-10] Super-Resolution Simulation for Real-Time Prediction of Urban Micrometeorology

*大西 領[1]、杉山 大祐[1]、松田 景吾[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

16:35 ~ 16:50

[MAG39-11] 人間活動による排熱を上手に放出し街の暑熱環境を改善する手法

*杉山 徹[1]、仝 瀟然[2]、吉田 聡[2]、佐土原 聡[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球情報基盤センター、2.横浜国立大学　大学院都市イノベーション研究院)

16:50 ~ 17:00

Discussion

Farmed fish management: integration of observation and simulation

*西川 悠[1]
*Haruka Nishikawa[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

Since the natural fish resource is constantly decreasing, the importance of fish farming further increases. However, the technique is still depending on the skill of artisans. The feed quantity is determined by looking. Is it truly the best feed quantity? I plan to develop a fish growth simulation model based on observation and to estimate the best feed quantity by using its simulation. This technique will reduce labor cost and enhance the new entry. I will discuss the future fish farming system that is developed by an integration of observation and simulation.

キーワード：養殖魚
Keywords: Fish farming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Q-factor estimation for Greenland ice sheet using 3-D seismic waveform modeling

*豊国 源知[1]、竹中 博士[2]、小松 正直[2]、高木 涼太[1]、金尾 政紀[3]、坪井 誠司[4]
*Genti Toyokuni[1], Hiroshi Takenaka[2], Masanao Komatsu[2], Ryota Takagi[1], Masaki Kanao[3], Seiji Tsuboi[4]

1. 東北大・理・予知セ、2. 岡山大、3. 極地研、4. JAMSTEC
1. RCPEVE, Tohoku Univ., 2. Okayama Univ., 3. NIPR, 4. JAMSTEC

In and around Greenland, 33 seismographs are now in operation by the project “GLISN” (Greenland Ice Sheet Monitoring Network) as an international cooperation with 11 countries. Since the initiation of this project in 2009, broadband and continuous seismic waveform data have been accumulating, and data analyses using seismic interferometry have actively been conducted. For example, Toyokuni et al. (2018) detected a Rayleigh-wave phase-velocity changes over 4.5 years beneath 90 station pairs throughout Greenland, and suggested that the thermal condition (freezing or melting) of the ice-sheet base might be detected using the pattern of the velocity changes. However, the seismic interferometry is a method based on the assumption that the cross-correlation of noise waveforms from two stations yields Green’s function between them, when averaged over a long period. However, it is suggested that this assumption sometimes fails due to inhomogeneous distribution of noise sources, etc.

This study first aims to investigate whether this assumption holds for the cross-correlation waveforms from GLISN stations using 3-D seismic waveform modeling. Furthermore, we estimate the seismic Q factors of the ice sheet which explains observations the best, by performing computations several times with different structural parameters.

The scheme we used for the 3-D modeling is “Quasi-Cartesian FDM” proposed by Takenaka et al. (2017). It numerically solves 3-D elastodynamic equation by the finite-difference method (FDM), taking into account the earth's curvature, topography, sea water layer, and 3-D structures of density, seismic wavespeeds, and attenuation. We used realistic ice sheet / basal rock topography data (ETOPO 1) and 3-D crustal / mantle structures (Crist 1.0). We used FX10 Supercomputer System in Univ. Tokyo (216 nodes, 432 processor, 8 threads).

The results are as follows:
(1) The cross-correlation waveforms obtained by the seismic interferometry show good agreement with synthetic Green’s functions for almost all the pairs, showing validity of the seismic interferometry on this region.
(2) Computations with various Q factors of the ice sheet revealed that (Qp, Qs) = (20, 20) explains the cross-correlation waveforms the best. This is the first example that the high attenuation characteristic of the ice sheet is confirmed for long propagation distance (>100 km).

References:
Takenaka, H. et al. (2017) EPS, 69, 67.
Toyokuni, G. et al. (2018) PEPI, 277, 81-98.

キーワード：Q値、グリーンランド氷床、3次元地震波伝播計算、差分法

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Q factor, Greenland ice sheet, 3-D seismic waveform modeling, finite-difference method (FDM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CLCL: CAVELib Compatible Library for Head-mounted Displays

*川原 慎太郎[1]
*Shintaro Kawahara[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Head-mounted displays (HMDs) are becoming a practical platform for three-dimensional scientific visualization. To reuse existing software assets that have been developed for CAVE-type VR systems (CAVEs), I developed a C++ library called "***CLCL*** (CAVELib Compatible Library)" for porting the application software for CAVEs to HMDs. CLCL emulates the function calls of CAVELib, which is a commercial library for developing application software executable on CAVEs, and it enables us to easily port CAVELib application software to HMDs with minor modifications to the original source code. Executable files built using CLCL are able to launch on major HMDs which are Oculus Rift, HTC VIVE and Windows Mixed Reality devices. Sharing the source code also leads to an improvement in the VR software development efficiency, which is executable on both CAVEs and HMDs.

キーワード：科学的可視化、バーチャルリアリティ、ソフトウェア開発
Keywords: Scientific visualization, Virtual reality, Software development

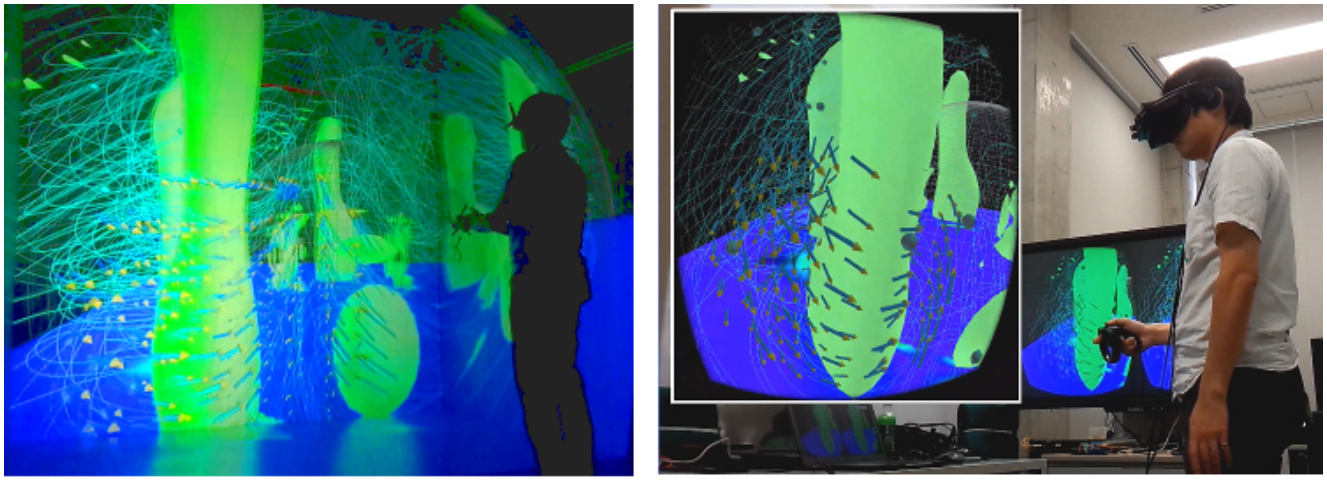


Fig.1 A CAVELib program executed on VR devices.
(Left: CAVE, Right: HMD)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

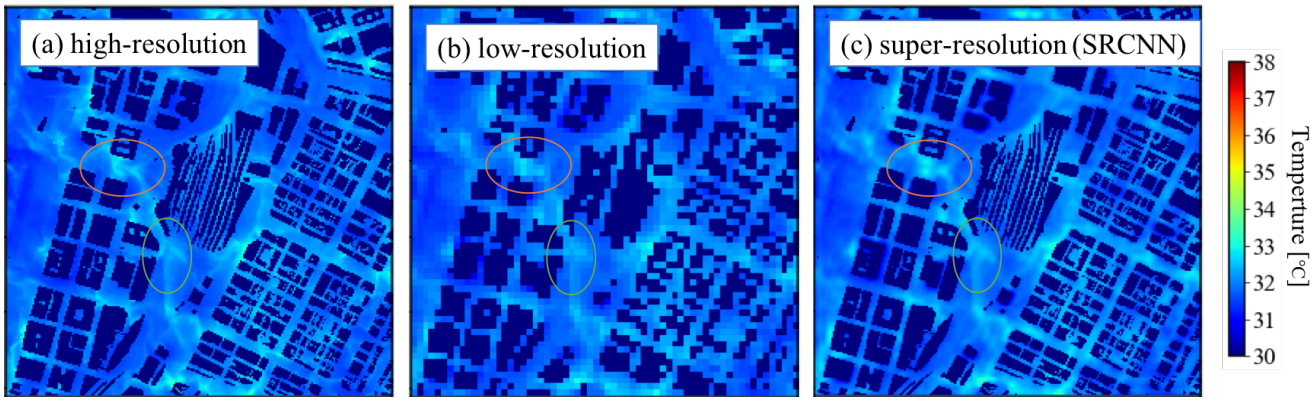
Super-Resolution Simulation for Real-Time Prediction of Urban Micrometeorology

*大西 領[1]、杉山 大祐[1]、松田 景吾[1]
*Ryo Onishi[1], DAISUKE SUGIYAMA[1], Keigo Matsuda[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

We propose a super-resolution (SR) simulation system that consists of a physics-based meteorological simulation and an SR method based on a deep convolutional neural network (CNN). The CNN is trained using pairs of high-resolution (HR) and low-resolution (LR) images created from meteorological simulation results for different resolutions so that it can map LR simulation images to HR ones. The proposed SR simulation system, which performs LR simulations, can provide HR prediction results in much shorter operating cycles than those required for corresponding HR simulation prediction system. We apply the SR simulation system to urban micrometeorology, which is strongly affected by buildings and human activity. Urban micrometeorology simulations that need to resolve urban buildings are computationally costly and thus cannot be used for operational real-time predictions even when run on supercomputers. We performed HR micrometeorology simulations on a supercomputer to obtain datasets for training the CNN in the SR method. It is shown that the proposed SR method can be used with a spatial scaling factor of 4 and that it outperforms conventional interpolation methods by a large margin. It is also shown that the proposed SR simulation system has the potential to be used for operational urban micrometeorology predictions.

キーワード：超解像、深層学習、建物解像都市計算、マルチスケールデータ同化、IoT
Keywords: super-resolution, deep learning, building-resolving urban micrometeorology, multi-scale data assimilation, IoT



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

人間活動による排熱を上手に放出し街の暑熱環境を改善する手法
Proposal of adaptation measures for the anthropogenic heat release to improve the summer heat environment in a district

*杉山 徹[1]、仝 瀟然[2]、吉田 聡[2]、佐土原 聡[2]
*Toru Sugiyama[1], Xiaoran Tong[2], Satoshi Yoshida[2], Satoru Sadohara[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球情報基盤センター、2. 横浜国立大学　大学院都市イノベーション研究院
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology Center for Earth Information Science and Technology, 2. Yokohama National Univercity Institute of Urban Innovation

本研究では、ヒートアイランド現象改善など夏季の街中の暑熱環境の改善を産官学民で取り組むプロジェクトので得られた知見を報告する。本報告で対象とする街区は、横浜市みなとみらい２１地区（以下、ＭＭ２１地区）である。都市街区において、暑熱環境に影響を与える要因としては、その都市が沿岸部か内陸部に位置するかによる外部気象・気候条件、その都市内のグリーンインフラ面積などの土地被覆条件、さらには、建ぺい率などの建物配置条件、などが挙げられる。これからに加えて、人間活動によるエネルギー消費から生じる人工排熱が大気へ放出されることも、挙げられる。本研究では、後者の、人工排熱の放出に起因する街中、特に、歩行者空間における暑熱環境を数値シミュレーション手法を用いて解析した結果を報告する。来る気候変化時代において、快適な街区空間を造り出すために、人工排熱の放出手法として、以下の４つの場合を考案し、それぞれの特徴を報告する。

（１）現況：

ＭＭ２１地区では、現在、地域冷暖房システム（以下ＤＨＣ）が稼働している。これは、各ビルで消費されるエネルギー人工排熱を、２ヵ所のプラントに集め、集中的に排熱するシステムである。つまり、各建物からは人工排熱の放出がない。本ケースをコントロールケースとして扱う。

（２）個別排熱方式：

上記ＤＨＣシステムを取り入れず、各建屋から床面積に応じた排熱を行った場合。総排熱量は、コントロールケースと同じとする。

（３）エネルギー地産地消：

エネルギー地産地消を目指し、ＭＭ２１地区内に、地区で消費される電力の６０％を発電するコジェネレーション発電設備（ＣＧＳ）を設置した場合。ＤＨＣシステムからの排熱に加え、ＣＧＳからの排熱が加算されるため、街区内からの総排熱量が増加する。

（４）海水排熱併用：

ＤＨＣシステムからの排熱のうち冷却塔排熱分を大気ではなく海水と熱交換した場合。これにより、大気への潜熱放出が大幅に減る。

結果、大規模な排熱施設を設けた場合の（１）、（３）のケースにおいて、良い暑熱環境を生み、（２）のケースが、逆に温度上昇を生じさせることが分かった。特に、（１）より（３）において改善が見られ、エネルギー地産地消による排熱量の増加が、暑熱環境の劣悪化につながらないことが分かった。講演では、その詳細なメカニズムを報告する。

キーワード：暑熱熱環境、計算機シミュレーション、人工排熱、エネルギー地産地消、地球シミュレータ、ＭＳＳＧモデル
Keywords: Thermal environment, Numerical simulations, Anthropogenic heat, Energy local production for local consumption, Earth Simulator, MSSG model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月30日(木) 10:45 ~ 12:15 | 202 2F

[M-TT49] インフラサウンド及び関連波動が繋ぐ多圏融合地球物理学の新描像

コンビーナ:山本 真行(高知工科大学　システム工学群)、市原 美恵(東京大学地震研究所)、新井 伸夫(名古屋大学減災連携研究センター)、座長:山本 真行(高知工科大学)、齊藤 大晶(高知工科大学)

インフラサウンドおよび音波、大気重力波等の関連波動は、大気中を長距離ならびに上下伝搬できる波として近年着目されている。これら大気波動は、大気‐地表面・海水面カップリング過程を経て、地殻・海洋における弾性波的波動と繋がる一方、超高層大気までの各圏を繋ぎ熱圏大気中での波動現象を励起する役割も果たしている。さらに地球全域では、極域、中緯度、赤道域等の違いや、雪氷域、砂漠域、熱帯雨林、山岳域、海洋域等の状況に応じ地球表層で励起される波動は、それぞれ異なる特徴を有すだけでなく、これら波動は、火山噴火、津波、雷活動等の大規模地球物理現象や、人工的な爆発等により、イベント的にも励起され、遠方まで伝搬されうる。本セッションでは、インフラサウンド及びその関連波動を鍵に、下層・中層大気、気象、火山・地震・津波、雪氷、超高層大気・電離圏まで、多くの圏に分かれ議論されてきた物理学を繋ぎ、多圏融合的な地球物理学として議論することで、多圏に分かれ詳細に研究されてきた惑星地球の描像に新たな視点を持ち込み、地球物理学の新展開を拓くきかけを作りたい。既存セッションに収まらなかった広範な分野からの投稿を期待したい。

10:45 ~ 11:00

[MTT49-01] 海洋-大気系におけるインフラサウンド波の２段階増幅機構

★招待講演

*品川 裕之[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構)

11:00 ~ 11:15

[MTT49-02] Propagation of infrasound generated by an explosive eruption of Mt. Shinmoedake on 10 March 2018

*齊藤 大晶[1]、山本 哲生[2]、山本 真行[1] (1.高知工科大学 システム工学群、2.北海道大学)

11:15 ~ 11:30

[MTT49-03] Infrasound observations of atmospheric disturbances due to a sequence of 2018 explosive volcano eruptions in Japan.

*Mario Batubara[1]、Masa-yuki Yamamoto[1]、Saito Hiroaki[1] (1.Kochi University of Technology)

11:30 ~ 11:45

[MTT49-04] 建物内に設置された微気圧計と地震計で同時観測された地震波形についてPart2

*岩國 真紀子[1]、新井 伸夫[2]、乙津 孝之[1]、本橋 昌志[1]、坂本 豊実[1]、藤井 孝成[1]、江村 亮平[1]、野上 麻美[1]、村山 貴彦[1]、大井 拓磨[3] (1.一般財団法人　日本気象協会、2.名古屋大学減災連携研究センター、3.東邦マーカンタイル株式会社)

11:45 ~ 12:00

[MTT49-05] HFドップラーにより観測された台風・竜巻に伴う電離圏変動

★招待講演

*中田 裕之[1]、益子 竜一[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、細川 敬祐[2]、冨澤 一郎[3]、長尾 大道[4] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.電気通信大学大学院情報理工学研究科、3.電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター、4.東京大学地震研究所)

12:00 ~ 12:15

[MTT49-06] Two-year infrasound monitoring by using a prefectural-level sensor network in Kochi

*山本 真行[1] (1.高知工科大学　システム工学群)

海洋-大気系におけるインフラサウンド波の２段階増幅機構
A two-step amplification mechanism of infrasound waves in the ocean-atmosphere system

*品川 裕之[1]
*Hiroyuki Shinagawa[1]

1. 国立研究開発法人情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

地震動に伴って大気中に音波（インフラサウンド波）が励起されて上方に伝搬する過程で、その振幅が増大することは良く知られている。その増幅率は周期にもよるが、熱圏で凡そ10^4～10^5倍程度と見積もられている [Shinagawa et al., 2013; Maruyama and Shinagawa, 2014]。一方、海洋では周期10秒程度以下の地震動に対しては海水の圧縮性が効いてきて、海底の震動によって急激な圧力変動が生じると音波として伝搬するため、震動周期によっては鉛直方向の共鳴現象が生じ、大きな海面変動が発生する可能性がある。これまでの理論的研究では、水深数1000メートルの海洋では、音波共鳴による海面振動の大きさは最大で海底での振幅の100倍程度と見積もられている [Williams and Guo, 1991; 泉宮他, 1996]。このことは、海洋での共鳴で増幅された海面振動が大気中の音波となって大気圏を伝搬して行く過程で、熱圏領域では10^6～10^7倍程度にも増幅されることを示唆している。すなわち、海底でマイクロメートル程度の振幅の微震動でも超高層大気に入るとメートルオーダー以上の鉛直振動となり、電離圏構造に何らかの変動を及ぼし得る可能性がある。本発表では、海洋の共鳴震動の音波が熱圏・電離圏にどのような影響を及ぼすかを考察し、その結果を報告する。

参考文献

(1) Shinagawa, H., T. Tsugawa, M. Matsumura, T. Iyemori, A. Saito, T. Maruyama, H. Jin, M. Nishioka, and Y. Otsuka, A simulation study of ionospheric variations in the vicinity of the epicenter of the Tohoku-oki earthquake on 11 March 2011, Geophys. Res. Lett., 40, 5009–5013, doi:10.1002/2013GL057627, 2013.

(2) Maruyama, T., and H. Shinagawa, Infrasonic sounds excited by seismic waves of the 2011 Tohoku-oki earthquake as visualized in ionograms, J. Geophys. Res. Space Physics, 119, doi:10.1002/2013JA019707, 2014.

(3) 泉宮尊司, 阿部宏之, 海水の圧縮性と鉛直共鳴による海面変動の増幅メカニズム, 海岸工学論文集, 43, 421-425, 1996.

(4) Williams, J. E., and Guo, Y. P., Standing waves on a compressible ocean, in "Mathematical Approach in Hydrodynamics" edited by Touvia Miloh, 128-138, 1991.

キーワード：音波、海洋-大気系、増幅、共鳴、電離圏変動
Keywords: acoustic waves, ocean-atmosphere system, amplification, resonance, ionospheric variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Propagation of infrasound generated by an explosive eruption of Mt. Shinmoedake on 10 March 2018

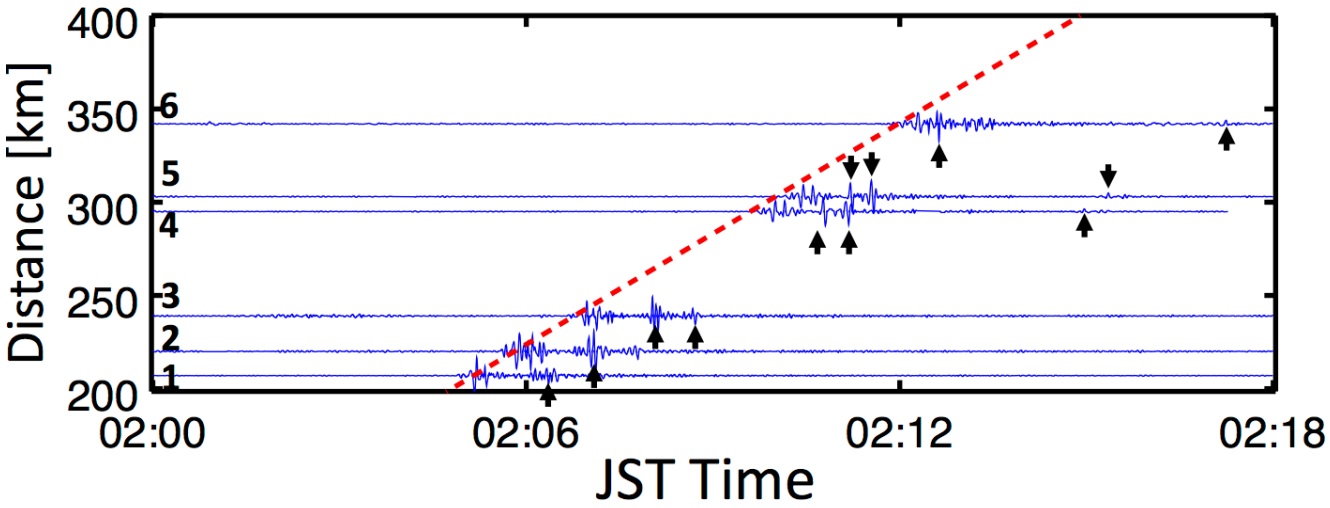
*齊藤 大晶[1]、山本 哲生[2]、山本 真行[1]
*Hiroaki Saito[1], Tetsuo Yamamoto[2], Masa-yuki Yamamoto[1]

1. 高知工科大学 システム工学群、2. 北海道大学
1. School of Systems Engineering, Kochi University of Technology, 2. Hokkaido University

Mt. Shinmoedake is a part of the Mt. Kirishima cluster of volcanoes in Kyushu Island, Japan. It is located at 31.54 N, 130.53 E and its elevation is 1412 m. Explosive eruptions were observed more than 40 times in March 2018. In these events, air vibrations stronger than 100 Pa were observed several times at an air vibration sensor installed by Japan Meteorological Agency at the site within ~3 km from Mt. Shinmoedake. We focus on the explosive eruption at 1:54 (JST) on 10 March 2018. This event is the most significant air vibration (~272 Pa) observed on 10 March 2018. The infrasound sensors in Shikoku Island deployed by Kochi University of Technology detected the infrasound signals from Mt. Shinmoedake. We detected major signals three times at each of the sites 1 to 3, and four times at each of the sites 4 to 6.

We developed a new formulation for three-dimensional wave propagation in a stratified atmosphere and apply it to the analysis of the detected signals. The present formulation is based on the dispersion relation of the wave, which corresponds to Hamiltonian in particle mechanics, and Hamilton equations describing time variations of group velocity of the wave and wavevector. We adopt the dispersion relation $\omega = c_s k + \boldsymbol{u} \cdot \boldsymbol{k}$, where ω is angular frequency of the wave, c_s is sound speed, $\boldsymbol{k}$ is the wavevector, and $\boldsymbol{u}$ is wind velocity. Using the vertical temperature profiles provided by NRL-MSISE00(Picone et al., 2002) and the zonal and meridional wind profiles by HWM14 (Drob et al., 2015), we made ray tracing of the waves emitted at the explosive eruption observed on 10 March 2018. We show results of the ray tracing calculations and compare them with the signals detected by our infrasound sensors deployed in Shikoku Island(see the figure). Discussion is given on the origin and nature of the observed signals.

キーワード：インフラサウンド、レイトレーシング、火山噴火
Keywords: infrasound, ray tracing, volcanic eruption



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Infrasound observations of atmospheric disturbances due to a sequence of 2018 explosive volcano eruptions in Japan.

*Mario Batubara[1], Masa-yuki Yamamoto[1], Saito Hiroaki[1]

1. Kochi University of Technology

In this opportunity, we describe our quantitaive approach for investigating the potential atmospheric effects caused by a sequence of Japanese volcano eruptions in 2018. We used data from a number of infrasound sensors located on Shikoku Island, Japan, to detect the long wave traveling air disturbances likely to have been caused by the explosive eruptions of the volcano. We then identified certain characteristic signatures of the disturbances in individual infrasound pressure records. Based on their arrival times, we have found that the overall propagation speed of the disturbances is in the range of standard sound propagation in the atmospheric boundary layer.

Keywords: Infrasound, propagation speed, irregular array processing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

建物内に設置された微気圧計と地震計で同時観測された地震波形について Part2

Comparison of seismic waveforms observed by co-located seismometer and barometer installed indoors 2nd report

*岩國 真紀子[1]、新井 伸夫[2]、乙津 孝之[1]、本橋 昌志[1]、坂本 豊実[1]、藤井 孝成[1]、江村 亮平[1]、野上 麻美[1]、村山 貴彦[1]、大井 拓磨[3]
*Makiko Iwakuni[1], Nobuo Arai[2], Takayuki Otsu[1], Masashi Motohashi[1], Toyomi Sakamoto[1], Takanari Fujii[1], Ryohei Emura[1], Mami Nogami[1], Takahiko Murayama[1], Takuma Oi[3]

1. 一般財団法人　日本気象協会、2. 名古屋大学減災連携研究センター、3. 東邦マーカンタイル株式会社
1. Japan Weather Association, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Toho Mercantile co., Ltd.

Surface vertical vibration due to earthquake is considered to excite sound, and it has been observed by barometer or microphone. Recorded pressure change response to seismic ground motion is considered to be due to difference of gravitational pressure observed by barograph moving up and down, air vibration (compressional wave) excited by earthquake ground motion around barograph, and internal mechanical response to acceleration by earthquake.

We started observation with co-located seismometer and barometer in Isumi, Chiba-prefecture (I30JP in The IMS Infrasound Network of CTBTO). This time one of barometer's port is close. A magnitude 4.5 earthquake occurred off south of Chiba-prefecture at a depth 44km. The seismic intensity scale in Isumi was 2. The port open barometer recorded pressure change due to the earthquake. Whereas, the port close barometer did not record pressure change due to the earthquake. It seems that the gravitational pressure change and barometer's internal mechanical response is very little at the seismic intensity 2 earthquake.

キーワード：微気圧計、地震計、地震による微気圧計の機械応答
Keywords: Barometer, Seismometer, Barometer's Internal Mechanical Response by Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

HFドップラーにより観測された台風・竜巻に伴う電離圏変動
Ionospheric disturbances associated with typhoons and a tornado observed by HF doppler sounding

*中田 裕之[1]、益子 竜一[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、細川 敬祐[2]、冨澤 一郎[3]、長尾 大道[4]
*Hiroyuki Nakata[1], Ryuichi Mashiko[1], Hiroyo Ohya[1], Toshiaki Takano[1], Keisuke Hosokawa[2], Ichiro Tomizawa[3], Hiromichi Nagao[4]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、3. 電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター、4. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. Graduate School of Communication Engineering and Informatics, the University of Electro-Communications, 3. Center for Space Science and Radio Engineering, the University of Electro-Communications, 4. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

It is reported that ionospheric disturbances are excited in association with natural hazards, such as earthquakes, volcanic eruptions, because the atmospheric waves generated by these natural hazards propagate upward to the ionosphere. Although the extreme weather events, such as typhoons and tornados, also excite the strong atmospheric waves, the ionospheric disturbances associated with these extreme events are not fully examined. In this study, therefore, we have examined ionospheric disturbances associated with typhoons and a tornado using HF doppler sounding system (HFD) and wind data observed by AMeDAS data provided by Japan Meteorological Agency.
We have examined the ionospheric disturbance associated with a tornado occurred on May 5, 2012 which is the largest event in Japan. The fluctuations of Doppler shifts were observed and the spectral intensities at the frequencies of 5-20 mHz were enhanced. However, the ionospheric fluctuations continued after the disappearance of the tornado. The enhancement of the doppler shift had a good correlation with a wind speed below the ground of the reflection point.
The ionospheric disturbances associated with typhoons were also correlated with the wind speed on the ground. Examining typhoons that come closer to Japan in 2013-2017, it is found that spectral intensities of the disturbances of HFD data at the frequencies from 5 mHz to 45 mHz were enhanced. The frequencies of the atmospheric disturbances observed on the ground were also the same as those of HFD disturbances. The spectral intensities of HFD and atmospheric disturbances are proportional to each other and the correlation coefficient between them is larger for higher-frequency disturbance.
From these results, the ground weather condition, especially wind data, is very important to examine the mechanism of the ionospheric disturbances associated with these extreme weather events.

キーワード：電離圏変動、台風、竜巻、インフラサウンド、中性風
Keywords: ionospheric disturbance, typhoon, tornade, infrasound wave, neutral wind

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Two-year infrasound monitoring by using a prefectural-level sensor network in Kochi

*山本 真行[1]
*Masa-yuki Yamamoto[1]

1. 高知工科大学　システム工学群
1. Department of systems engineering, Kochi University of Technology

Infrasound, known as pressure waves in atmosphere with its frequency lower than the human audible limit of 20 Hz, can be used as one of the useful remote-sensing methods for atmospheric phenomena especially for large geophysical events such as tsunami, volcanic eruptions, typhoons, etc. In order to construct a dense sensor network in a model region for testing such capabilities and confirming noise level at each site on ground, an infrasound observation network has been installed in Kochi prefecture since 2016, taking account mainly for tsunami disasters. As for the pilot arrangement, we installed 5 sensors in Kuroshio Town in west part of Kochi pref. with a separation of about 2 and 8 km, making two-sized triangle arrays there. Then in 2017, 10 more sensors were added on wider area in whole of prefecture, constructing 25 km scale arrayed deployment in 2 cape areas of Muroto and Ashizuri.
During two years since the sensor network establishment, we have been tested the capability of remote-sensing by using as much as the observed datasets with comparing with the other observations of weather, seismic, optical measurements operated by the other research institutes/agencies.
Tsunami is one of the most dangerous geophysical phenomena for human life and the Japanese originated word of TSUNAMI shows Japan is one of the most dangerous regions for tsunami disasters in the world. Kochi prefecture is located in Shikoku island along its southern coast, namely, in Kochi pref., we have many dangerous sites of tsunami invasion once a huge earthquake happens in Nankai Trough in the pacific ocean. However, in normal situation, no such signals can be detected when we can live there safely from tsunami. We do not need such disaster anymore, but without having phenomena, we cannot check the disaster-mitigation performance in reality.
Thus, we have to investigate the capability of infrasound sensing by using the other geophysical/artificial phenomena such as typhoons, volcanic eruptions, thunders, fireballs (large meteors), and rocket launches. As it is one of the densest infrasound observation networks in prefecture-level area in a nation, we need another analyzing method than that applied for usual arrayed infrasound sensors. Therefore, we tried to develop some methods for getting information from the infrasound datasets, to be useful for future alert system for disaster mitigation.
Recently, multiple typhoon passages, multiple eruption signals from a few volcanoes in Kyushu area, and a bright fireball seen over shikoku island on Jan. 3, 2019 were successfully detected by multiple sensors. In this talk, we will introduce the sensor network in Kochi as a model case and the obtained datasets in consideration of geophysical phenomena.

キーワード：インフラサウンド、センサーネットワーク、遠隔観測
Keywords: Infrasound, Sensor network, Remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.